

// PRESENTACIÓN

VINFORME ANUAL RECYCLIA

Tendencias en la industria
del reciclaje de RAEE
y pilas en España

NOVIEMBRE de 2024 ¹¹
2024



V INFORME ANUAL **RECYCLIA**

***Tendencias en la industria del
reciclaje de RAEE y pilas en España***

Estudio realizado por



para



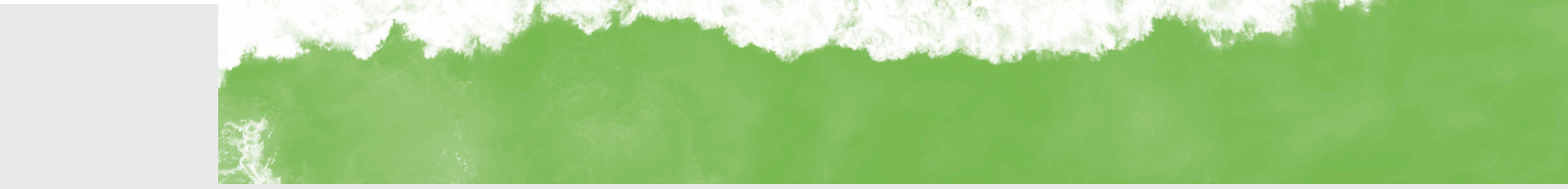
El papel fundamental de los Sistemas Colectivos



Luis Pérez Bermejo
Presidente de RECYCLIA

Me dirijo a ustedes brevemente para presentarles nuestro quinto informe sobre tendencias en la industria del reciclaje de residuos electrónicos (RAEE) y de pilas en España. Y permitanme, antes de nada, agradecer y felicitar a todo el equipo de profesionales que lo hacen posible y que han conseguido convertirlo en una referencia dentro de nuestro sector. Hace ya cinco años que decidimos tomar esta iniciativa y, fieles a nuestro compromiso, aquí estamos un año más.

Como en ediciones anteriores, no quiero entrar en muchos detalles sobre el contenido que tienen entre sus manos y les invito a ahondar en él para extraer sus propias conclusiones. En cualquier caso, este nuevo informe constata el papel cada vez más estratégico de los sistemas colectivos para gestionar, de manera correcta y eficiente, unos residuos que no paran de crecer y que, según diversos expertos, lo harán de manera mucho más rápida durante los próximos años, debido a nuevas tecnologías como la Inteligencia Artificial.



Nuestro quinto informe, que aglutina los últimos datos oficiales en esta materia en nuestro país, apunta esta tendencia de crecimiento, ya que en 2021 recogimos más de 413.300 toneladas de RAEE, cantidad que supone un 5% más que el año anterior, situando la tasa de recogida en el 47,8%. Se da el caso de que entre 2019 y 2021, la recogida de RAEE en España creció más del 11% por encima de la media europea. Igual tendencia se apunta si hablamos de pilas y baterías. Concretamente, este tipo de residuos creció en nuestro país un 8%, situándose en 297.700 toneladas, en 2021 y con respecto al año anterior.

Sin duda, la tendencia que muestran estas cifras fortalece, como decía anteriormente, el papel fundamental que los sistemas colectivos de gestión de residuos tienen y tendrán. De hecho, en nuestro país, prácticamente la totalidad de los productores e importadores de aparatos eléctricos y pilas pertenecen ya a uno de estos sistemas. De hecho, en el caso de los aparatos, un 98,9% y un 96,7%, en el de las pilas.

No quiero hacer un spoiler de este, déjenme calificarlo, fantástico informe, así que me detendré en estas cifras. Pero permitanme recomendarles que lean con atención cómo estamos contribuyendo a la reintroducción de recursos naturales al ciclo productivo y, en especial, de materias consideradas estratégicas por su escasez. Sin duda, y teniendo en cuenta el panorama internacional, esta vertiente resulta vital en un mundo cada vez más competitivo.

Muchas gracias, un año más, por ser receptor de este trabajo y deseo que le sea de utilidad. Es nuestra finalidad.

Un modelo plenamente consolidado




José Pérez García
*Consejero Delegado
de RECYCLIA*

ba a escribir: un año más tengo el placer de dirigirme a ustedes para presentarles nuestro estudio anual sobre la industria del reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y de pilas en España. Pero me he dado cuenta de que no se trata de un simple año más, sino del primer lustro de este informe que, además de ser pionero, sigue siendo el único que existe sobre este sector.

Por ello, déjenme expresarles que ese placer es aún mayor y dejen que felicite a todo el equipo de Recyclia por haber conseguido que el compromiso que nos impusimos hace cinco años de que esta radiografía anual del sector tuviera continuidad, se haya convertido en una realidad.

Como en ediciones anteriores, el informe refleja los grandes ejes que guían a nuestra industria, así como las grandes cifras que la definen. Les animo a que hagan una lectura de este excelente trabajo, bien sea para conocernos, o bien para descubrir nuevas claves de él, si es usted un actor de este sector.

No quiero extenderme en los detalles, pero sí me gustaría destacar tres datos que ilustran nuestra dinámica y añadir una reflexión. Respecto a los datos, comprobarán en este informe que la actividad de las empresas dedicadas al reciclaje



de RAEE y pilas contribuyó a la economía española con un Valor Añadido Bruto de 1.360 millones de euros en 2023 y que ese mismo año fuimos capaces de mantener en torno a 23.500 puestos de trabajo a tiempo completo.

Igualmente, y este es el tercer dato, este sector contribuye de manera directa con más de 230 millones de euros anuales a las arcas públicas, incluyendo cotizaciones sociales y la recaudación ligada al IVA, al IRPF y al Impuesto de Sociedades.

Por otro lado, creo especialmente relevante, teniendo en cuenta los tiempos en los que nos movemos y los negacionistas que cabalgan sobre ellos, hacer una breve reflexión sobre la evolución de nuestra actividad y de qué manera va impactando en la mejora de la sostenibilidad de nuestro planeta, y más aún si nos basamos en los datos, la mejor manera de acorralar a cualquier conspiración.

Concretamente, me refiero al papel que jugamos como suministradores de materias primas fundamentales y prioritarias en la agenda verde europea que, apunta, entre otros objetivos, a que, en 2030, un 25% del consumo anual de materias primas estratégicas en la UE se cubra con el reciclado.

Y poco a poco, y vuelvo a recordar nuestro lustro, en nuestro país se estima que en 2030 el 7,4% y el 9,5% de las toneladas de aluminio y níquel, necesarias para la fabricación de nuevos aparatos eléctricos y electrónicos, provengan ya del reciclaje, respectivamente.

Por su parte, para ese mismo año, el 60,2% y el 84,5% del cobalto y del litio, respectivamente, que van a necesitar los fabricantes de baterías de vehículos eléctricos para la producción de nuevas unidades, van a proceder también de nuestra industria.

Sinceramente, creo que se trata, no sólo de buenas noticias, sino de excelentes, y no sé a ustedes, pero a mí estas cifras me animan e incluso me producen cierta sonrisa de satisfacción al comprobar que lo que hacemos, no sólo es lo que se debe hacer, sino que además tiene una utilidad vital.

Índice

Resumen ejecutivo	11
Introducción	15
Cifras clave del reciclaje de RAEE y pilas en España	16
Peso económico del sector del reciclaje de RAEE y pilas en España	27
Dependencia de las materias primas fundamentales, presentes en AEE y en baterías de vehículo eléctrico	31
Previsiones de recogida y reciclado de materias primas críticas procedentes de aparatos eléctricos y electrónicos, en España	38
Expectativas sobre el reciclado de materias primas críticas procedentes de baterías de vehículo eléctrico usadas, en España	41
Retos y oportunidades para el sector del reciclaje	45
Referencias bibliográficas	52
Agradecimientos	54
Anexo – Nota metodológica	56

Índice de tablas, figuras y gráficos

TABLAS

Tabla 1- Unidades de AEE puestos en el mercado en España, 2023	17
Tabla 2- Toneladas de AEE puestos en el mercado en España, 2023	19
Tabla 3- Pilas y acumuladores portátiles puestos en el mercado en España, 2023	23
Tabla 4- Pilas, acumuladores y baterías de automoción puestos en el mercado en España, 2023	23
Tabla 5 - Pilas, acumuladores y baterías industriales puestos en el mercado en España, 2023	24
Tabla 6- Perfil de dependencia exterior de España, para una selección de materias primas fundamentales (2022)	36
Tabla 7- Tasas de reciclaje actuales y previsiones para 2030 de las materias primas fundamentales contenidas en RAEE, en España (%)	39
Tabla 8- Cantidad de materias primas críticas obtenidas de RAEE r ecogidas y recicladas en 2023 y previsiones para 2030, en España (toneladas)	40
Tabla 9- Tasas de reciclaje actuales y previsiones para 2030 en España (%)	42
Tabla 10- Cantidad de materias primas críticas recogidas y recicladas de baterías de VE actuales y previsiones para 2030, en España (toneladas)	43

FIGURAS

Figura 1 Contribución económica total de la actividad de las principales empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas en España, 2023	30
Figura 2- Ejemplo ilustrativo sobre la equivalencia de las materias primas críticas recicladas de residuos de baterías de VE	44
Figura 3- Componentes destacados, para la adopción de medidas, dentro de la cadena de valor de la industria del reciclaje de RAEE y baterías de VE en España	46

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolución de la cantidad de AEE puestos en el mercado en España (2019-2023) y objetivos de recogida de RAEE (2016 - 2023) (kilotoneladas)	20
Gráfico 2 - Comparativa europea de recogida de RAEE en 2021, porcentaje sobre AEE puestos en el mercado durante los 3 años anteriores (promedio 2018-2020)	21
Gráfico 3 - Evolución de kt de PYA puestas en el mercado en España, 2017 - 2023	25
Gráfico 4 - Evolución de las toneladas de residuos de PyA recogidas en España, 2010- 2021	26
Gráfico 5 - Peso económico, en términos de VAB, de la actividad de las empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas, por tipo de efecto, 2023	28
Gráfico 6 - Contribución al empleo, de la actividad de las empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas, por tipo de efecto, 2023	28
Gráfico 7 - Contribución directa a las arcas públicas de la actividad de reciclaje de RAEE y pilas, 2023 (millones de euros)	29
Gráfico 8 - Ratio de dependencia de España respecto al abastecimiento de distintas materias primas fundamentales (2022)	34

Resumen ejecutivo

Cifras clave del reciclaje de RAEE y pilas en España

Cifras relativas a AEE

Las unidades de AEE introducidas en el mercado aumentaron en un 66,6% en 2023, impulsadas por la aplicación del RD 993/2022 que ha introducido nuevos controles para el registro de operadores y flujos procedentes de terceros países.

Las unidades de AEE del segmento de uso doméstico (el 59,2% de las comercializadas) se incrementaron un 27% interanual en 2023. Destaca el crecimiento del número de "pequeños aparatos" contabilizados (+26,3%), que refleja el impacto de la aplicación del nuevo Real Decreto.

Los AEE de uso profesional introducidos en el mercado español aumentaron un 205% en el último año. Este crecimiento, al igual que en el segmento doméstico, fue liderado por los "pequeños aparatos" (+301%). También destaca el crecimiento de los paneles fotovoltaicos (+34%).

Las toneladas de AEE puestas en el mercado se incrementaron por encima del 18% en 2023, hasta alcanzar las 1.538 kilotoneladas. Como en años previos, el aumento viene impulsado por el segmento profesional (+34,4%), dentro del que destacan los aparatos de informática y telecomunicaciones y los paneles fotovoltaicos grandes.

En España se recogieron 413,3 kilotoneladas de RAEE en 2021, lo que supone un 5% más que el año anterior y sitúa la tasa de recogida en el 47,8%.

Entre 2019 y 2021, la recogida de RAEE en España, creció más del 11%, por encima de la media europea.



Cifras clave del reciclaje de RAEE y pilas en España



Cifras clave del reciclaje de RAEE y pilas en España

Cifras relativas a pilas, baterías y acumuladores

Las pilas, baterías y acumuladores portátiles puestos en el mercado en 2023, en España, se mantuvieron en los mismos volúmenes que el año anterior. Mientras que los acumuladores portátiles registran tasas de crecimiento muy positivas, las pilas estándar disminuyen su presencia en el mercado.

Las de automoción crecieron por encima del 11%, tanto en volumen como en peso, en línea con las matriculaciones de vehículos registradas en España en 2023.

Las industriales consolidan su recuperación postpandemia, con un aumento interanual del 19% en volumen y el 18% en toneladas.

La recogida y reciclaje de residuos de pilas y acumuladores en España se situó en máximos en 2021, habiendo crecido las toneladas recogidas cerca de un 8% interanual.



Peso económico

Peso económico

La actividad de las empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas se estima que contribuyó a la generación de 1.360 millones de euros de VAB en la economía española en 2023.

El sector del reciclaje de AEE y pilas usadas contribuye también a la creación de empleo. Se estima que, en 2023, permitió mantener alrededor de 23.500 puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo.

La contribución directa a las arcas públicas de las principales empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas supera los 230 millones de euros anuales, incluyendo cotizaciones sociales y la recaudación ligada al IVA, al IRPF y al Impuesto de Sociedades.



Dependencia de las materias primas fundamentales presentes en AEE y baterías de VE

Dependencia de las materias primas fundamentales presentes en AEE y baterías de VE

El reciclado representa uno de los eslabones de la cadena de suministro de materias primas fundamentales y permite diversificar las fuentes de aprovisionamiento de estas materias primas tan necesarias para implementar las transiciones verde y digital. La Ley europea de materias primas fundamentales contempla que, para 2030, al menos un 25% del consumo anual de materias primas estratégicas en la UE se cubra con el reciclado.

España es totalmente dependiente del exterior en el suministro de materias primas fundamentales como el aluminio o el níquel. Además, nuestro país presenta una elevada concentración de las importaciones de estas materias primas (pocos países proveedores).



Previsiones de recogida de materias primas fundamentales procedentes de RAEE y baterías de VE usadas

Previsiones de recogida de materias primas fundamentales procedentes de RAEE y baterías de VE usadas

Aparatos eléctricos y electrónicos

Los aparatos eléctricos y electrónicos contienen una amplia variedad de materias primas, entre las que figuran el cobre, aluminio, níquel, oro, plata, platino, manganeso, litio y cobalto. Todas ellas son materias primas fundamentales que conviene recuperar una vez que los aparatos llegan al final de su vida útil.

La cadena de valor de la industria del reciclaje de RAEE en España se espera que ponga en el mercado cantidades crecientes de materias primas secundarias. Las toneladas esperadas de aluminio o níquel, resultantes del reciclado de RAEE, se estima que equivaldrán, en 2030, al 7,4% y 9,5% de las cantidades que se necesitarán ese año de estas materias primas para la fabricación de nuevos aparatos.

Baterías de vehículo eléctrico

El litio, el cobalto, el níquel, el manganeso y el aluminio son materias primas fundamentales presentes en las baterías de vehículo eléctrico y, por tanto, esenciales para el despliegue de la movilidad sostenible en España.

Las tasas de reciclaje de distintas materias primas críticas contenidas en las baterías de vehículo eléctrico son heterogéneas: desde el 77,5% en el caso del cobre o el cobalto, hasta el 24% en el caso del litio.



Previsiones de recogida de materias primas fundamentales procedentes de RAEE y baterías de VE usadas

Las cantidades estimadas para 2030 de cobalto y litio procedentes del reciclado de baterías de vehículo eléctrico en España, se espera que equivalgan al 60,2% y 84,5%, respectivamente, de las necesidades estimadas para ese año de estas materias primas en los procesos de fabricación de dicho tipo de baterías.

La cadena de valor del reciclaje de baterías de vehículo eléctrico genera externalidades positivas en otras industrias como la cerámica, del vidrio y la farmacéutica, pudiendo ser fuente de suministro de materias primas secundarias como el litio que demandan dichas industrias.

Retos y oportunidades para el sector del reciclaje

El rol del reciclaje para satisfacer la demanda futura de materias primas utilizadas en tecnologías que apoyen la transición verde es clave.

Uno de los retos asociados a la viabilidad y eficiencia de los procesos de reciclaje se refiere al volumen (masa crítica) y composición de los residuos. Para abordarlo, resulta esencial aprovechar las nuevas tecnologías de IA y robótica, así como seguir trabajando en materia de ecodiseño y sistemas de información. El pasaporte digital de baterías facilitará la trazabilidad y recuperación de los materiales

El desarrollo de programas de formación y la atracción de talento especializado, así como el fortalecimiento del ecosistema de I+D y garantizar una infraestructura que permita llevar a cabo proyectos piloto y apoyar la investigación aplicada para dotarse de suficientes capacidades de reciclado (tratamiento de la black mass) son necesarios.

La limitada madurez tecnológica de los procesos y el elevado riesgo de las inversiones, apelan a impulsar distintos esquemas de financiación y de colaboración público-privada, que faciliten el desarrollo del eslabón de reciclado dentro de la cadena de suministro de materias primas críticas. La Ley Europea de Materias Primas Fundamentales prevé además la simplificación y agilización de los trámites para la concesión de autorizaciones de proyectos de reciclado que se consideren estratégicos.

Con la finalidad de aprovechar las economías de escala y mejorar la rentabilidad del reciclado, cabría evaluar el desarrollo de un mercado único de materias primas secundarias, que refuerce la autonomía estratégica de la UE y ponga en valor un importante activo: las materias primas críticas recicladas.



Retos y oportunidades para el sector del reciclaje

Introducción

El "V Informe anual Recyclia sobre tendencias en la industria del reciclaje de RAEE y pilas en España" da continuidad a ediciones previas de este informe, abordando la evolución del sector en el último año, la importancia de la recuperación y reciclado de las materias primas fundamentales, y las oportunidades que emanan de la necesidad de reforzar la autonomía estratégica en Europa y en España, velando por el acceso seguro y sostenible a dichas materias primas.

En el primer capítulo, se analiza la evolución reciente de las principales cifras de la industria del reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y pilas en España, prestando especial atención a la recogida y reciclaje de RAEE en el contexto europeo.

Seguidamente, se estima la contribución del sector del reciclaje de RAEE y pilas a la economía española, en términos de generación de valor añadido bruto, creación de puestos de trabajo y aportación directa a las arcas públicas.

En un tercer capítulo se aborda la dependencia exterior, por parte de la Unión Europea y de España, en relación con el suministro de materias primas fundamenta-

les contenidas en los RAEE y en las baterías de vehículos eléctricos usadas.

A continuación, se recogen las expectativas, a 2030, sobre las tasas de recogida y reciclaje de distintas materias primas críticas contenidas en un creciente volumen de RAEE y baterías usadas.

Finalmente, se abordan los retos y las oportunidades que brinda la necesidad de revisar el actual modelo de dependencia exterior en cuanto al acceso a materias primas esenciales para el avance de las transiciones verde y digital, poniendo el foco en un eslabón de la cadena de suministro de materias primas críticas: el reciclado.

Cifras clave del reciclaje de RAEE y pilas en España

Las unidades de AEE introducidos en el mercado registraron un incremento del 66,6% en 2023, impulsados por la aplicación del RD 993/2022 que ha introducido nuevos controles para el registro de operadores y flujos procedentes de terceros países.

Cifras relativas a RAEE

El número de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) puestos en el mercado en España alcanzó los 1.092 millones de unidades en 2023, lo que representa un aumento interanual del 66,6% (véase Tabla 1). Más allá de las dinámicas de mercado, parte del mencionado incremento viene

explicado por el impacto del Real Decreto 993/2022, que ha impulsado el registro de operadores que ponen en el mercado aparatos importados de otros países (de fuera de la Unión Europea) y que previamente no figuraban en el sistema.

Dicha normativa está vigente desde el 16 de enero de 2023 y ha introducido medidas de inspección y control (a realizar por el Servicio de Inspección SOIVRE) sobre la importación de AEE, así como pilas y acumuladores (PyA), procedentes de terceros países. Como consecuencia, se espera acabar con la problemática de los free riders (operadores no registrados) en materia de residuos de AEE y PyA e incrementar las tasas de reciclaje¹.

¹ Observatorio de Vigilancia de Mercado (2024). Informe Anual 2023. UNE

El impacto de los controles se observa en el número de productores de AEE inscritos en el Registro Nacional del Ministerio de Industria y Turismo, que experimentó un aumento significativo, del 84,5%, en 2023. Son 5.077 los nuevos productores registrados en el último año. En general, la inmensa mayoría de los operadores registrados (98,9%) están vinculados a un sistema colectivo de responsabilidad ampliada del productor (SCRAP).

En el caso de los AEE introducidos en el mercado y destinados a uso doméstico, que representan un 59,2% del total de unidades puestas en el mercado en 2023 (en línea con la cuota de años anteriores), se observa un incremento interanual del 27,0%, hasta alcanzar los 647,5 millones de unidades. Destaca el aumento, del 26,2%, de las unidades comercializadas de la categoría de "pequeños aparatos", impulsado por las cantidades importadas desde fuera de la Unión Europea y que estarían afectadas por la aplicación del mencionado Real Decreto.

Tabla 1- Unidades de AEE puestas en el mercado en España, 2023

Categoría	Total (Mill. ud.)	Doméstico (Mill. ud.)	Profesional (Mill. ud.)
(1) Aparatos de intercambio de temperatura	6,6	5,9	0,7
(2) Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas	11,3	10,7	0,6
(3) Lámparas	68,5	68,5	0,0
(4) Grandes aparatos	57,7	24,5	33,2
(5) Pequeños aparatos	724,0	345,0	379,1
(6) Aparatos de informática y telecomunicación pequeños	203,5	192,9	10,6
(7) Paneles fotovoltaicos grandes	20,4	0,0	20,4
Total	1.092,0	647,5	444,6

Nota: Las unidades de AEE puestas en el mercado no incluyen las exportaciones

Fuente: Afi, a partir del Ministerio de Industria y Turismo (RII-AEE).

Es destacable, igualmente, el aumento de las unidades puestas en el mercado de la categoría de "lámparas", que alcanzó el 16,4% (68,5 millones de unidades en 2023). En concreto, se observa un incremento en la comercialización de lámparas LED, que estaría alineado con la implementación de medidas de eficiencia energética y la incorporación de nuevas soluciones de iluminación, incluyendo proyectos de rehabilitación residencial.

En sentido contrario ha evolucionado la categoría de "monitores, pantallas y apa-

ratos con pantallas" de uso doméstico que, con 10,7 millones de unidades puestas en el mercado, suponen un 9,6% menos que en 2022. Esta caída interanual podría venir explicada por una disminución en la intensidad de dotación y renovación de ciertos equipos vinculados con los procesos de digitalización de los ciudadanos, como ordenadores portátiles, tras la elevada demanda registrada en años previos y considerando la vida útil de estos equipos (en torno a 5 – 7 años).

Las unidades de AEE del segmento de uso doméstico representan el 59,2% de todas las comercializadas en España y se incrementaron un 27% interanual en 2023. Destaca el crecimiento del número de "pequeños aparatos" contabilizados (+26,3%), que refleja el impacto de la aplicación del nuevo Real Decreto.

En relación con el segmento de uso profesional de AEE, su comportamiento general muestra un significativo crecimiento del número de unidades puestas en el mercado: 205,0% en 2023 (+ 298 millones de unidades). Al igual que en el segmento de uso doméstico, destaca la categoría de "pequeños aparatos", con un crecimiento interanual del 301,3% (+ 284 millones de unidades). No en vano, en 2023 esta categoría representaba más del 85,3% de las unidades de AEE puestas en el

mercado de uso profesional, mientras que en ejercicios previos no había superado el 65%. Así, según se observa en los datos del Registro (RII-AEE), dicho incremento vendría explicado por las cantidades importadas desde fuera de la UE y el impacto del RD 993/2022.

También ha sido abultado el incremento de las unidades comercializadas de la categoría de "aparatos de informática y telecomunicación pequeños": +255,8% (equivalente a 7,6 millones de unidades adicionales, totalizando 10,6 millones). No obstante, esta categoría sigue representado una pequeña parte (2,4%) de las unidades de AEE puestas en el mercado en el segmento profesional.

Por su parte, los paneles fotovoltaicos han mostrado un crecimiento del 33,7% interanual (hasta los 20,4 millones de unidades), acompañando los procesos de transición verde y despliegue de la capacidad instalada de generación de energía solar fotovoltaica en España. En 2023, dicha capacidad se incrementó un 28,0%, equivalente a 5.594 MW adicionales, según los datos de Red Eléctrica.

A diferencia de lo observado en el segmento doméstico, la categoría de "monitores, pantallas y aparatos con pantallas" de uso profesional han experimentado un incremento del 5,2%. En este caso, se trata de un incremento asociado principalmente al notable aumento en el volumen de unidades puestas en el mercado provenientes de importaciones de terceros países (corresponden sobre todo a monitores, pantallas y aparatos con pantallas no LED).

Los AEE de uso profesional introducidos en el mercado español aumentaron un 205% en el último año. Este crecimiento, al igual que en el segmento doméstico, fue liderado por los "pequeños aparatos" (+301%). También destaca el crecimiento de los paneles fotovoltaicos (+34%).

El aumento en el número de unidades de AEE puestas en el mercado se refleja, igualmente, en las toneladas comercializadas de estos aparatos. En 2023, alcanzaron las 1.537,6 kilotoneladas (véase Tabla 2), lo que representa un incremento del 18,2% respecto a 2022. Continuando con la tendencia registrada el año anterior, dicho crecimiento viene explicado sobre todo por el segmento

profesional, que ha mostrado una variación interanual del 34,4%. En particular, dentro de este segmento destacan las categorías de "aparatos de informática y telecomunicación" y de "paneles fotovoltaicos grandes", con crecimientos, en términos de peso, del 59,2% y 40,2%, respectivamente.

En el caso del segmento de uso doméstico, el aumento de toneladas puestas en el mercado se situó en el 4,1% en 2023, totalizando cerca de 725 kilotoneladas. Han sido las categorías de "lámparas" y "pequeños aparatos" las que han registrado crecimientos más destacados: 28,9% y 16,1%, respectivamente.

Tabla 2- Toneladas de AEE puestos en el mercado en España, 2023

Categorías	Total (kt)	Doméstico (kt)	Profesional (kt)
(1) Aparatos de intercambio de temperatura	229,5	190,3	39,2
(2) Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas	54,2	48,5	5,7
(3) Lámparas	5,7	5,7	-
(4) Grandes aparatos	409,2	308,5	100,7
(5) Pequeños aparatos	183,3	147,4	36,0
(6) Aparatos de informática y telecomunicación pequeños	26,4	24,1	2,3
(7) Paneles fotovoltaicos grandes	629,2	-	629,2
Total	1.537,6	724,6	813,1

Nota: Las toneladas de AEE puestas en el mercado no incluyen las exportaciones

Fuente: Afi, a partir del Ministerio de Industria y Turismo (RII-AEE).

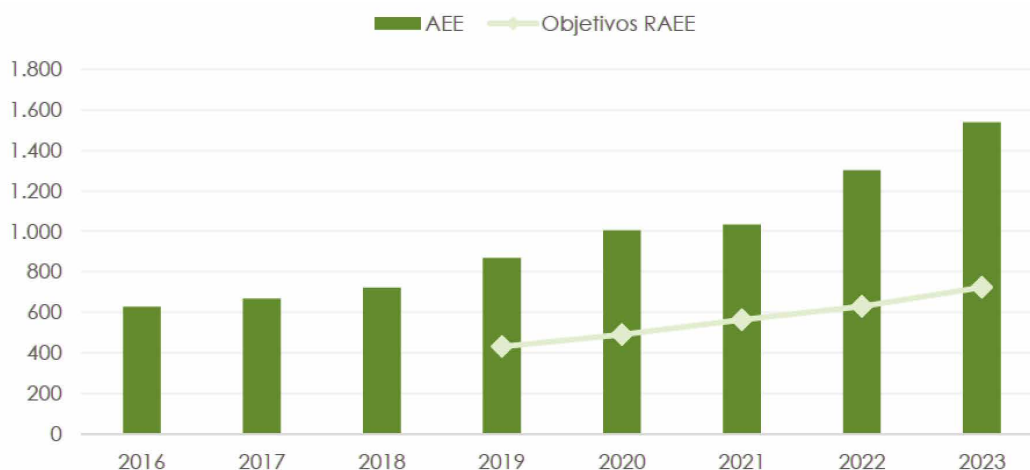
Las toneladas de AEE puestas en el mercado en España se incrementaron por encima del 18% en 2023, hasta alcanzar las 1.538 kilotoneladas. Como en años previos, el aumento viene impulsado por el segmento profesional (+34,4%), dentro del que destacan los aparatos de informática y telecomunicaciones y los paneles fotovoltaicos grandes.

Desde una perspectiva histórica, se mantiene la tendencia alcista en las toneladas de AEE puestas en el mercado (véase Gráfico 1). La variación entre 2016 y 2023 ha sido del 145,4%, apoyada por las dinámicas de consumo de este tipo de aparatos y por el avance de las denominadas transiciones gemelas: digital y verde.

El incremento de los volúmenes comercializados de AEE tiene una traslación directa a los niveles de recogida de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) fijados como objetivo. De tal forma que se intensifica la actividad del eslabón de gestión y recogida de RAEE. El objetivo estatal mínimo de recogida separada de residuos de AEE para 2023 alcanzó las 723,5 kilotoneladas, lo que representa aproximadamente un 15% más que en 2022.

El objetivo estatal mínimo de recogida separada de residuos de AEE para 2023 alcanzó las 723,5 kilotoneladas, lo que representa aproximadamente un 15% más que en 2022.

Gráfico 1 - Evolución de la cantidad de AEE puestas en el mercado en España (2019-2023) y objetivos de recogida de RAEE (2016 - 2023) (kilotoneladas)



Fuente: Afi, a partir del Ministerio de Industria y Turismo (RII-AEE).

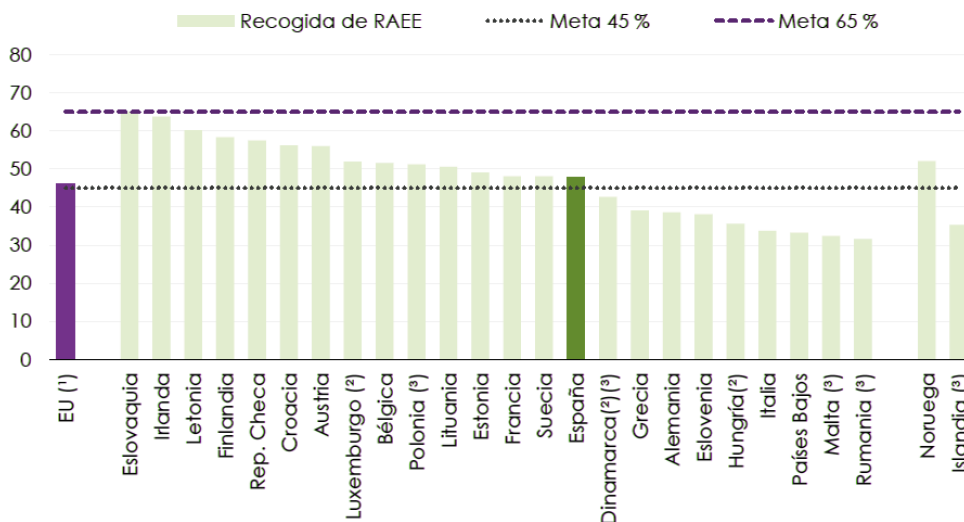
Las cantidades de RAEE recogidas en España alcanzaron, según los últimos datos disponibles, las 413,3 kilotoneladas en 2021, un 5% más que el año anterior, como se puede observar en el Gráfico 2.

En España se recogieron 413,3 kilotoneladas de RAEE en 2021, lo que supone un 5% más que el año anterior y sitúa la tasa de recogida en el 47,8%.

Además, esa cantidad equivale al 47,8% del promedio de kilotoneladas de AEE comercializadas durante el trienio previo (2018-2020). Esta tasa se ha reducido en 4,5 puntos porcentuales respecto al año anterior y dista del objetivo fijado por la Comisión Europea en el 65%.

No obstante, el distanciamiento al objetivo de recogida es común a otras de las principales economías europeas. En particular, Alemania ha registrado una caída de 5,5 p.p., situándose en una tasa de recogida de RAEE del 44,1%, mientras que Italia ha disminuido 2,7 p.p. su tasa de recogida hasta el 36,5%. En este contexto, algunos estudios apuntan al reto que lleva aparejado el incremento de la tasa de reciclaje en un escenario de crecimiento económico (Neves et al., 2024). No obstante, al analizar el comportamiento de la cuota de reciclaje de RAEE (sobre las cantidades recogidas del mismo tipo de residuos) y el crecimiento del PIB per cápita, entre 2009 y 2020, en los países de la UE, no se observa una relación significativa entre ambas variables.

Gráfico 2 - Comparativa europea de recogida de RAEE en 2021, porcentaje sobre AEE puestos en el mercado durante los 3 años anteriores (promedio 2018-2020)



Nota: (1) estimado por Eurostat. (2) No se aplica la meta del 65%. Aplicado método de cálculo basado en RAEE generados (3) 2020.

Fuente: Afi, a partir de Eurostat

El crecimiento de las cantidades recogidas de RAEE entre 2019 y 2021, en España, supera el 11% y se sitúa por encima de la media europea.

perando en 0,6 puntos porcentuales la media de la Unión Europea y situándose solo por detrás de Francia (+17,46%).

Por otro lado, en comparación con los principales países de nuestro entorno, la tasa de crecimiento de las toneladas de RAEE recogidas en España ha evolucionado positivamente: se situó en el 11,32% entre 2019 y 2021, su-

Cifras relativas a pilas, baterías y acumuladores

El número de unidades de pilas y acumuladores portátiles (que incluyen pilas de botón, pilas estándar y acumuladores portátiles) puestos en el mercado español en 2023 se situó en 610,46 millones de unidades. Una cifra prácticamente idéntica a la de 2022 en estos términos de unidades, y algo inferior (-1,23%) en peso, al totalizar en torno a las 14.473 toneladas (véase Tabla 5).

Dicha disminución viene condicionada por la evolución de la categoría de "pilas estándar", que se ha contraído en un 5,93% en términos de cantidad (tendencia ya observada en 2022). Esto equivale a una variación negativa del 6,75% en toneladas. La tendencia a la baja observada viene explicada por una mayor adopción de pilas re-

recargables en sustitución de las pilas estándar. Como consecuencia, en 2023 la importancia relativa de las pilas estándar sobre el total de pilas y acumuladores ha disminuido respecto al año anterior en 4,1 puntos porcentuales (hasta el 65,9%) en términos de cantidad y en 3,4 p.p. (hasta el 58,8%) en términos de toneladas.

La categoría que ha registrado una evolución interanual más positiva es la de acumuladores portátiles: +26,42% en número de unidades, totalizando cerca de 95 millones de unidades en 2023; y +8,27% en toneladas puestas en el mercado, hasta superar las 5.700 toneladas. De tal forma que el peso relativo de los acumuladores portátiles sobre el total de PyA ha aumentado en más de 3 puntos porcentuales (tanto en términos de unidades como de peso).

El número de pilas botón comercializadas, por su parte, registró un incremento

Las pilas, baterías y acumuladores portátiles puestos en el mercado en 2023, en España, se mantuvieron en los mismos volúmenes que el año anterior: Mientras que los acumuladores portátiles registran tasas de crecimiento muy positivas, las pilas estándar disminuyen considerablemente su presencia en el mercado.

del 5,1% en unidades (113,46 millones de unidades) y mantuvo niveles similares a los de 2022 en términos de peso (256,51 toneladas).

Tabla 3- Pilas y acumuladores portátiles puestos en el mercado en España, 2023

Categoría	Cantidad (M. ud.)	Var. Ia (%)	Peso (t)	Var. Ia (%)
Pilas botón	113,46	5,10%	256,51	-0,05%
Pilas estándar	402,03	-5,93%	8.508,22	-6,75%
Acumuladores portátiles	94,98	26,42%	5.708,71	8,27%
Total PyA portátiles	610,46	0,001%	14.473,44	-1,23%

Nota: Las unidades y toneladas de PyA puestas en el mercado no incluyen las exportaciones

Fuente: Afi, a partir del Ministerio de Industria y Turismo (RII-PYA).

Por otro lado, la categoría de pilas, acumuladores y baterías de automoción experimentó un crecimiento algo superior al 11% interanual en 2023 en los volúmenes puestos en el mercado, tanto en términos de unidades, aproximándose a los 8,4 millones, como en peso, hasta alcanzar las 140.943,13 toneladas (véase Tabla 4). Esta evolución está en consonancia con la de matriculaciones de vehículos, que se incrementaron un 15% en 2023, según los datos de la Dirección General de Tráfico (DGT), y que también reflejan el alivio de las tensiones en las cadenas de suministro, especialmente de semiconductores.

Tabla 4- Pilas, acumuladores y baterías de automoción puestos en el mercado en España, 2023

Categoría	Cantidad (M. ud.)	Var. Ia (%)	Peso (t)	Var. Ia (%)
Pilas, acumuladores y baterías de automoción	8,33	11,14%	14.0943,13	11,02%

Nota: Las unidades y toneladas de PyA puestas en el mercado no incluyen las exportaciones

Fuente: Afi, a partir del Ministerio de Industria y Turismo (RII-PYA).

Las pilas, acumuladores y baterías de automoción introducidos en el mercado español crecieron por encima del 11%, tanto en volumen como en peso, en línea con las matriculaciones de vehículos registradas en España en 2023.

En cuanto a las pilas, acumuladores y baterías industriales puestos en el mercado, consolidan su tendencia al alza, habiendo registrado un incremento del 19,08% en términos de unidades en 2023, hasta alcanzar los 5,20 millones (véase Tabla 5). Todas las categorías de pilas, acumuladores y baterías industriales han contribuido positivamente al crecimiento en unidades del segmento. No obstante, destaca el crecimiento de las pilas, acumuladores y baterías industriales "sin cadmio ni plomo", que se ha situado en el 37%. En esta categoría se incluyen las baterías de litio, utilizadas tanto en movilidad eléctrica como en sistemas de almacenamiento energético, lo que explica su gran expansión en los últimos años. A su vez destaca aquellas "con cadmio", con un incremento del 14% respecto al año anterior (véase Tabla 5).

En términos de peso, el incremento ha sido del 18,07% llegando a las 72.950 toneladas. En este sentido, sobresalen aquellas "sin cadmio ni plomo", que han pasado a liderar este segmento, al haber crecido por encima del 27% interanual, más del doble que las otras categorías.

Tabla 5 - Pilas, acumuladores y baterías industriales puestos en el mercado en España, 2023

Categoría	Cantidad (M. ud.)	Var i.a (%)	Peso (t)	Var i.a (%)
Pilas, acumuladores y baterías industriales con cadmio	0,16	13,65%	643,41	5,89%
Pilas, acumuladores y baterías industriales con plomo	2,73	7,40%	35.362,33	10,17%
Pilas, acumuladores y baterías industriales sin cadmio y sin plomo	2,32	37,05%	36.943,91	27,04%
Total PyA industriales	5,20	19,08%	72.950,24	18,07%

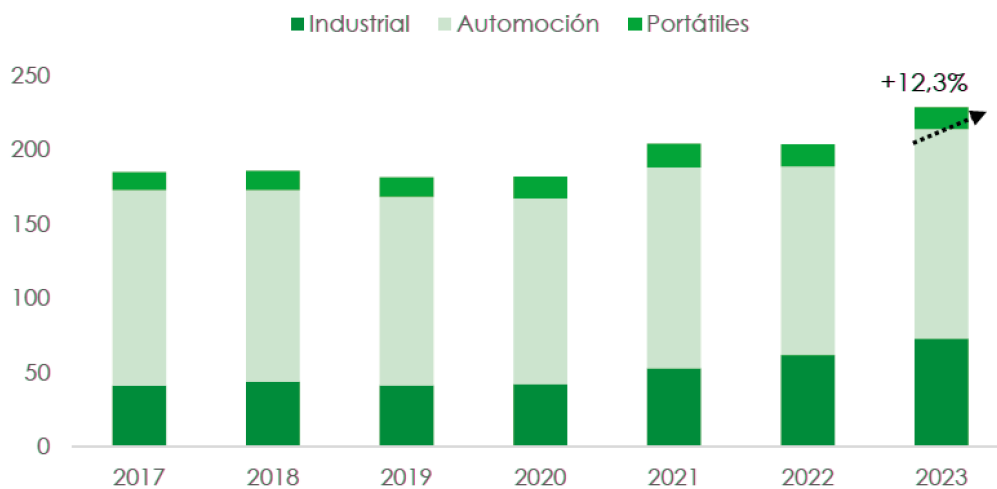
Nota: Las unidades y toneladas de PyA puestas en el mercado no incluyen las exportaciones

Fuente: Afi, a partir del Ministerio de Industria y Turismo (RII-PYA).

Las pilas, acumuladores y baterías portátiles de tipo industrial han consolidado la recuperación postpandemia, aumentando su tasa de crecimiento interanual hasta el 19% en términos de volumen y el 18% en toneladas.

En conjunto, en 2023 se registró un notable incremento, del 12,3%, en las kilotoneladas de pilas y acumuladores puestos en el mercado, como muestra el Gráfico 3, situándose en máximos, al superar las 200 kilotoneladas. Dicho incremento viene dado principalmente por el buen comportamiento del segmento industrial (+18%), que consolida la tendencia observada en años anteriores, además del crecimiento del segmento de automoción (+11%).

Gráfico 3 - Evolución de kt de PYA puestas en el mercado en España, 2017 - 2023



Fuente: Afi, a partir del Ministerio de Industria y Turismo (RII-PYA).

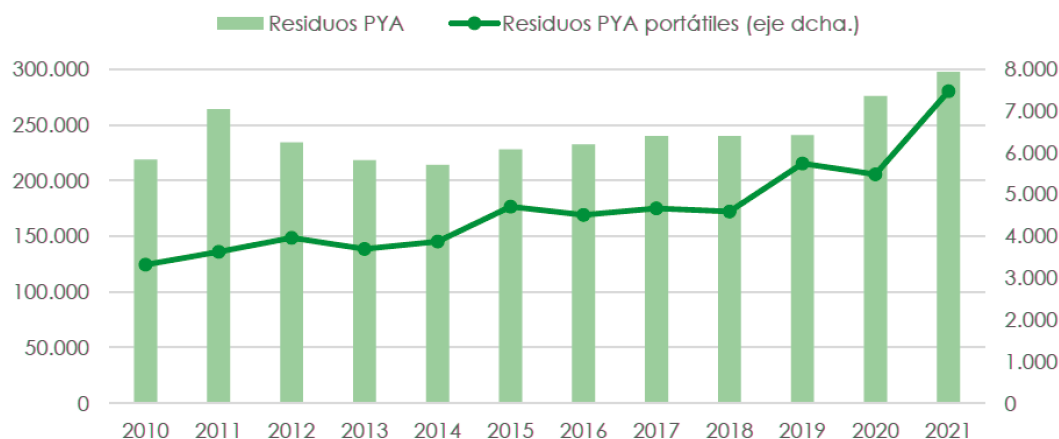
El número de operadores de mercado de pilas, baterías y acumuladores inscritos en el Registro del Ministerio de Industria y Turismo (RII - PyA) ascendió a 4.465 entidades en 2023, de las cuales el 96,7% están adheridas a un sistema colectivo (SCRAP). Este censo ha registrado un notable incremento, del 62,5%, en relación con el año 2022, fruto de la anteriormente comentada implementación del nuevo sistema de control para el registro de operadores que introducen en el mercado español PyA desde terceros países.

La recogida y reciclaje de residuos de pilas y acumuladores en España se situó en máximos en 2021, habiendo crecido las toneladas recogidas cerca de un 8% interanual.

Por último, cabe indicar que las cifras relativas a la recogida de los residuos de pilas y acumuladores han registrado un nuevo máximo histórico en el año 2021 (último dato disponible, INE), gracias al tratamiento y recuperación de más de 297,7 kilotoneladas de residuos, lo que representa un crecimiento del 7,9% respecto al

año anterior (véase Gráfico 4). En particular, las kilotoneladas de residuos de pilas y acumuladores portátiles² experimentaron un notable crecimiento, del 30,8%, alcanzando las 7.470 toneladas en 2021, y cambiando la tendencia a la baja registrada en ejercicio previo.

Gráfico 4 - Evolución de las toneladas de residuos de PyA recogidas en España, 2010- 2021



Fuente: Afi, a partir del INE.

² A través de la Directiva 2032/1542 se han establecido nuevos objetivos mínimos de recogida de pilas y baterías portátiles. En concreto, se han incrementado los objetivos hasta el 63% para 2027 y el 73% para 2030.

Peso económico del sector del reciclaje de RAEE y pilas en España

La actividad de las empresas dedicadas al reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y a la gestión de pilas usadas, se estima que generó un impacto económico de más de 1.360 millones de euros de valor añadido bruto (VAB) en 2023 en España, como muestra el Gráfico 5. Esta cifra refleja la contribución directa de las principales empresas del sector, que se estima en unos 500 millones de euros, a la par que también incluye los efectos indirectos e inducidos (véase nota metodológica).

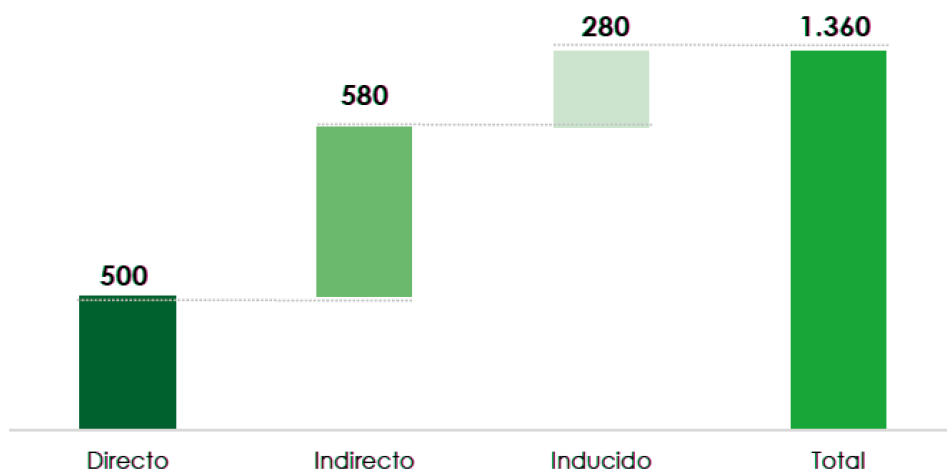
En relación con la aportación directa del sector, cabe indicar que se ha visto reducida en términos interanuales (-2%) como consecuencia de la menor cifra de negocios registrada en 2023 por diversas empresas del sector. Y es que en ese ejercicio los

precios de las materias primas experimentaron importantes caídas que impactaron, en mayor o menor medida, en las cuentas de empresas del sector.

El impacto indirecto, estimado en alrededor de 580 millones de euros, se refiere a la actividad de los sectores que suministran bienes y servicios intermedios a las empresas que reciclan RAEE y pilas. Entre estos sectores se encuentran la fabricación de productos metálicos, el suministro de electricidad, así como los servicios financieros y de seguros, entre muchos otros. El impacto inducido, que se sitúa en torno a los 280 millones de euros, refleja el aumento del consumo generado por las rentas derivadas de los efectos directo e indirecto, principalmente ligadas a salarios y márgenes empresariales.

La actividad de las empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas se estima que contribuyó a la generación de 1.360 millones de euros de VAB en la economía española en 2023.

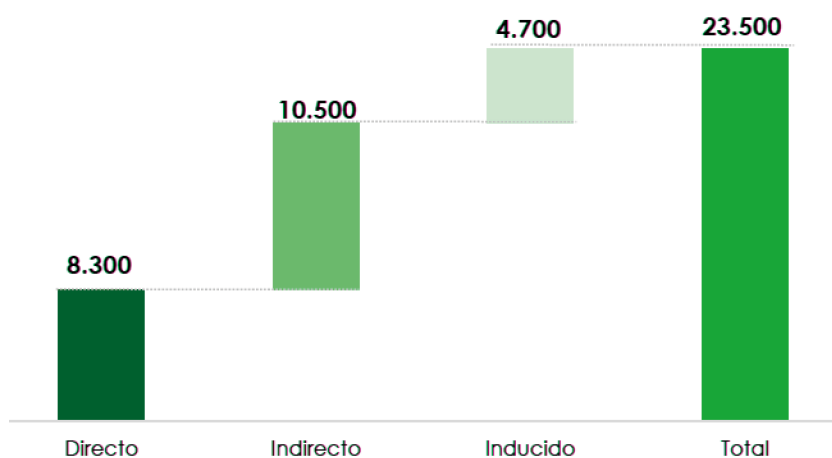
Gráfico 5 - Peso económico, en términos de VAB, de la actividad de las empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas, por tipo de efecto, 2023



Fuentes: Afi, a partir de INE y Registro Mercantil. Estimación aplicando la metodología Input-Output.

El sector de reciclaje de RAEE y pilas también contribuye a la generación de empleo. Se estima que en 2023 esta actividad ayudó a mantener cerca de 23.500 puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo en España. De ellos, unos 8.300 empleos fueron generados de forma directa por las empresas que ejercen su actividad en este sector. A los que hay que añadir los efectos indirecto e inducido, que suponen en torno a 10.500 y 4.700 empleos adicionales, respectivamente, como recoge el Gráfico 6).

Gráfico 6 - Contribución al empleo, de la actividad de las empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas, por tipo de efecto, 2023

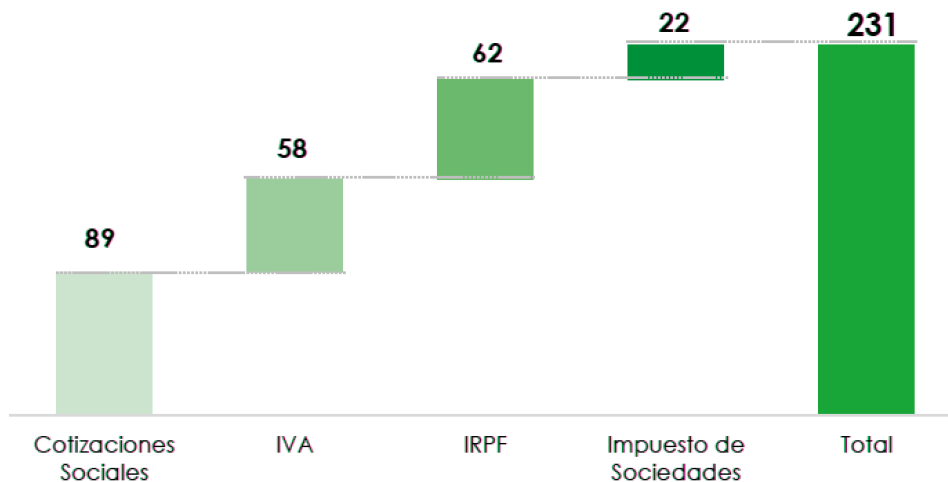


Fuentes: Afi, a partir de INE y Registro Mercantil. Estimación aplicando la metodología Input-Output.

El sector del reciclaje de AEE y pilas usadas contribuye también a la creación de empleo. Se estima que, en 2023, permitió mantener alrededor de 23.500 puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo.

Además de la contribución del sector al VAB y al empleo, cabe estimar su aportación a las arcas públicas. Esta última se estima superior a los 230 millones de euros para 2023 (véase Gráfico 7). Aquí se incluyen las cotizaciones sociales, que sumaron alrededor de 89 millones de euros; la recaudación correspondiente al Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA), estimado en 58 millones de euros; el Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF), que representó unos 62 millones de euros; y el Impuesto de Sociedades, que supuso otros 22 millones de euros adicionales de contribución al erario.

Gráfico 7 - Contribución directa a las arcas públicas de la actividad de reciclaje de RAEE y pilas, 2023 (millones de euros)



Nota: estimación a partir de la aplicación de tipos impositivos medios.

Fuentes: Afi, a partir de INE y Registro Mercantil.

La contribución directa a las arcas públicas de las principales empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas supera los 230 millones de euros anuales, incluyendo cotizaciones sociales y la recaudación ligada al IVA, al IRPF y al Impuesto de Sociedades.

En definitiva, estamos ante un sector, el del reciclaje de RAEE y pilas, que aporta más de 1.360 millones de euros a la economía española y genera empleo en diversas partes del territorio español, movilizándolo en torno a los 23.500 puestos de trabajo, como recoge, a modo de síntesis, la Figura 1.

Figura 1 - Contribución económica total de la actividad de las principales empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas en España, 2023



(*) Puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo.

(**) Contribución derivada del efecto directo de la actividad de reciclaje de RAEE y pilas. Se incluyen cotizaciones sociales.

Fuentes: Afi, a partir de INE y Registro Mercantil. Estimación aplicando la metodología Input-Output.

Dependencia de las materias primas fundamentales, presentes en AEE y en baterías de vehículo eléctrico

El acceso a distintas materias primas minerales y metales es crucial para nuestra economía. Estas materias primas constituyen, en muchas ocasiones, insumos esenciales para las cadenas de valor de industrias estratégicas y, como tales, son activos de importancia vital para el conjunto de la economía.

Episodios recientes vinculados con la pandemia del COVID-19 o la guerra en Ucrania han puesto de manifiesto la dependencia de Europa frente a terceros países respecto al abastecimiento de gran parte de estas materias primas. Ello se traduce en una elevada exposición y dependencia a posibles interrupciones en las cadenas de suministro causadas por shocks externos, ya sea económicos o geopolíticos.

Además, la rápida adopción de tecnologías que faciliten las transiciones verde y digital está aumentando de forma extraordinaria la demanda de materias primas fundamentales³, necesarias para implementar distintas tecnologías vinculadas con las energías renovables y otras asociadas a tecnologías avanzadas, por ejemplo, empleadas en semiconductores. Se está registrando un creciente consumo de materias primas críticas como el litio, el cobalto y las tierras raras, fundamentales para la fabricación de baterías de vehículos eléctricos y tecnologías ligadas a los paneles solares y a los aerogeneradores.

En consecuencia, el mercado global de minerales imprescindibles para la transición energética se ha duplicado en los últimos cinco años, alcanzando los 320.000 millones de dólares en 2022. De forma simultánea, la demanda global de litio se ha triplicado entre 2017 y 2022, mientras la de cobalto ha aumentado un 70% y la de níquel un 40% (Agencia Internacional de la Energía, 2023). Además, la tendencia de la demanda apunta a un mayor crecimiento. Según diversos escenarios analizados por la Agencia Internacional de la Energía, la demanda de materiales críticos para tecnologías limpias se podría duplicar e incluso triplicar hasta 2030, siendo el incremento en la producción de vehículos eléctricos y el almacenamiento de baterías los principales impulsores. Ello plantea importantes retos en cuanto a la sostenibilidad del suministro (también para la gestión de residuos, aunque se trasladará más a medio plazo).

³ La Comisión Europea define las materias primas críticas o fundamentales (critical raw materials) como aquellas de alta importancia para la economía de la Unión Europea y cuyo suministro está asociado con un alto riesgo.

Respecto a los retos y riesgos ligados a la sostenibilidad de suministro, cabe destacar: la elevada dependencia de terceros países en la extracción de materias primas fundamentales. El suministro de estas materias primas se encuentra muy concentrado. En el eslabón de extracción, los tres principales países productores copan más del 75% de la producción de cobalto, litio, grafito o tierras raras. La concentración es incluso superior en la fase de procesamiento y en los últimos años apenas se ha avanzado en la diversificación de fuentes de suministro.

Por otro lado, como se describe más adelante para el caso de España, el riesgo país asociado a los principales suministradores de materias primas fundamentales es elevado. Esto alimenta el riesgo vinculado a potenciales interrupciones de las cadenas de suministro. A ello se suman las prácticas restrictivas a la exportación por parte de los países suministradores e incluso su utilización como herramienta de presión a nivel geopolítico.

Para hacer frente a los potenciales efectos disruptivos y evitar una ralentización en los procesos de transición verde y digital, un número creciente de países está adoptando estrategias y políticas, por el lado de la oferta, que mitiguen los mencionados riesgos y cuellos de botella en el acceso a materias primas fundamentales. Sin embargo, no es tarea fácil. A corto plazo, entre otras iniciativas, cabría dotarse de una reserva estratégica que cubra el conjunto de la cadena de valor de materias primas críticas (posible iniciativa conjunta a escala europea para agregar las demandas nacionales), así como explorar la sustitución de ciertos materiales y apostar por la eficiencia en el uso de los recursos. A medio plazo, en cambio, los esfuerzos deberían ir dirigidos a aprovechar el potencial existente en la minería, el reciclado y la innovación ligada a materiales alternativos (Righetti y Rizo, 2024; Draghi, 2024).

La importancia estratégica de estas materias primas también se ha materializado en diversas iniciativas regulatorias. A escala europea, la Ley Europea de Materias Primas Fundamentales incluye medidas para agilizar y simplificar los procesos administrativos para llevar a cabo proyectos vinculados con estas materias primas⁴, mejorar el acceso a financiación, monitorizar la cadena de suministro, diversificar las importaciones europeas y coordinar los stocks estratégicos. Incorpora, además, una serie de parámetros sobre la cadena de suministro de materias primas que se deben alcanzar de aquí a 2030: i) que la capacidad de extracción permita producir al menos el 10% del consumo anual de materias primas estratégicas en la UE; ii) que la capacidad de procesamiento permita cubrir al menos el 40%

⁴ En la actualidad existen 34 materias primas fundamentales identificadas, de las cuales 17 tienen la consideración de estratégicas. Estas últimas son materias de importancia estratégica para el funcionamiento del mercado interior, teniendo en cuenta su uso en tecnologías estratégicas claves para avanzar en la transición verde y digital, o sus aplicaciones en los ámbitos de la defensa y aeroespacial (incluyen, entre otras, el cobalto, el cobre, el grafito, el níquel, o las tierras raras pesadas).

de dicho consumo; y iii) que la capacidad de reciclado permita obtener al menos otro 25%. Además, se pretenden diversificar las importaciones de materias primas en la UE, de forma que ningún tercer país suministrador represente más del 65% del consumo anual de cada materia prima en cualquier fase.

En este contexto, el reciclado emerge como un eslabón importante dentro de la cadena de suministro de materias primas. Este eslabón, posterior a la exploración, extracción, procesamiento y refinado de materias primas contribuye a diversificar las fuentes de suministro, lo cual resulta esencial para facilitar las transiciones hacia una economía verde y digital.

En el ámbito nacional, cabe hacer referencia a la Hoja de Ruta para la Gestión Sostenible de las Materias Primas Minerales, que pone de manifiesto la necesidad de dotarse de cadenas de valor más resilientes y reducir la dependencia de materias primas fundamentales. Esta estrategia, diseñada para el periodo 2021-2030, busca lograr un equilibrio entre el uso circular de los recursos y la innovación tecnológica. Además, promueve el fortalecimiento del suministro interno de forma sostenible y responsable, al mismo tiempo que incentiva la diversificación del abastecimiento desde terceros países, siempre bajo criterios de sostenibilidad y responsabilidad.

El reciclado representa uno de los eslabones de la cadena de suministro de materias primas fundamentales y permite diversificar las fuentes de suministro de estas materias primas tan necesarias para implementar las transiciones verde y digital. La Ley europea de materias primas fundamentales contempla que, para 2030, al menos un 25% del consumo anual de materias primas estratégicas en la UE se cubra con el reciclado.

La dependencia de España de las materias primas fundamentales

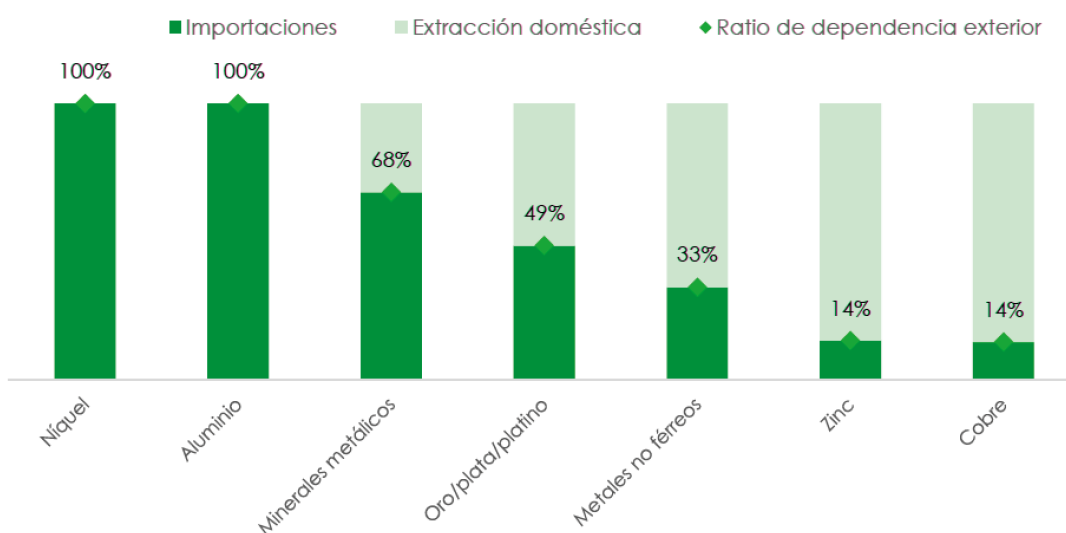
España dispone de insumos propios a través de la extracción doméstica de ciertas materias primas consideradas críticas: por ejemplo, el 99%⁵ del estroncio que se consume en la Unión Europea tiene su origen en el mercado español. Sin embargo, para la mayoría de las materias primas críticas, España presenta una alta dependencia del exterior, medida a través de la ratio que refleja la proporción de

⁵ Study on the critical raw materials for the EU 2023.

importaciones en relación con el total de insumos (importaciones más extracción doméstica) de dichas materias primas.

En particular, destaca la total dependencia de materias primas como el níquel y el aluminio (véase Gráfico 8). También es elevada en otros casos, como los minerales metálicos (ratio de dependencia del 68%); el oro, la plata y el platino (49%); y los metales no férricos (33%). Y, en menor medida, respecto al zinc y el cobre (14%).

Gráfico 8 - Ratio de dependencia de España respecto al abastecimiento de distintas materias primas fundamentales (2022)



Fuente: Afi, a partir de Eurostat.

España no solo depende en gran medida de fuentes externas para obtener estas materias primas, sino que además las importaciones se concentran en un número limitado de países, como se puede observar en la Tabla 6, que recoge el índice de dependencia, así como la clasificación de los cinco principales países proveedores y su riesgo país⁶, para una serie de materias primas fundamentales.

Como se indicaba anteriormente, la dependencia de España respecto al aluminio es total y además existe una concentración del 75,2% de las importaciones de

⁶ Indicadores de riesgo país obtenido de CESCE, que tiene en cuenta la valoración de los riesgos políticos y comerciales que afectan a las operaciones de comercio e inversiones en el exterior.

este material provenientes de cinco países: Mozambique, Bahréin, Malasia, Emiratos Árabes Unidos e India. De manera similar, España depende completamente del exterior para el abastecimiento de níquel, con un 97% de las importaciones concentradas en cinco países, donde solo Brasil representa más de dos tercios de las compras totales. En el caso del cobre, los cinco primeros proveedores suponen cerca del 84% de los aprovisionamientos, liderados por Perú e Indonesia; aunque, como se mostraba previamente, la ratio de dependencia exterior es más limitada (14%). Y para el oro, la plata y el platino, un único país, Marruecos, representa más del 85% de los suministros procedentes del exterior, teniendo en cuenta que el nivel de dependencia ronda el 49%.

España es totalmente dependiente del exterior en el suministro de materias primas fundamentales como el aluminio o el níquel. Además, nuestro país presenta una elevada concentración de las importaciones (pocos países proveedores) de estas materias primas, incluyendo el oro, plata y platino, el níquel o el cobre, entre otras contenidas en los AEE y baterías.

Este análisis permite visibilizar la concentración de las importaciones españolas de materias primas críticas en algunas economías con elevado riesgo país. Estas condiciones elevan el riesgo de potenciales interrupciones en las cadenas globales de suministro, sobre todo en un contexto donde la política comercial se utiliza cada vez con más frecuencia como herramienta geopolítica.

Tabla 6- Perfil de dependencia exterior de España, para una selección de materias primas fundamentales (2022)

Aluminio			Níquel		
Ratio de dependencia exterior		100%	Ratio de dependencia exterior		100%
Top 5- países	% importación	Riesgo país	Top 5- países	% importación	Riesgo país
1. Mozambique	17,7%	7	1. Brasil	67,7%	4
2. Bahreín	16,8%	6	2. Colombia	12,9%	4
3. Malasia	14,4%	2	3. Australia	8,6%	0
4. Emiratos Árabes Unidos	13,9%	2	4. Madagascar	3,9%	7
5. India	12,4%	3	5. Noruega	3,8%	0
Total top-5	75,2%	4	Total top-5	97,0%	3

Oro, plata y platino			Cobre		
Ratio de dependencia exterior		49%	Ratio de dependencia exterior		14%
Top 5- países	% importación	Riesgo país	Top 5- países	% importación	Riesgo país
1. Marruecos	85,5%	3	1. Perú	26,3%	3
2. Reino Unido	9,4%	0	2. Indonesia	22,1%	3
3. Turquía	4,3%	5	3. Chile	16,9%	0
4. Sudáfrica	0,6%	4	4. Brasil	9,5%	4
5. Chile	0,1%	0	5. Panamá	8,9%	4
Total top-5	100,0%	2	Total top-5	83,7%	3

Notas: (1) el nivel de riesgo país, establecido por CESCE, toma valores entre 0 (ausencia de riesgo) y 7 (riesgo muy elevado). (2) Para total del top-5 se ha realizado un promedio del riesgo país de los cinco mercados. (3) El porcentaje de importación indica la cuota que representa el país respecto las importaciones totales de España de la materia prima analizada.

Fuente: Afi, a partir de Eurostat y CESCE.

En este contexto, como se apuntaba con anterioridad, una mayor cuota de recuperación y reciclado de las materias primas fundamentales ha de contribuir a reducir la dependencia del exterior. Con medidas como la prevista en la Ley Europea de Materias Primas Fundamentales, para que al menos una cuarta parte del consumo anual de las materias primas consideradas estratégicas provenga del reciclado interno, se prevé avanzar en esa dirección.

En las próximas décadas, se espera que una parte cada vez mayor del consumo de materias primas estratégicas de la Unión Europea pueda cubrirse con materias primas secundarias, lo que no solo mejorará la seguridad del suministro al reducir la dependencia de importaciones, sino que también reforzará la sostenibilidad de la cadena de valor de las materias primas. Para lograrlo, será fundamental aumentar la capacidad de reciclaje de la UE, además de establecer, para ciertos flujos de residuos que contengan dichas materias primas, un valor de referencia adicional, que permita medir la capacidad de reciclado, en porcentaje, de las materias primas fundamentales que se pueden recuperar de los flujos de residuos.

Con todo, aunque la contribución del reciclaje para cubrir la demanda final de ciertas materias primas ha aumentado en las últimas décadas, aún sigue siendo reducida⁷. Entre las principales causas se encuentran las bajas tasas de recogida, las pérdidas en el tratamiento de residuos, y la falta de procesos a escala industrial para algunas materias primas.

A continuación, se estudia el potencial incremento de las tasas de reciclaje de RAEE y baterías de vehículo eléctrico usadas de cara a 2030, bajo un escenario de avance de la transición energética impulsada por las políticas y estrategias diseñadas a tal efecto⁸.

⁷ Hoja de ruta para la gestión sostenible de las materias primas minerales. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.

⁸ Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP), Hoja de Ruta del Hidrógeno, Estrategia de Almacenamiento Energético.

Previsiones de recogida y reciclado de materias primas críticas procedentes de aparatos eléctricos y electrónicos, en España

Los aparatos eléctricos y electrónicos contienen una amplia variedad de materias primas fundamentales o críticas, como cobre, aluminio, níquel, oro, plata, platino, manganeso, litio y cobalto. Estos materiales valorizables son recursos esenciales que deben ser recuperados. En este sentido, la minería urbana posibilita que una vez los AEE han llegado al final de su vida útil, y ya no sean susceptibles de preparación para su reutilización, sean sometidos a procesos de tratamiento para su reciclado, facilitando la recuperación de materiales.

Los aparatos eléctricos y electrónicos contienen una amplia variedad de materias primas, entre las que figuran el cobre, aluminio, níquel, oro, plata, platino, manganeso, litio y cobalto. Todas ellas son materias primas fundamentales que conviene recuperar una vez que los aparatos llegan al final de su vida útil.

No obstante, tal y como apuntan expertos de la cadena de valor consultados en el marco de este estudio, la diversidad de materias primas fundamentales presentes en los RAEE dificulta los procesos de recuperación y reciclado. A ello se une la composición cambiante a lo largo del tiempo, ya que para el diseño y fabricación de nuevos aparatos se tiene en cuenta la disponibilidad limitada o las dificultades

de acceso a ciertos materiales. Por otro lado, las cantidades de ciertas materias primas fundamentales están presentes en volúmenes muy bajos en los aparatos eléctricos y electrónicos (es el caso, por ejemplo, de la cantidad de plata presente en las conexiones de las placas de circuitos de aparatos electrónicos).

De acuerdo con el informe sobre "Minerales para la transición energética y digital en España: demanda, reciclaje y medidas de ahorro" (Lallana, M. et al., 2023), en un escenario de progresivo avance en la transición energética, alineado con las políticas públicas que están siendo implementadas y el impulso de la industria del reciclaje en España, las tasas de recogida y reciclaje de materias primas críticas contenidas en los RAEE registrarán una evolución muy positiva para 2030 (véase Tabla 7). Así, en ese año la tasa de recogida⁹, para las todas las materias primas críticas, podría alcanzar el 66%, lo que equivale a 6,3 puntos porcentuales

⁹ La tasa de recogida se define como el porcentaje de recogida sobre el total de kilotoneladas de AEE que llegan al final de su vida útil.

más que en 2023. Este incremento también se refleja en las tasas de reciclaje, destacando particularmente el tratamiento del aluminio y del cobalto, con cifras que superan el 60% para ambos materiales. Por el contrario, cabe esperar que el disprosio, el litio o el manganeso registren tasas de reciclaje más bajas en relación con el resto de las materias primas críticas, situándose en el 23% para 2030. Más allá de las dificultades tecnológicas que implique la recuperación de algunas de estas materias primas (aunque se están dando importantes avances en nuevos procesos de tratamiento, apoyados por tecnologías de IA y robótica, entre otras), en muchos casos el reto pasa por alcanzar suficiente masa crítica para hacer eficientes y económicamente viables dichos procesos de tratamiento y reciclado, según manifiestan expertos consultados.

Tabla 7- Tasas de reciclaje actuales y previsiones para 2030 de las materias primas fundamentales contenidas en RAEE, en España (%)

	Año	
	2023	2030
Plata (Ag)	52,1	57,0
Aluminio (Al)	60,9	63,0
Oro (Au)	52,1	57,0
Cobre (Cu)	20,4	33,0
Cobalto (Co)	60,9	63,0
Litio (Li)	6,9	23,0
Manganeso (Mn)	6,9	23,0
Níquel (Ni)	43,0	50,0
Disprosio (Disprosio)	6,9	23,0
Neodimio (Nd)	52,1	57,0
Plata (Pt)	20,4	33,0

Nota: la tasa de reciclaje se define como el porcentaje de reciclaje sobre el total de kilotoneladas de AEE recogidas al final de su vida útil.

Fuente: Afi, a partir de Lallana, M. et al (2023).

De cara a impulsar la viabilidad y la dimensión industrial de los procesos de tratamiento y reciclado de estas materias primas críticas, conviene tener en cuenta los volúmenes esperados de cantidades recogidas de las mismas. Así, en el mismo escenario de transición, y considerando la presencia de materias primas contenidas en los AEE, en la Tabla 8 se muestran las toneladas que se podrían recoger para finales de esta década, para distintas materias primas fundamentales. También se incluye en esta misma tabla la previsión de toneladas recicladas de cada una de estas materias primas.

Tabla 8- Cantidad de materias primas críticas obtenidas de RAEE recogidas y recicladas en 2023 y previsiones para 2030, en España (toneladas)

Materia prima	Año	Cantidad recogida	Cantidad reciclada
Cobre (Cu)	2023	1.974,6	534,8
	2030	3.306,0	1.237,9
Aluminio (Al)	2023	5.700,3	3.637,2
	2030	9.925,2	6.450,4
Níquel (Ni)	2023	382,1	164,3
	2030	719,4	359,7
Manganeso (Mn)	2023	465,1	32,1
	2030	937,20	215,56
Litio (Li)	2023	15,2	1,0
	2030	22,4	5,1
Cobalto (Co)	2023	181,5	110,5
	2030	306,9	193,3
Neodimio (Nd) y disprosio (Dy)	2023	12,7	3,7
	2030	26,2	10,5
Oro (Au), plata (Ag) y platino (Pt)	2023	6,1	2,1
	2030	9,6	4,5

Fuente: Afi, a partir de Lallana, M. et al (2023).

En un plazo de siete años, las cantidades de materias primas críticas recicladas (materias primas secundarias) en España, provenientes de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, se prevé que se incrementen considerablemente. A finales de la década, las toneladas de cobre resultantes de esos procesos de reciclaje equivaldrían al 5,5% de la demanda prevista de cobre para la fabricación de aparatos eléctricos y electrónicos. En el caso del aluminio o el níquel ese porcentaje se elevaría al 7,4% y 9,5%, respectivamente. Por tanto, la cadena de valor de la industria del reciclaje de RAEE en España se espera que ponga en el mercado cantidades crecientes de materias primas secundarias.

La cadena de valor de la industria del reciclaje de RAEE en España se espera que ponga en el mercado cantidades crecientes de materias primas secundarias. Las toneladas esperadas de aluminio o níquel, resultantes del reciclado de RAEE, se estima que equivaldrán, en 2030, al 7,4% y 9,5% de las cantidades que se necesitarán ese año de estas materias primas para la fabricación de nuevos aparatos.

El despliegue de modelos de circularidad, sin embargo, resulta más complejo, teniendo en cuenta el nivel de impurezas que pueden contener esas materias primas secundarias, de acuerdo con expertos que están trabajando en distintas líneas de investigación ligadas a procesos de reciclado. Con todo, es indiscutible el valor de materias primas secundarias como el cobre, que se pueden obtener de los RAEE y que son esenciales para la descarbonización y electrificación de la economía.

Expectativas sobre el reciclado de materias primas críticas procedentes de baterías de vehículo eléctrico usadas, en España

La electrificación de la flota de vehículos es uno de los buques insignia de la transición sostenible. Las baterías de vehículo eléctrico contienen materias primas críticas como el litio, cobalto, níquel, manganeso y aluminio, para las que España muestra una elevada dependencia exterior y que gozan de un carácter estratégico para llevar a cabo dicha transición verde.

Las baterías estarán igualmente sujetas a mejoras en sus tasas de reciclaje fruto de la implementación de distintas políticas públicas y el desarrollo de tecnologías avanzadas de reciclaje.

El litio, el cobalto, el níquel, el manganeso y el aluminio son materias primas fundamentales presentes en las baterías de vehículo eléctrico y, por tanto, esenciales para el despliegue de la movilidad sostenible en España.

En 2023, las tasas de recogida de los residuos de baterías de VE, se estima que alcanzaron el 95,6% en el mercado español (Lallana, M. et al., 2023). Se trata de un flujo de recogida controlado, en gran medida por la profesionalización del circuito seguido para la recogida y tratamiento de las baterías, que involucra a los talleres de vehículos y a otros profesionales de la cadena de valor.

Las tasas de reciclaje, sin embargo, presentan una notable variabilidad en función del material de que se trate. El aluminio presenta una tasa del 76,0%, y el cobre, el cobalto, el litio y el níquel alcanzan una cuota del 77,5%. Mientras, la tasa de reciclaje de manganeso y el litio es considerablemente más baja, situándose en el 24,0% y 27,0%, respectivamente, en 2023 (véase Tabla 9). Esto evidencia que, aunque la recogida es efectiva, los procesos de recuperación y/o reciclaje de las materias primas no están exentos de retos, incluyendo aspectos tecnológicos y, sobre todo, de masa crítica. En efecto, el litio y el manganeso están presentes en las baterías de vehículo eléctrico en pequeñas cantidades lo que, junto con la todavía limitada cantidad de baterías que han agotado su vida útil (por tanto, que están disponibles para su reciclado), dificulta la eficiencia y escalabilidad de los procesos de tratamiento, junto con su viabilidad económica.

Tabla 9- Tasas de reciclaje actuales y previsiones para 2030 en España (%)

	Año	
	2023	2030
Aluminio (Al)	76,0	90,0
Cobre (Cu)	77,5	95,0
Cobalto (Co)	77,5	95,0
Litio (Li)	24,0	80,0
Manganeso (Mn)	27,0	90,0
Níquel (Ni)	77,5	95,0

Fuente: Afi a partir de Lallana, M. et al (2023).

Las tasas de reciclaje de distintas materias primas críticas contenidas en las baterías de vehículo eléctrico son heterogéneas: desde el 77,5% en el caso del cobre o el cobalto, hasta el 24% en el caso del litio.

De forma análoga al análisis realizado anteriormente para los aparatos eléctricos y electrónicos, las toneladas de diferentes materias primas fundamentales presentes en las baterías y que se estima se pueden obtener del reciclado en 2030 en España, quedan recogidas en la Tabla 10.

Tabla 10- Cantidad de materias primas críticas recogidas y recicladas de baterías de VE actuales y previsiones para 2030, en España (toneladas)

Materia prima	Año	Cantidad recogida	Cantidad reciclada
Cobre (Cu)	2023	90,6	70,2
	2030	3.647,2	3.464,8
Aluminio (Al)	2023	75,2	57,1
	2030	2.948,8	2.653,9
Níquel (Ni)	2023	55,7	43,2
	2030	1.920,6	1.824,6
Manganeso (Mn)	2023	12,6	3,41
	2030	704,2	633,8
Litio (Li)	2023	13,0	3,12
	2030	476,27	381,02
Cobalto (Co)	2023	17,11	13,26
	2030	507,31	481,94

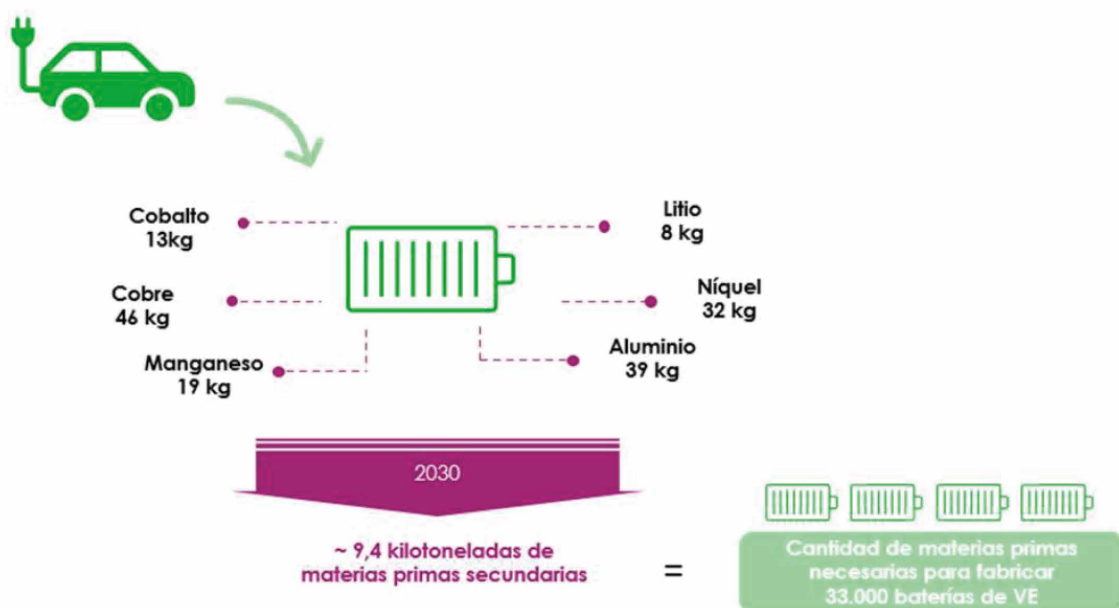
Fuente: Afi a partir de Lallana, M. et al (2023).

Las expectativas de avance de la tasa de recogida en el horizonte de 2030, en un escenario de despliegue de las medidas de política pública previstas y la mejora de la infraestructura del reciclaje en España, la llevarían al 97%. Por su parte, las tasas de reciclaje para todas las materias primas críticas contenidas en residuos de baterías de VE también se espera que se incrementen. En particular, destacan las tasas de reciclaje del manganeso y del níquel, que podrían alcanzar el 90% y 95%, respectivamente.

Como resultado, la cantidad de materias primas recicladas aumentaría notablemente. La cantidad de cobalto que se espera obtener como materia prima secundaria en 2030 equivaldría a un 60,2% de las toneladas de cobalto estimadas para la industria de baterías (demanda) para ese año. En el caso del litio, esta equivalencia alcanzaría el 84,5%.

Por otro lado, en términos absolutos, las 9,4 kilotoneladas de materias primas secundarias que se esperan obtener en 2030 a partir de procesos de reciclado de baterías de VE, equivaldrían a la cantidad de toneladas de dichos materiales utilizados para la fabricación de 33.000 baterías.

Figura 2- Ejemplo ilustrativo sobre la equivalencia de las materias primas críticas recicladas de residuos de baterías de VE



Fuente: Afi

Las cantidades estimadas para 2030 de cobalto y litio procedente del reciclado de baterías de vehículo eléctrico en España, se espera que equivalgan al 60,2% y 84,5%, respectivamente, de las necesidades estimadas para ese año de estas materias primas para la fabricación de dicho tipo de baterías.

El nivel de pureza de las materias primas recicladas condiciona su posterior uso. Así, por ejemplo, según representantes de la cadena de valor consultados en el presente estudio, el litio obtenido a partir de baterías de vehículo eléctrico usadas podría destinarse a industrias como la cerámica, la del vidrio o la farmacéutica, reforzando la sostenibilidad y competitividad de estos sectores y del conjunto de la economía española. No en vano, estas industrias gozan de un importante peso en nuestra economía¹⁰. En este sentido, la cadena de valor del reciclaje de baterías de vehículo eléctrico genera externalidades positivas en otros sectores de actividad.

La cadena de valor del reciclaje de baterías de vehículo eléctrico genera externalidades positivas en otras industrias como la cerámica, del vidrio y la farmacéutica, pudiendo ser fuente de suministro de materias primas secundarias como el litio que demandan dichas industrias.

Retos y oportunidades para el sector del reciclaje

El rol del reciclaje para satisfacer la demanda futura de materias primas utilizadas en tecnologías que apoyen la transición verde es clave.

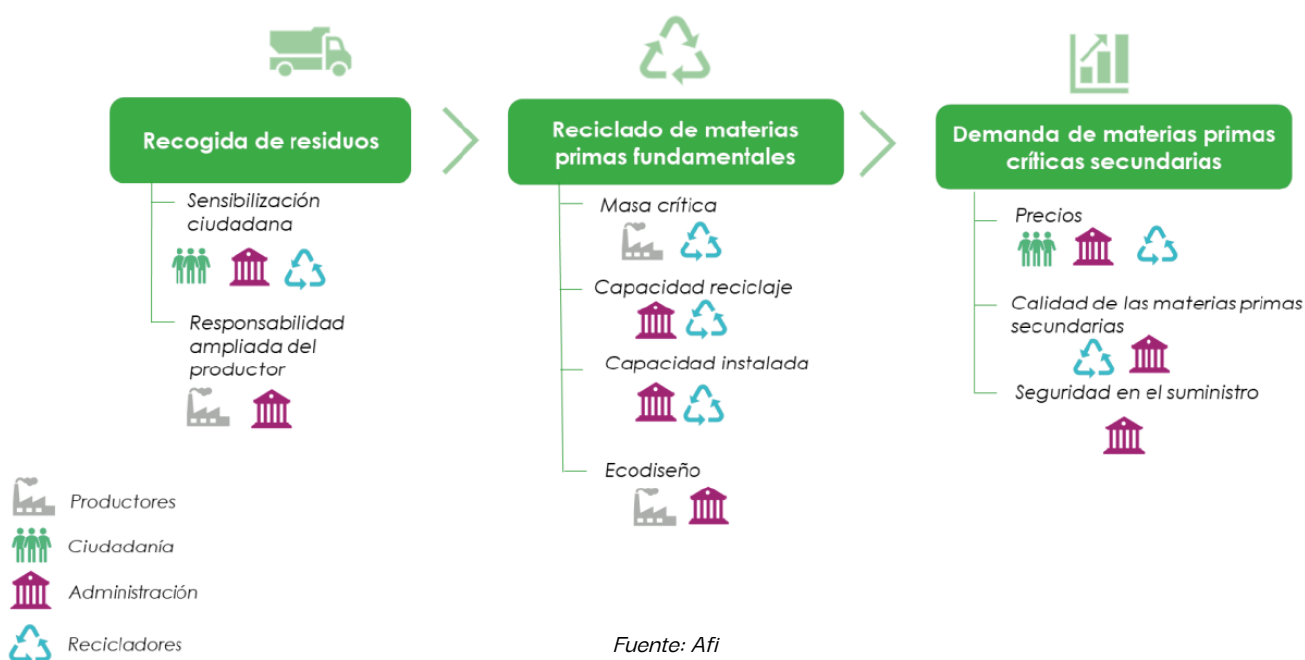
El reciclaje cuenta con un rol destacado de cara a satisfacer la demanda futura de materias primas (minerales) empleadas en distintas tecnologías que impulsan la descarbonización (sin menoscabo de que la extracción mineral seguirá siendo necesaria) (Banco Mundial, 2020). La producción de materias primas secundarias todavía representa una pequeña porción de la demanda total de materiales críticos empleados en tecnologías limpias.

¹⁰ Por ejemplo, la industria farmacéutica española, generó más de 6.400 millones de euros de valor añadido bruto en 2022, según datos del INE.

La industria del reciclaje en España enfrenta importantes retos en los próximos años para continuar apoyando la transición verde en la que nuestra economía se encuentra inmersa. Se espera que el sector gestione volúmenes crecientes de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, así como también de baterías de vehículos eléctricos. Al mismo tiempo, estos desafíos representan oportunidades para mejorar y fortalecer la cadena de valor de esta industria del reciclaje, a la par que contribuir a un suministro más sostenible de materias primas fundamentales para las que España, y el conjunto de Europa, son dependientes del exterior.

En este contexto, se pueden perfilar una serie de aspectos sobre los que actuar para mejorar las capacidades de reciclaje y seguir impulsando la transición hacia una economía más sostenible y eficiente. Las potenciales iniciativas a desarrollar no solo involucran a la propia industria, sino también requieren de la colaboración de distintos agentes del ecosistema, incluyendo las instituciones públicas y la sociedad en su conjunto. En la Figura 3 se sintetizan dichos aspectos.

Figura 3- Componentes destacados, para la adopción de medidas, dentro de la cadena de valor de la industria del reciclaje de RAEE y baterías de VE en España



En lo que respecta a la actividad de reciclado de materias primas fundamentales, a continuación, se resumen algunos de los retos destacados a los que ha de hacer frente la industria y de los que derivan oportunidades para impulsar inversiones y otras actuaciones de cara a reforzar las capacidades actuales de reciclado. Esta reflexión sobre retos y oportunidades se apoya en el análisis previo, así como

en entrevistas realizadas a expertos de la cadena de valor del reciclaje de RAEE y pilas.

Volumen y composición de los residuos

Uno de los desafíos para la implementación de soluciones para la recuperación y tratamiento de materiales contenidos en las baterías de vehículo eléctrico usadas y en determinados RAEE pasa por contar con una masa crítica de residuos. Es decir, para hacer viable el tratamiento y reciclado es necesario tener inputs suficientes.

Como se mencionaba con anterioridad, en el caso de las baterías de VE, hay que tener en cuenta que todavía son reducidos los volúmenes de flujos de este tipo de baterías que han llegado al final de su vida útil, dado el carácter reciente de los procesos de electrificación de las flotas de vehículos en España. A ello se suma la heterogeneidad en la composición de las baterías y aparatos eléctricos y electrónicos, la variabilidad a lo largo del tiempo en esa composición, así como otras limitaciones que afectan al diseño de los productos y que hacen más complejo el posterior tratamiento de los residuos para poder recuperar las materias primas fundamentales contenidas en los mismos. Con ello, las exigencias en materia de flexibilidad y capacidad adaptativa de los procesos de tratamiento de los residuos son elevadas.

Si bien la Inteligencia Artificial y la robótica están facilitando algunos procesos para la identificación y selección de distintos tipos de materiales, es fundamental diseñar productos que tengan en cuenta su futura reciclabilidad (ecodiseño), así como disponer de información transparente a lo largo de la cadena de valor (trazabilidad), de modo que, los residuos puedan ser desmantelados y reciclados de manera eficiente.

Un avance destacado en esta dirección es la introducción del pasaporte digital de baterías, recogido en el nuevo Reglamento de la UE sobre pilas y baterías¹¹. Este pasaporte será obligatorio para todas las baterías con una capa-

Uno de los retos asociados a la viabilidad y eficiencia de los procesos de reciclaje se refiere al volumen (masa crítica) y composición de los residuos. Para abordarlo, resulta esencial aprovechar las nuevas tecnologías de IA y robótica, así como seguir trabajando en materia de ecodiseño y sistemas de información. El pasaporte digital de baterías facilitará la trazabilidad y recuperación de los materiales.

¹¹ Reglamento (UE) 2023/1542 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 2023, relativo a las pilas y baterías y sus residuos y por el que se modifican la Directiva 2008/98/CE y el Reglamento (UE) 2019/1020 y se deroga la Directiva 2006/66/CE.

ciudad superior a 2 kWh que se comercialicen a partir del 18 de febrero de 2027. Estas baterías deberán incluir un código QR en su etiquetado, que proporcionará acceso al pasaporte del producto, facilitando su trazabilidad y optimizando el tratamiento de los materiales que contiene.

Capacidad de reciclado

Un reto destacado para impulsar el reciclado de las materias primas fundamentales está vinculado con el tratamiento de la denominada black mass, rica en minerales. Esta hace referencia al contenido resultante del reciclaje de baterías, obtenido tras procesos como el desmontaje, la separación de plásticos y metales, y la trituración. El objetivo final es separar los metales con la mayor pureza posible y de forma eficiente, para lo que están desarrollándose nuevos procesos.

Otro factor importante para el desarrollo e implementación de nuevos métodos de reciclado descansa en el capital humano (talento). El principal reto en este sentido está ligado a la atracción de talento especializado, que pueda contribuir al desarrollo y aplicación de distintas técnicas vinculadas con el tratamiento y reciclaje de estas materias primas fundamentales. Así, resulta conveniente impulsar programas de formación e investigación, así como la colaboración entre, por una parte, centros educativos / universidades y, por otra, centros de investigación, tecnológicos y otras empresas de la cadena de valor del reciclaje, para adaptar la formación de perfiles técnicos a las necesidades de la cadena de valor.

Adicionalmente, hay que hacer referencia a la inversión en innovación y capacidad instalada, y a la colaboración público-privada. Actualmente se están implementando distintos proyectos de investigación, desarrollo e innovación para desarrollar soluciones eficientes que permitan recuperar las materias primas fundamentales de los residuos. Aunque muchos de ellos todavía se encuentran en fases

El desarrollo de programas de formación y la atracción de talento especializado, así como el fortalecimiento del ecosistema de I+D y garantizar una infraestructura que permita llevar a cabo proyectos piloto y apoyar la investigación aplicada para dotarse de suficientes capacidades de reciclado (tratamiento de la black mass) son necesarios.

tempranas de desarrollo tecnológico, es importante reforzar el ecosistema de I+D y apostar por dotarse de la infraestructura necesaria para impulsar proyectos piloto y apoyar la investigación aplicada (avances en innovación).

En este contexto, se están canalizando fondos públicos hacia proyectos de I+D que buscan desarrollar soluciones innovadoras para el reciclaje de tecnologías vinculadas a la energía limpia, contribuyendo a la transición verde. Un ejemplo destacado es el Proyecto Es-

tratégico para la Recuperación y Transformación Económica del Vehículo Eléctrico (PERTE VEC), financiado con los fondos europeos Next Generation. En este marco, se han concedido ayudas a iniciativas que promueven la producción de baterías para vehículos eléctricos, el desarrollo de nuevos prototipos de baterías y pilas de combustible, así como proyectos que extienden la vida útil de las baterías.

En la segunda convocatoria de ayudas del PERTE VEC, han resultado beneficiarios proyectos como el de la construcción de una planta de reciclaje de baterías en Navarra, que recibió 1,6 millones de euros de financiación. También se ha apoyado un proyecto centrado en desarrollar un nuevo proceso para el reciclaje y la reutilización de baterías de litio de vehículos eléctricos, además de investigar nuevos métodos para la separación del grafito de los óxidos de metales. Este último proyecto ha recibido una subvención de 0,85 millones de euros del PERTE VEC.

Otra iniciativa financiada con fondos europeos es el proyecto Free4Lib, en el que participa Ecopilas. Involucra a siete países y que tiene como objetivo el desarrollo de procesos sostenibles y eficientes para el reciclaje de baterías de iones de litio al final de su vida útil. Estos procesos incluyen: el desmantelamiento, el pretratamiento y otras fases de recuperación de materiales, específicamente de materias primas críticas contenidas en las baterías. Asimismo, el proyecto BATRAW, promovido por un consorcio europeo con fondos de la UE, y en el que también participa Ecopilas está orientado al desarrollo de una nueva tecnología para el reciclaje de baterías de VE y la recuperación de materias primas fundamentales contenidas en ellas. Por su parte, el proyecto RENOVATE busca desarrollar soluciones de economía circular para la cadena de valor europea de las baterías. En última instancia, este proyecto está destinado a reciclar y reutilizar el 100% de los componentes de las baterías y los flujos industriales secundarios, para reducir el consumo de materias primas vírgenes.

La canalización de fondos públicos hacia este tipo de proyectos que permitan desarrollar soluciones de reciclado, en estas fases tempranas de madurez tecnológica, es fundamental para que puedan llevarse a cabo.

La limitada madurez tecnológica de los procesos y el elevado riesgo de las inversiones, apelan a impulsar distintos esquemas de financiación y de colaboración público-privada, que faciliten el desarrollo del eslabón de reciclado dentro de la cadena de suministro de materias primas críticas. La Ley Europea de Materias Primas Fundamentales prevé además la simplificación y agilización de los trámites para la concesión de autorizaciones de proyectos de reciclado que se consideren estratégicos.

Entre los esquemas o soluciones de financiación que se pueden promover a escala europea estarían: (i) creación de un fondo en el que participen tanto gobiernos como inversores privados para financiar grandes proyectos transfronterizos, (ii) cofinanciación de inversiones por parte del Banco Europeo de Inversiones, con posibilidad de incluir criterio de "hecho en la UE" al otorgar esta financiación, y (iii) diseño de un fondo de fondos específico para invertir en ámbitos de la cadena de valor de las materias primas fundamentales que no cuentan con apoyo financiero de la UE (Draghi, 2024).

Además, de cara al progresivo despliegue de capacidad instalada en España para desarrollar el eslabón del reciclado, dentro de la cadena de valor del suministro de materias primas críticas, otros apoyos y la colaboración público-privada son necesarios. Dichos apoyos incluyen la simplificación de los trámites de concesión de autorizaciones.

En virtud de la aplicación de la Ley Europea de Materias Primas Fundamentales "en el caso de los proyectos estratégicos que requieran únicamente el procesamiento o el reciclado, la duración del proceso de concesión de autorizaciones no debe exceder de quince meses". A estos efectos, se prevé la identificación (por parte de la Comisión Europea y del Consejo Europeo de Materias Primas Fundamentales) como estratégicos de proyectos destinados a "iniciar o expandir la extracción, el procesamiento o el reciclado de materias primas estratégicas", que verifiquen los siguientes requisitos: que refuercen la seguridad de suministro de dichas materias primas, que sean técnicamente viables y que sean medioambiental y socialmente sostenibles.

Mercado de materias primas secundarias

Como ha quedado reflejado a lo largo del informe, garantizar el suministro de materias primas recicladas tanto en la actualidad como en el futuro es un aspecto crucial para que las industrias puedan operar de manera efectiva y sostenible. A medida que se desarrolla el marco normativo y se establecen cuotas mínimas de contenido reciclado en la fabricación de productos, es fundamental asegurar el acceso a una cantidad suficiente de estos materiales para cumplir con las demandas del mercado.

La propia Ley Europea de Materias Primas Fundamentales sienta las bases sobre las que la industria debe apoyarse para asegurarse un suministro continuo y sostenible corto, medio y largo plazo, reduciendo la dependencia del exterior y diversificando las fuentes de suministro actuales.

Con la finalidad de aprovechar las economías de escala y mejorar la rentabilidad del reciclado, cabría evaluar el desarrollo de un mercado único de materias primas secundarias, que refuerce la autonomía estratégica de la UE y ponga en valor un importante activo: las materias primas críticas recicladas.

Las materias primas secundarias serán también un activo importante y se plantea la posibilidad de generar un mercado único de residuos (aunque hay que considerar las limitaciones en materia de traslados) y materiales reciclados, como vía para mejorar la rentabilidad del reciclaje teniendo en cuenta la generación de economías de escala (Draghi, 2024). No obstante, el desarrollo de este mercado único requeriría de una serie de medidas de acompañamiento para establecer sistemas de incentivos sobre infraestructuras y procesos del reciclaje, así como sobre el uso de materias primas recicladas, además de mecanismos de gestión de las dinámicas competitivas para garantizar igualdad de condiciones, velando por la seguridad y controlando los impactos sociales y medioambientales, entre otros.

Referencias bibliográficas

- Agencia Internacional de la Energía. (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions.
- Agencia Internacional de la Energía. (2023). Critical Minerals Market Review 2023.
- Almeida Neves, S., Marques, A. C., & Silva, I. P. (2024). Promoting the circular economy in the EU: How can the recycling of e-waste be increased? Structural Change and Economic Dynamics, 70, 192-201.
- Banco Mundial (2020). Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition.
- Comisión Europea (2023a). Sistema de Información sobre Materias Primas (RMIS). (Versión RMIS 3.0, marzo 2023).
- Comisión Europea (2023b). Study on the critical raw materials for the EU.
- Comisión Europea. (2023c). Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study. Publications Office of the European Union.
- Draghi, M. (2024). The future of European competitiveness.
- Gobierno de España. (2015). Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Boletín Oficial del Estado, 45. 15773-15821.
- Gobierno de España. (2022). Real Decreto 993/2022, de 29 de noviembre, por el que se establecen los procedimientos y requisitos de la autorización de traslados

de residuos en el interior del territorio del Estado. Boletín Oficial del Estado, 287, 165284-165307.

- International Resource Panel. (2023). Global Material Resources Outlook to 2060. United Nations Environment Programme.
- Lallana, M., Torrubia, J. y Valero A. (2023). Minerales para la transición energética y digital en España: demanda, reciclaje y medidas de ahorro. Publicación de Amigos de la Tierra e Instituto Universitario de Investigación Mixto CIRCE - Universidad de Zaragoza.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2022). Marco estratégico de energía y clima: Hoja de ruta para la gestión sostenible de las materias primas minerales.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023a). Reglamento (UE) 2023/1542 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a las pilas y baterías y a sus residuos, por el que se establecen requisitos de sostenibilidad, seguridad, etiquetado e información, y se deroga la Directiva 2006/66/CE y la Decisión (UE) 2019/2017. Diario Oficial de la Unión Europea, L191, 1-142.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023b). Reglamento (UE) 2023/1606 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a las materias primas críticas. Diario Oficial de la Unión Europea, L245, 1-56.
- Righetti, E., y Rizos, V. (2024). Reducing supply risks for critical raw materials: Evidence and policy options. CEPS In-Depth Analysis.

Agradecimientos

La elaboración del presente estudio sobre las tendencias en la industria del reciclaje de RAEE y pilas en España ha contado con las aportaciones de destacados expertos de la cadena de valor de esta industria. Es por ello que queremos trasladar un sincero agradecimiento, por sus valiosas contribuciones (trasladadas a través de entrevistas) y por compartir su visión sobre los principales retos y oportunidades para la recuperación y reciclado de las materias primas fundamentales contenidas en los RAEE y las baterías de vehículo eléctrico, a los siguientes profesionales:

- **Amaya Arteche**, responsable de estrategia en Economía Circular, en TECNALIA.
- **Félix López**, investigador científico en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- **Guillermo Sánchez Plaza**, director de tecnología en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).
- **Juan Manuel Pérez**, director del departamento de Almacenamiento de Energía Eléctrica en el Centro Ibérico de Investigación en Almacenamiento energético (CIIAE).
- **Marta Gómez**, investigadora del área de Economía Circular en el Centro Tecnológico CARTIF.
- **Vasileios Rizos**, investigador asociado y responsable de Recursos Sostenibles y Economía Circular en CEPS (Centre of European Policies).

Anexo

Nota meto doló gica

Anexo – Nota metodológica

Estimación de la relevancia económica de la industria de reciclaje de RAEE y pilas

La estimación de la relevancia de las actividades del reciclaje de RAEE y pilas en la economía española se ha realizado a través del análisis "Input-Output", una metodología desarrollada por el economista Wassily Leontief (Premio Nobel de Economía en 1973) y cuyo uso está muy extendido en este tipo de ejercicios de análisis sectorial. Las tablas Input-Output (TIO), elaboradas en España por el INE, son una representación simplificada de la estructura económica y permiten conocer los siguientes elementos:

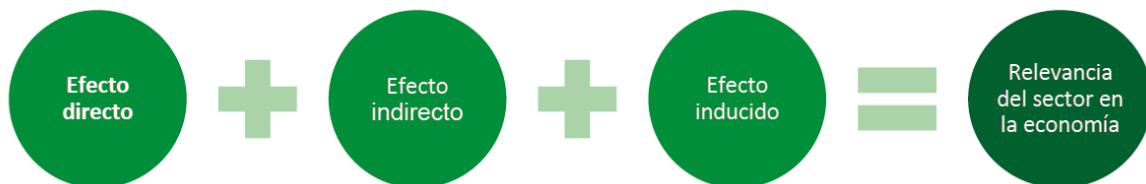
I. Las dependencias intersectoriales. Por un lado, permite conocer la cantidad de consumos intermedios que necesita cada sector de actividad para producir una unidad, así como el origen sectorial de esos consumos intermedios. En otras palabras, el efecto arrastre hacia atrás. Por otro lado, permite conocer la parte de la producción de cada sector que se dedica a responder a la demanda final, y la parte destinada a la demanda intermedia, es decir, la parte que se provee como consumos intermedios para la producción de otras actividades (el efecto arrastre hacia delante). Cabe además indicar que, si bien la economía evoluciona de manera ininterrumpida y está sujeta a cambios coyunturales constantes, la estructura productiva de un país tiende a registrar alteraciones con mayor lentitud. Por ello, las relaciones o dependencias intersectoriales reflejadas en las TIO presentan un carácter estructural.

II. La modelización de shocks. El diseño de las TIO permite estimar el impacto que un shock de la actividad genera en la economía en general. Dicho shock puede provenir de variaciones en el consumo de los hogares, en la inversión, en el gasto público, en las exportaciones, o en las importaciones. Las TIO permiten conocer el impacto de dicho shock en cada una de esas partidas, así como los efectos en la generación de rentas (trabajo y capital). El detalle estadístico por sector permite la obtención de una desagregación sectorial de cada uno de los impactos estimados.

III. Estimación de la relevancia económica de un sector. La información relativa a las dependencias intersectoriales, unida a los resultados de la modelización de shocks permite estimar la contribución de un sector productivo en el total de la actividad económica. El análisis de las tablas Input-Output determina que el impacto de un sector en la economía será el resultado de un cúmulo de tres efectos interrelacionados entre sí:

- Efecto directo: impacto directo de las actividades de recogida y tratamiento de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, y de pilas.
- Efecto indirecto: impacto en los sectores que suministran bienes o servicios intermedios a las actividades afectadas por el impacto directo, para que estas puedan desarrollarse.
- Efecto inducido: resultado del giro de las rentas (salarios y excedentes empresariales) generadas por los impactos directo e indirecto en el conjunto de la economía

Estimación del peso del sector en la economía, a través del análisis Input-Output



Fuente: Afi

El impacto agregado de los tres efectos mencionados suele medirse en términos de: Valor Añadido Bruto (VAB), una magnitud similar al PIB (siendo este equivalente a la suma del VAB y los impuestos indirectos sobre los productos, menos las subvenciones), y empleo, cuantificado en número de ocupados equivalentes a tiempo completo.

Además, es posible calcular la aportación a las arcas públicas correspondiente a la actividad ejercida por la industria del reciclaje, aplicando los tipos medios de los siguientes impuestos y contribuciones: Impuesto de Sociedades, Impuesto

sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF), Impuesto al Valor Añadido (IVA) y las Cotizaciones Sociales.

Por último, cabe indicar que para la estimación de la relevancia de las actividades de reciclaje de RAEE y pilas en la economía española se ha utilizado la cifra de negocios de los principales operadores de esta industria, incluyendo los sistemas de responsabilidad ampliada del productor, a partir de sus últimas cuentas anuales (base de datos del Registro Mercantil).



C Orense, 62. 28020 MADRID
T 91 417 08 90
F 91 555 03 62
recyclia@recyclia.es



www.recyclia.es