

// PRESENTACIÓN

II INFORME ANUAL RECYCLIA

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

NOVIEMBRE de 2021 ¹¹
2021



Afi



II INFORME ANUAL RECYCLIA

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

Estudio realizado por



para





Luis Pérez Bermejo
Presidente de RECYCLIA

Los retos a los que ha de hacer frente la economía española para impulsar las transiciones verde y digital, junto al complejo escenario post pandemia pasan ineludiblemente por avanzar en el desarrollo de un esquema productivo circular, el caldo de cultivo idóneo para el desarrollo de nuevos modelos de negocio. Ello exige reforzar la capacidad competitiva del sector de gestión de residuos y, siendo aún más concreto, de la recogida selectiva y el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos en desuso, el flujo que más rápido crece y también el más valioso, en términos de las materias primas críticas que contienen.

A grandes rasgos, son tres los motivos fundamentales para acometer esta empresa, tal y como viene a demostrar la segunda edición de nuestro Informe Anual de Tendencias en la industria del reciclaje de RAEE y pilas en España, el cual es una satisfacción poner en vuestras manos.

El primer motivo es la contribución contrastada de la industria de reciclaje de residuos electrónicos y pilas a la modernización de nuestra economía, con un impacto que no deja de crecer y que por el momento no tiene techo, alcanzando los 1.100 millones de euros en 2019, un 15,7% más el año anterior.

El segundo motivo se justifica de forma contundente en la siguiente afirmación: España ya necesita dos veces y media su superficie para satisfacer la demanda de recursos naturales, según el Ministerio para la Transición Ecológica. En este

sentido, la mejora en la recuperación y reciclaje de los residuos electrónicos y las pilas -una actividad conocida como minería urbana- permitiría reducir nuestra dependencia del exterior en el abastecimiento de materias primas críticas, así como proteger nuestro entorno natural de las agresiones de la extracción y la contaminación.

Por último y como tercer motivo para reforzar la capacidad competitiva de nuestro sector, pero desde luego no menos importante, hemos de señalar la madurez tan extraordinaria que ha alcanzado la conciencia ambiental de los españoles; un nivel de robustez tal, que nos ha permitido sortear una crisis impredecible como la ocasionada por la Covid-19. Desde otra perspectiva, esa robustez general de nuestra conciencia social nos ha permitido sortear una crisis impredecible como la ocasionada por la Covid-19.

A este respecto, el informe destaca que España supera tanto en índice de recogida como de reciclaje de residuos electrónicos a países de mayor tradición en la gestión de residuos como Francia, Alemania, Italia o Dinamarca. En concreto, según los últimos datos disponibles, en 2018, en España se recogieron 320.000 toneladas de residuos electrónicos, lo que se traduce en el 51% de los aparatos puestos en el mercado. Además, nuestro país logró a su vez reciclar el 44% de esos residuos, situándose por encima del promedio europeo del 38%.

Por último, sólo me queda invitarles a recorrer las principales conclusiones de este informe y expresarles nuestro compromiso de que dentro de un año acometeremos su tercera edición, una responsabilidad que como líderes de esta actividad, el reciclaje, hemos adoptado como obligación.



José Pérez García
*Consejero Delegado
de RECYCLIA*

Hace ahora un año presentamos el primer Informe Anual Recyclia sobre tendencias en la industria del reciclaje de RAEE y pilas en España. En su anuncio ya esgrimimos las razones de afrontar un reto de estas características amparándonos en nuestra experiencia desarrollando esta actividad en nuestro país durante más de una década y otorgándonos, por lo tanto, el privilegio de ser una de las entidades pioneras en ella. Pues bien, me llena de satisfacción compartir esta segunda edición que, de alguna manera, viene a confirmar la aceptación de este reto y nuestra voluntad de seguir contribuyendo a los otros muchos a los que se enfrenta nuestra economía y nuestra manera de vivir, más aún en estos tiempos de cambio y de asunción de un nuevo modelo productivo circular y verde.

Y esta edición, además, tiene una especial trascendencia para nosotros, e intu-
yo que, para todos, teniendo en cuenta el esfuerzo extra que para este sector han representado las circunstancias que han rodeado la actividad económica desde marzo de 2020, como consecuencia de la crisis sanitaria provocada por la pandemia COVID-19. Quiero aprovechar estas líneas también para agradecer y reconocer ese esfuerzo y, sobre todo para recordar a todas las personas que, desgraciadamente, nos han abandonado como consecuencia de esta crisis.

El informe que tenemos el placer de poner a su disposición está dividido en cinco partes fundamentales. La primera de ellas, dedicada a analizar los principales indicadores del sector de reciclaje de RAEE y pilas en España y una segunda que hace referencia al peso económico de este sector a la economía española. Las secciones tercera y cuarta profundizan en las tendencias sectoriales con especial

foco en los paneles fotovoltaicos y las baterías de litio, dos de los residuos con mayor proyección de futuro a tenor de los retos que plantea el modelo energético nacional y la nueva movilidad verde que se perfila en el mundo. Por último, el quinto bloque analiza las oportunidades que para esta industria representa la ejecución del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno para canalizar los fondos Next Generation.

Dada la brevedad que exige este texto, permitidme destacar una serie de ideas que muestran la evolución de nuestro mercado. Así, y volviendo a mencionar la crisis sanitaria, es obligatorio si hablamos de 2020, señalar que la demanda de aparatos eléctricos y electrónicos no se estancó a pesar del parón que impuso el confinamiento. Muy por el contrario, el crecimiento fue del 1,8% respecto a 2019, al que contribuyó de manera destacada el segmento doméstico, con un incremento del 5,8%. Igualmente ocurrió en el segmento de pilas, ya que, durante 2020, la cantidad de ellas puestas en el mercado, creció un 4,1%.

Destaco estas cifras porque la conclusión que extraemos de ellas es que, pase lo que pase en el mundo, la demanda de este tipo de elementos crece y, consecuentemente, también lo hace la necesidad de su gestión al final de su vida útil, de ahí el valor de nuestra actividad y más aún en el entorno en el que la sostenibilidad y la lucha contra el cambio climático se extiende inexorablemente a lo largo y ancho de todo el planeta.

De hecho, y si tomamos como referencia los últimos datos disponibles, en 2019, el conjunto de actividades vinculadas al sector del reciclaje de RAEE y pilas en nuestro país generó un valor añadido bruto de más de 1.100 millones de euros, se tradujo en 19.000 puestos de trabajo y aportó a las arcas públicas más de 170 millones de euros.

No quiero extenderme más y les invitó a leer detenidamente las páginas de este informe, no solamente para tener una foto fija y precisa sobre nuestro presente, sino también para vislumbrar nuestro futuro, más aún, y como he mencionado anteriormente, teniendo en cuenta el nuevo marco socioeconómico y legislativo que definirán los años venideros y en los que este sector jugará, cada vez más, un papel transcendental.

Muchas gracias.

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	24
Tendencias y expectativas sobre la generación y gestión de residuos de paneles fotovoltaicos	27
Tendencias y expectativas sobre la generación y gestión de baterías de litio usadas	35
Contribución a la sostenibilidad y a la modernización de la economía española	38
Conclusiones	42
Referencias bibliográficas	44
Agradecimientos	45
Anexo I –Estimación de la relevancia económica de la industria de reciclaje de RAEE y pilas	46
Anexo II – Estimación de los flujos esperados de residuos de paneles fotovoltaicos	48

Índice de tablas, figuras y gráficos

TABLAS

Tabla 1 - Unidades de AEE puestos en el mercado en España, 2020	16
Tabla 2 - Toneladas de AEE puestos en el mercado en España, 2020 (kilotoneladas)	17
Tabla 3 - Pilas y acumuladores portátiles puestos en el mercado en España, 2020	21
Tabla 4 - Pilas, acumuladores y baterías de automoción puestos en el mercado en España, 2020	21
Tabla 5 - Pilas, acumuladores y baterías industriales puestos en el mercado en España, 2020	22
Tabla 6 - Desglose de la contribución a las arcas públicas de la actividad de reciclaje de RAEE y pilas	26
Tabla 7 - Síntesis de inversiones destacadas, previstas en el Plan de Recuperación	41

FIGURAS

Figura 1 - Desagregación del peso económico de la actividad de las empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas, por tipo de efecto	25
Figura 2 - Contribución económica de la actividad de las principales empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas en España	27

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolución de kt de AEE puestos en el mercado en España, 2016 – 2020	18
Gráfico 2 - Recogida de RAEE en 2018, porcentaje sobre lo puesto en el mercado durante los 3 años anteriores	19
Gráfico 3 - AEE puestos en el mercado y recogida de RAEE, kilos por habitante	19
Gráfico 4 - Reciclaje de RAEE en 2018, porcentaje sobre lo puesto en el mercado durante los 3 años anteriores	20
Gráfico 5 - Evolución de kt de PYA puestas en el mercado en España, 2017 - 2020	22
Gráfico 6 - Evolución de toneladas de residuos de PYA recogidas en España, 2010 – 2018	23
Gráfico 7 - Capacidad solar instalada en 2020 (vatios per cápita), top-10 países	29
Gráfico 8 - Proyecciones de instalación de capacidad solar (GW), 2021-2025, top-10 países	29
Gráfico 9 - Volumen anual de residuos de paneles fotovoltaicos en España, toneladas	31

Resumen ejecutivo

Esta segunda edición del "Informe anual Recyclia sobre tendencias en la industria del reciclaje de RAEE y pilas en España" pretende proseguir con el análisis iniciado el año pasado acerca de la situación del sector, así como retos y oportunidades que se proyectan sobre el mismo. El informe busca así contribuir a dar visibilidad a una industria en la que también confluyen dos prioridades de la economía española: la sostenibilidad y la transformación digital.

Cifras clave del sector

- La demanda de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) continuó creciendo en España a lo largo de 2020 a pesar de la pandemia de la Covid-19. El número de AEE puestos en el mercado el año pasado creció un 1,8% respecto a 2019. Este crecimiento ha estado liderado por el segmento doméstico (+5,4%), impulsado, entre otros, por la necesidad de dotarse de nuevos equipos para la realización de actividades en remoto (teletrabajo, educación a distancia, etc.). Mientras, el segmento profesional de AEE experimentó en 2020 una contracción del 9,5%, fruto de la reducción de la actividad debido a los periodos de confinamiento y a las restricciones ocasionadas por la situación de la COVID.
- La cantidad de pilas y acumuladores portátiles puestos en el mercado se incrementó en 2020 en un 4,1% interanual, con un comportamiento heterogéneo en función de la tipología. Por otro lado, la paralización de la actividad y de los pedidos industriales durante el confinamiento del segundo trimestre de 2020 se ha traducido en que, respecto a 2019, el número de baterías de automoción introducidas en el mercado se contrajo un 3,5% y el de baterías industriales un 31%.
- España cumplió en 2018 (último dato disponible) con los objetivos de recogida de RAEE establecidos por la Unión Europea, mejorando los registros de Alemania, Francia, Reino Unido e Italia, si bien la cantidad de AEE puesta en el mercado por habitante es sensiblemente menor en España a la registrada en los principales países europeos.

Contribución económica del reciclaje de RAEE y pilas en España

- El conjunto de actividades vinculadas al sector del reciclaje de RAEE y pilas en España generó en 2019 un valor añadido bruto (VAB) de más de 1.100 millones de euros, contribuyendo al mantenimiento de 19.000 puestos de trabajo y aportando a las arcas públicas más de 170 millones de euros.
- Las principales empresas dedicadas a la recogida, tratamiento y reciclaje de RAEE y pilas tuvieron en 2019 un impacto directo de 400 millones de euros de VAB. Ello equivale a un 15,7% más que en 2018, permitiendo que los RAEE y las pilas ya supongan el 6,5% del total del valor del sector de recogida, tratamiento y eliminación de residuos en España.
- El proceso de transformación digital junto con la creciente concienciación medioambiental se está traduciendo en un rápido desarrollo de la actividad de reciclado de aparatos eléctricos, electrónicos y pilas en España, anotándose entre 2018 y 2019 un crecimiento tres veces superior al del conjunto del sector del reciclado y cinco veces superior al promedio de la economía española.

Expectativas sobre la generación y gestión de residuos de paneles fotovoltaicos

- La energía solar fotovoltaica se posiciona como uno de los pilares sobre los que se asentará la transición energética hacia la neutralidad climática. El esperado incremento en la demanda de paneles fotovoltaicos, así como el acercamiento al final de la vida útil de otros ya instalados, introduce un reto a futuro sobre la gestión y tratamiento de los residuos de dichos paneles.
- La intensidad futura de la actividad de reutilización y reciclado de paneles fotovoltaicos está, en buena medida, condicionada por los siguientes aspectos:
 - La larga vida útil (alrededor de 30 años) de los paneles, que actualmente no genera un volumen suficiente de residuos que permita obtener economías de escala y que respalde la creación de instalaciones de reciclaje específicas. No obstante, las proyecciones apuntan a que el volumen anual de residuos de paneles alcance las 30.000 toneladas a finales de esta década.

- La composición de los paneles, dado que más de $\frac{3}{4}$ de su peso corresponde a vidrio, y los materiales de elevado valor se encuentran en pequeñas cantidades. Además, existe una falta de armonización en la clasificación de muchos de los componentes de los paneles (necesario desarrollo normativo y fijación de estándares) y una escasa demanda actual de paneles reutilizados, debido a los precios bajos de los nuevos.
 - La posibilidad de que paneles utilizados y descartados por grandes plantas de generación se destinen al autoconsumo (reutilización).
- Los mencionados aspectos están dificultando enormemente el cumplimiento de los objetivos actuales de recogida de los paneles fotovoltaicos (entre 2016 y 2018, solo se recogió el 8,7% de los residuos de paneles puestos en el mercado). En este sentido, resultaría necesario que los paneles fotovoltaicos figuren en una categoría de residuos particular, al que se le apliquen unos objetivos de recogida distintos a los de puesta en el mercado, acordes a sus características propias.

Expectativas sobre la generación y gestión de baterías de litio usadas

- La demanda de baterías de litio está registrando un notable incremento, propiciado por el rápido desarrollo de los vehículos eléctricos, que ya acaparan el 60% de las baterías del mercado, y se espera que su demanda siga creciendo a tasas anuales superiores al 30% durante esta década. El incremento del número de baterías, junto a su rápida velocidad de degradación en los vehículos (su vida útil no excede los 10 años y algunas celdas pueden comenzar a fallar al cabo de 3 años), supondrán a medio plazo importantes volúmenes de baterías usadas.
- Dichas baterías usadas, provenientes de vehículos eléctricos, pueden tratarse, dándoles una segunda vida. En este sentido, destaca el potencial uso para el almacenamiento estacionario de energía. La acumulación de energía en las baterías permite reducir el coste medio del suministro energético, almacenando energía durante los periodos con baja demanda para usarla durante los momentos de alta demanda, aportando más flexibilidad a la red en los tramos horarios de tarifa máxima.
- Así, las menores exigencias en términos de potencia contribuirían a pro-

longar la vida útil de las baterías hasta 10 años adicionales. No obstante, también hay que tener en cuenta que la gran variabilidad en el diseño, tamaño, formato y electroquímica de las baterías que se encuentran en el mercado dificulta y encarece su tratamiento.

Contribución a la sostenibilidad y a la modernización de la economía española

► Los avances en la gestión y el reciclaje de RAEE y pilas tienen el potencial de contribuir a la modernización de la actividad productiva en España, en especial en el actual contexto de transición hacia una economía más sostenible.

► El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno español recoge una clara apuesta por promover la transición verde y el desarrollo de la economía circular. Este Plan movilizará inversiones por más de 140.000 millones de euros hasta 2026, concentrándose en mayor medida en el periodo 2021 – 2023.

► Entre los ámbitos de inversión del Plan se encuentran algunos en los que la industria de la gestión y reciclaje de RAEE y pilas puede involucrarse. En este sentido, cabe mencionar:

Las inversiones para el despliegue del almacenamiento energético, así como la gestión de la segunda vida y el reciclado de los materiales y equipos (Componente 8 del Plan de Recuperación); los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE), tanto de vehículo eléctrico y conectado, como de economía circular (Componente 12); y la construcción de nuevas instalaciones de preparación para la reutilización y el reciclado de residuos (también del Componente 12).

Introducción

El principal objetivo de esta segunda edición del "Informe anual Recyclia sobre tendencias en la industria del reciclaje de RAEE y pilas en España" consiste en dar continuidad al análisis iniciado el año pasado acerca de las principales claves y oportunidades para el sector. Este trabajo pretende contribuir a la divulgación y al conocimiento de una industria en la que confluyen dos de los principales retos que ha de afrontar la economía española: su transición hacia la digitalización y la sostenibilidad.

El presente informe comienza con un análisis de los principales indicadores del sector del reciclaje de RAEE y pilas en España, desde una perspectiva cuantitativa. Así, se presenta la evolución reciente del volumen de los distintos tipos de aparatos eléctricos, electrónicos y pilas puestos en el mercado español; junto con las tasas de recogida y reciclado de los residuos generados, tanto en España como en una comparativa europea.

La segunda sección del informe, relativa al peso económico del sector del reciclaje de RAEE y pilas, representa un ejercicio de actualización de la estimación de la contribución del sector a la economía española. De tal forma que se analiza el avance de la actividad empresarial, así como la aportación del sector en términos de valor añadido, empleo y recaudación fiscal.

Las secciones tercera y cuarta, más orientadas en las tendencias sectoriales, hacen un zoom en dos segmentos específicos, estrechamente vinculados con la transición energética: los paneles fotovoltaicos y las baterías de litio. Ambos se estudian siguiendo una estructura similar, analizando en primer lugar la situación actual de ambos mercados, para posteriormente proyectar las tendencias esperadas a medio plazo en la generación y gestión de los residuos (incluyendo, en el caso de las baterías, la reutilización para uso estacionario), así como la identificación de los retos más destacados a los que ha de hacer frente la industria del reciclaje.

Finalmente, la última sección del informe busca poner de manifiesto las oportunidades para la industria del reciclaje que emanan de la implementación del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno de España. Un plan ambicioso, que conlleva la canalización de un volumen de recursos sin precedentes, contemplando inversiones de las que directa o indirectamente se puede beneficiar la cadena de valor del reciclaje de RAEE y pilas.

Cifras clave del reciclaje de RAEE y pilas en España

Cifras relativas a RAEE

En un contexto marcado por el impacto de la pandemia de la Covid-19, que ha exigido la realización de algunas actividades en remoto (teletrabajo, educación a distancia, etc.) para facilitar la implementación de medidas de seguridad y distanciamiento social, el volumen de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) puestos en el mercado se ha incrementado. Así, para el conjunto de AEE se observa un crecimiento interanual del 1,8%, hasta los 747 millones de unidades en 2020.

Tabla 1 - Unidades de AEE puestos en el mercado en España, 2020

Categoría	Total (Mill. Uds)	Doméstico (Mill. Uds)	Profesional (Mill. Uds)
1 Aparatos de intercambio de temperatura	5,16	4,72	0,44
2 Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas	12,79	12,24	0,55
3 Lámparas	63,57	63,57	0,00
4 Grandes aparatos	52,98	21,01	31,97
5 Pequeños aparatos	362,84	244,63	118,21
6 Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños	239,91	239,91	0,00
7 Paneles fotovoltaicos grandes	10,05	0,00	10,05
Total AEE	747,30	586,07	161,22

Fuente: Afi; Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (RII-AEE).

La cifra global de unidades de AEE introducidos en el mercado español esconde, no obstante, dos tendencias opuestas, vinculadas con las consecuencias de las medidas de contención de la pandemia. Por un lado, la demanda de AEE para uso doméstico se anotó un crecimiento del 5,4%, impulsada por el confinamiento y las restricciones en numerosos servicios de ocio. Destaca el fuerte repunte de las cantidades puestas en el mercado de monitores y pantallas (+27,4%), así como de aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños (+24,2%), teniendo como gran impulsor el crecimiento del teletrabajo. En efecto, en 2020, el 15% de los ocupados españoles teletrabajó ocasionalmente o más de la mitad de los días, frente al 8,3% en 2019, de acuerdo con la Encuesta de Población Activa (INE). El mayor uso de dispositivos electrónicos también tiene su reflejo en otros indicadores, como por ejemplo el incremento de las transacciones de comercio electrónico: 11,6% en 2020 (incluyendo las realizadas en España y las importaciones), según datos de la CNMC.

Por el contrario, la puesta en el mercado de unidades de AEE destinados a uso profesional sufrió una caída del 9,5% respecto a 2019, propiciado por una menor actividad empresarial y también por el incremento del teletrabajo, y la consiguiente disminución del uso y deterioro de los equipamientos eléctricos y electrónicos en las oficinas. Esto se traduce en una reducción de los AEE para uso profesional de 2,7 puntos entre 2019 y 2020, hasta situarse en el 21,6% del total de AEE puestos en el mercado.

En términos de volumen, en 2020 se introdujeron más de 1.042 kilotoneladas de AEE, un 16% más que en 2019 y un 66% más que en 2016, prueba del rápido crecimiento que está experimentando el mercado de este tipo de bienes en nuestro país.

Tabla 2 - Toneladas de AEE puestos en el mercado en España, 2020 (kilotoneladas)

	Categoría	Total (Kt)	Doméstico (Kt)	Profesional (Kt)
1	Aparatos de intercambio de temperatura	198,68	171,61	27,07
2	Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas	53,88	49,83	4,05
3	Lámparas	4,76	4,76	0,00
4	Grandes aparatos	386,89	306,21	80,68
5	Pequeños aparatos	142,54	120,16	22,39
6	Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños	28,91	28,91	0,00
7	Paneles fotovoltaicos grandes	226,49	0,00	226,49
	Total AEE	1.042,16	681,47	360,69

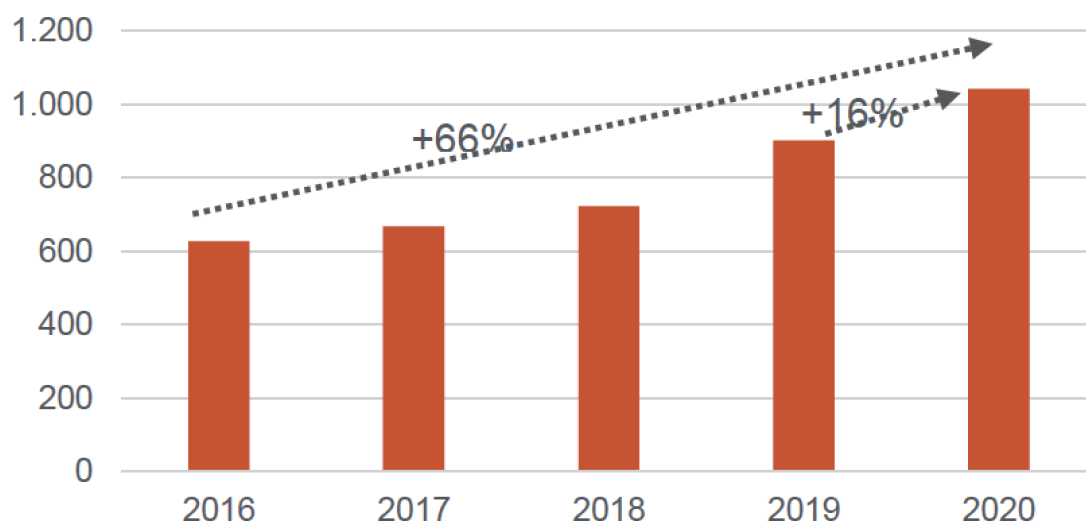
Fuente: Afi; Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (RII-AEE).

En 2020, los aparatos eléctricos y electrónicos fueron introducidos en España por 3.016 productores, el 89,2% de ellos establecidos en nuestro país. Además, la inmensa mayoría, el 96,6%, están adheridos a un sistema colectivo de responsabilidad ampliada del productor (SCRAP).

El crecimiento del volumen de AEE puestos en el mercado tiene su reflejo en unos objetivos de recogida separada de residuos de AEE (RAEE) cada vez más ambiciosos. Así, en 2021, se ha fijado un objetivo mínimo¹ de recogida de 562 kilotoneladas, un 15% superior al de 2020 (489,5 kilotoneladas) que, a su vez, fue un 13,7% superior al de 2019 (430,6 kilotoneladas).

¹ Equivale al 65% de la media del peso de los AEE puestos en el mercado en el trienio anterior (2018 - 2020).

Gráfico 1 - Evolución de kt de AEE puestos en el mercado en España, 2016 - 2020

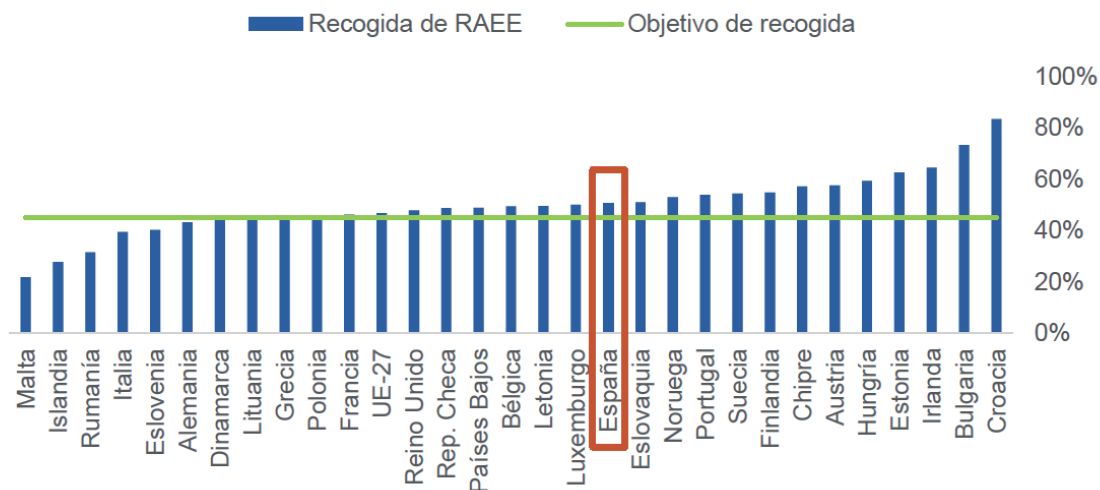


Fuente: Afi; Ministerio para la Transición Ecológica; Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

En 2018, último dato disponible², en España se recogieron 320 kilotoneladas de RAEE, un 11,6% más que el año anterior, lo que supone algo más de la mitad (51%) de las toneladas de AEE puestos en el mercado en el promedio del trienio anterior (2015-2017). El objetivo establecido por la Unión Europea para ese año fue del 45%, con ello, la tasa de recogida de RAEE en España es superior a la media de la UE (47%), situándose también por delante de países como Italia (39%), Alemania (43%) o Francia (46%).

² Eurostat ha alterado en 2021 el calendario de publicación de los datos, debido a un cambio en la propia normativa de publicación de datos y a modificaciones en la legislación relativa al proceso de validación y escrutinio de los datos. Dicha información está prevista que se publique finalmente el 15 de diciembre de 2021.

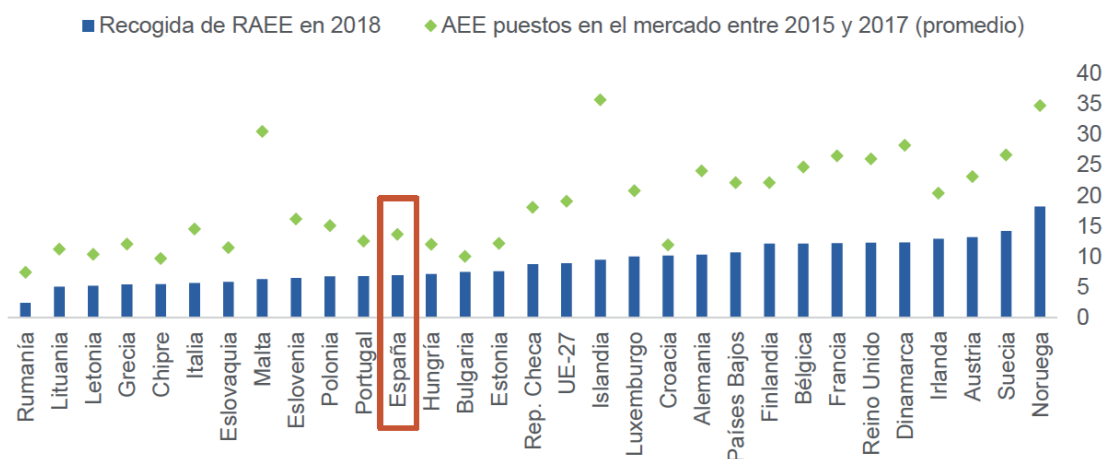
Gráfico 2 - Recogida de RAEE en 2018, porcentaje sobre lo puesto en el mercado durante los 3 años anteriores



Fuente: Afi; Eurostat.

Cabe destacar, no obstante, que el volumen de aparatos eléctricos y electrónicos puestos en el mercado en España durante el trienio de referencia (2015 - 2017) fue relativamente bajo, en comparación con otros países europeos: 6,85 kilos por habitante frente a los 8,9 kilos de media para el conjunto de la UE, y con países como Francia (12,2) casi doblando los registros españoles.

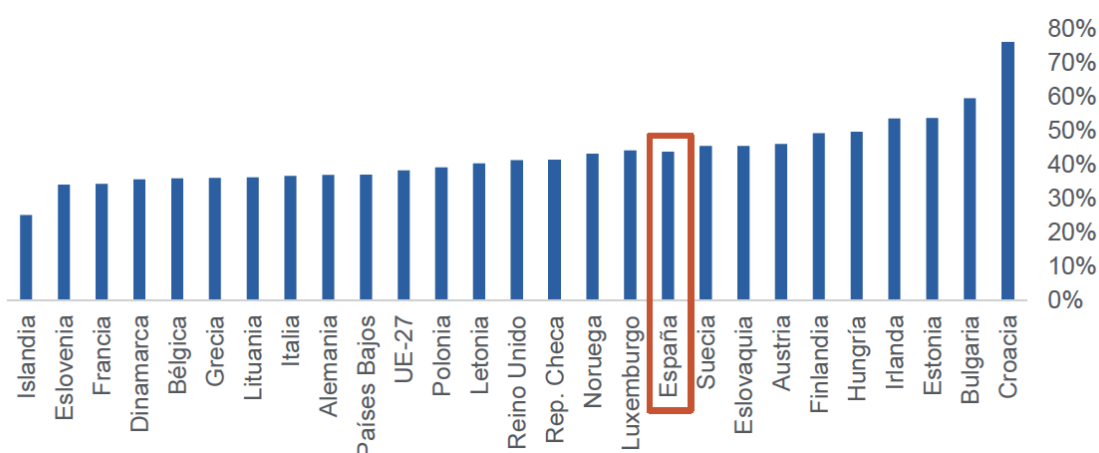
Gráfico 3 - AEE puestos en el mercado y recogida de RAEE, kilos por habitante



Fuente: Afi; Eurostat

Además de recoger en 2018 el 51% de las toneladas de AEE puestos en el mercado en el promedio del trienio anterior (2015-2017), nuestro país logró a su vez reciclar el 44% de esos residuos, situándose de nuevo por encima del promedio europeo (38%), y de países como Francia (34%), Dinamarca (36%) o Alemania (37%).

Gráfico 4 - Reciclaje de RAEE en 2018, porcentaje sobre lo puesto en el mercado durante los 3 años anteriores



Fuente: Afi; Eurostat

Cifras relativas a pilas, baterías y acumuladores

En lo que a pilas, baterías y acumuladores se refiere, España contó en 2020 con 1.467 productores, el 91% de ellos implantados en España. Y al igual que en el caso de los AEE, en su gran mayoría están adheridos a un sistema colectivo de responsabilidad ampliada del productor. En 2020, dichos productores introdujeron en el mercado español 607 millones de pilas, acumuladores y baterías, con un peso de alrededor de 15.000 toneladas, lo que supone un incremento respecto a 2019 del 4,1% en términos de unidades y del 10% en términos de peso.

Tabla 3 - Pilas y acumuladores portátiles puestos en el mercado en España, 2020

Categoría	Cantidad (Mill. Uds)	Peso (t)
Pilas botón.	108,44	214,12
Pilas estándar.	432,94	10.081,59
Acumuladores portátiles.	65,94	4.665,43
Total pilas y acumuladores portátiles	607,33	14.961,14

Fuente: Afi; Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (RII-PYA).

De los 607 millones de unidades puestas en el mercado en 2020, el 71% corresponde a pilas portátiles estándar (433 millones), el 18% a pilas de botón (108 millones) y el 11% a acumuladores portátiles (66 millones). Los datos apuntan a su vez a una evolución heterogénea de la demanda de los distintos tipos de pilas. Mientras que las pilas estándar se anotaron un crecimiento del 8% y los acumuladores portátiles del 4%, la demanda de pilas de botón se contrajo un 8% en 2020 respecto a 2019.

Tabla 4 - Pilas, acumuladores y baterías de automoción puestos en el mercado en España, 2020

Categoría	Cantidad (Mill. Uds)	Peso (t)
Pilas, acumuladores y baterías de automoción.	7,20	125.033,83

Fuente: Afi; Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (RII-PYA).

En lo relativo al mercado de baterías de automoción, en 2020 se introdujeron en España 7,2 millones de unidades, con un peso de 125.000 toneladas. Estos datos suponen una contracción en la demanda del 3,5% (en términos de unidades) respecto a 2019, propiciado parcialmente por la contracción de la actividad industrial durante la primera mitad de 2020 debido a la pandemia de la Covid-19.

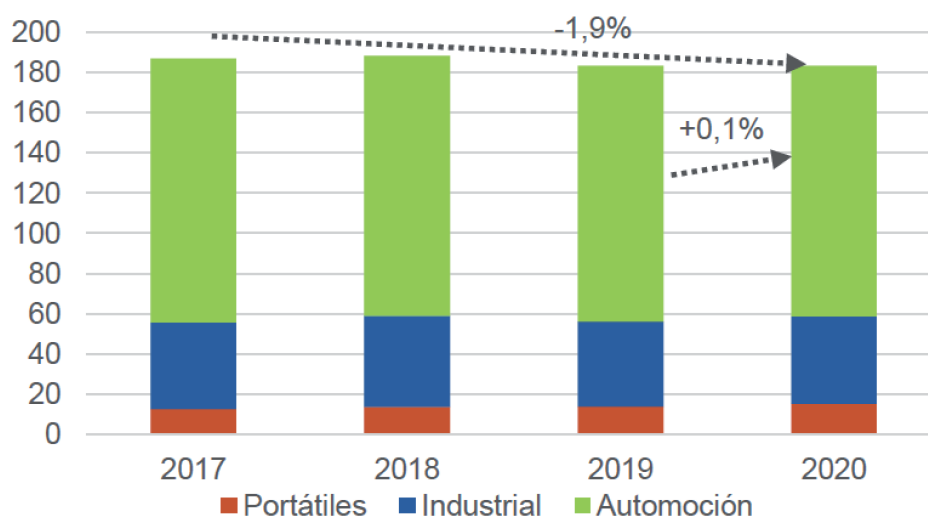
Tabla 5 - Pilas, acumuladores y baterías industriales puestos en el mercado en España, 2020

Categoría	Cantidad (Mill. Uds)	Peso (t)
Pilas, acumuladores y baterías industriales con cadmio.	0,34	543,36
Pilas, acumuladores y baterías industriales con plomo.	2,31	30.040,00
Pilas, acumuladores y baterías industriales sin cadmio y sin plomo.	1,18	12.793,69
Total pilas, acumuladores y baterías industriales	3,83	43.377,05

Fuente: Afi; Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (RII-PYA).

Por otro lado, en 2020 se introdujeron en el mercado español alrededor de 3,83 millones de pilas, acumuladores y baterías industriales, con un peso total de más de 43.000 toneladas. Un 60% de estas baterías están compuestas de plomo, un 9% de cadmio, y otro 31% están libres de cadmio y plomo. La demanda total de pilas, acumuladores y baterías industriales se contrajo en 2020 un 31% respecto a 2019, caída liderada por aquellas unidades que carecen de cadmio y plomo (-56%), evolución marcada por los acontecimientos ligados a la Covid-19 que paralizaron la producción industrial durante buena parte de 2020.

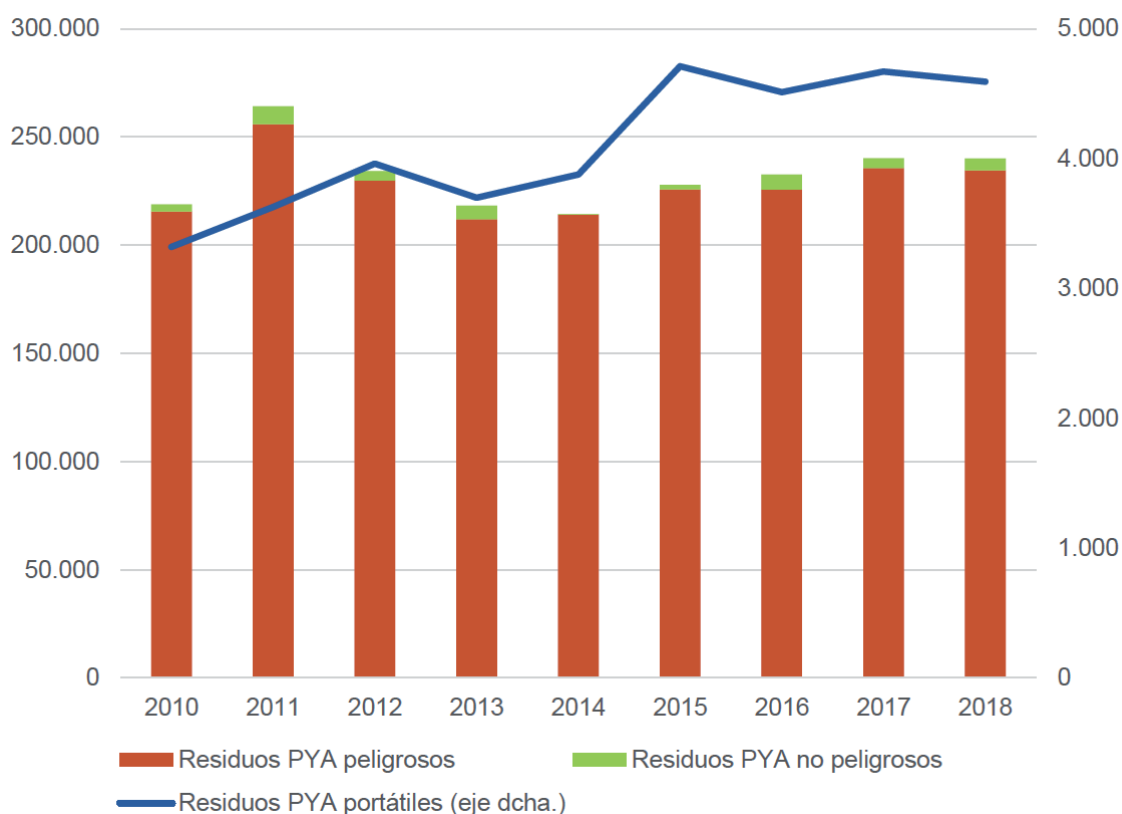
Gráfico 5 - Evolución de kt de PYA puestas en el mercado en España, 2017 - 2020



Fuente: Afi; Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

Los datos de recogida y reciclaje ponen de manifiesto que la práctica totalidad de pilas y acumuladores desechados son recogidos y tratados. En 2018 (último dato disponible), se recuperaron en España alrededor de 240.000 toneladas de pilas y acumuladores (de acuerdo con las Estadísticas sobre recogida y tratamiento de residuos, del INE), una cifra idéntica a la registrada en 2017. Un 98% de las toneladas recuperadas se refieren a residuos de pilas y acumuladores peligrosos (234.537 toneladas en 2018), mientras que el 2% restante son no peligrosos (5.460 toneladas)³.

Gráfico 6 - Evolución de toneladas de residuos de PYA recogidas en España, 2010 - 2018



Fuente: Afi; Eurostat, INE.

³ Se consideran residuos de PYA peligrosos los correspondientes a baterías de plomo, pilas que contienen mercurio y acumuladores de Ni-Cd. Por su parte, son residuos no peligrosos los procedentes de pilas alcalinas sin mercurio, así como cualquier otro tipo de pilas, baterías y acumuladores que no contengan sustancias peligrosas.

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

El impacto económico de las actividades vinculadas con la recogida y el reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, así como de pilas, se puede cuantificar a través de la metodología input-output (véase Anexo I –Estimación de la relevancia económica de la industria de reciclaje de RAEE y pilas). Esta metodología permite estimar la contribución del sector al valor añadido bruto (VAB)⁴ y al empleo, además de la recaudación fiscal derivada de su actividad.

La estimación realizada combina un análisis tanto de la contribución directa de las empresas del sector, como del efecto indirecto generado por estas empresas sobre otras de su cadena de valor (proveedores, empresas auxiliares, etc.), y los efectos inducidos derivados del incremento de las rentas salariales y del capital fruto de los efectos directo e indirecto.

Los resultados muestran que el conjunto de actividades vinculadas con el reciclaje de RAEE y pilas en España contribuyeron en 2019 a la generación de un VAB de alrededor de 1.100 millones de euros, de los cuales 405 millones fueron directamente aportados por las empresas del sector, y 700 millones por los efectos indirectos e inducidos que estas empresas generan a lo largo de su cadena de valor.

El impacto económico de las actividades de reciclaje de RAEE y pilas en 2019 (1.100 millones de euros) fue un 15,7% superior a su impacto el año anterior (955 millones de euros), cuando entre 2018 y 2019 el sector de recogida, tratamiento y eliminación de residuos (CNAE-38) solo creció un 5,6% y el conjunto de la economía española un 3,6%. Este dinamismo también se ha visto reflejado en la importancia relativa de los RAEE en el conjunto del sector de recogida, tratamiento y eliminación de residuos. En efecto, la contribución directa de las empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas ha pasado de 351 millones de euros en 2018 a 405 millones en 2019, lo que les ha permitido incrementar su peso en el sector, desde el 5,9% en 2018 hasta el 6,5% en 2019.

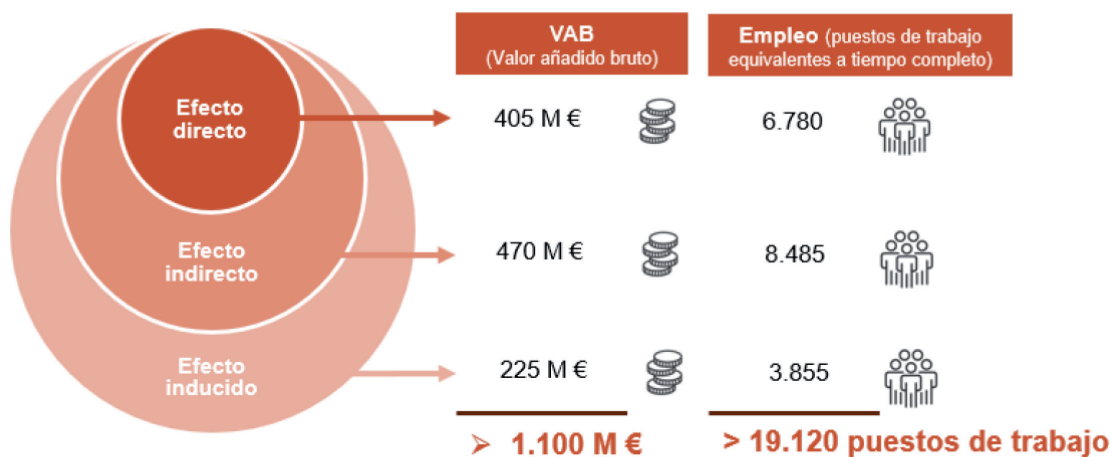
Por otra parte, en 2019 alrededor de 19.000 puestos de trabajo⁵ en España dependieron directa o indirectamente de la actividad de reciclaje de RAEE y pilas, unos

⁴ Magnitud similar al PIB, ya que este se define por la suma de los valores añadidos del proceso de producción, por lo que se identifica con la suma del Valor Añadido Bruto (VAB) y los impuestos indirectos sobre los productos menos las subvenciones.

⁵ Nótese que las referencias al empleo se refieren a puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo.

2.600 empleos más que en 2018. Un tercio de esos 19.000 puestos de trabajo fueron creados de manera directa por las empresas del sector, al tiempo que contribuyeron al mantenimiento de más de 12.000 empleos en otras empresas a lo largo de la cadena de valor, lo que evidencia el fuerte arrastre que la actividad de reciclaje de RAEE ejerce sobre el tejido productivo de España.

Figura 1 - Desagregación del peso económico de la actividad de las empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas, por tipo de efecto



Nota: datos correspondientes a 2019, últimos disponibles.

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

Además, la actividad directa de las empresas del sector de reciclaje de RAEE y pilas aportó un total de 176 millones de euros a la recaudación fiscal: 73 millones en concepto de cotizaciones sociales a la Seguridad Social, 47 millones de Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA), 45 millones de Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF), y 11 millones de Impuesto de Sociedades.

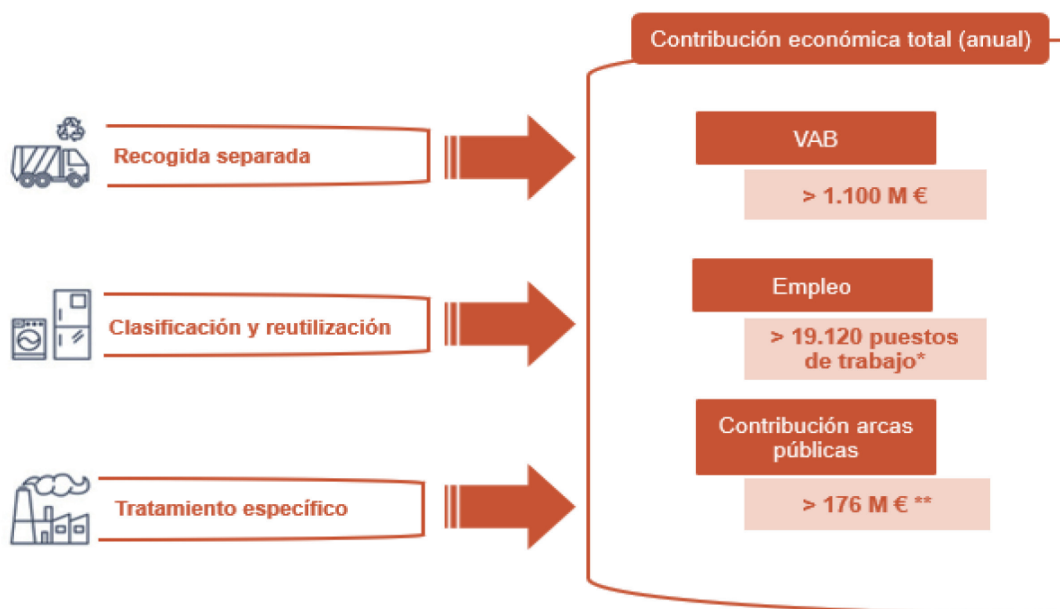
Tabla 6 - Desglose de la contribución a las arcas públicas de la actividad de reciclaje de RAEE y pilas

Impuesto	Recaudación (millones EUR)
Cotizaciones Sociales	73
IVA	47
IRPF	45
Impuesto de Sociedades	11
Total	176

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

En definitiva, estos resultados ponen de manifiesto que el proceso de transformación digital junto con la creciente concienciación medioambiental se está traduciendo en un rápido desarrollo de la actividad de reciclado de aparatos eléctricos, electrónicos y pilas en España, anotándose entre 2018 y 2019 un crecimiento tres veces superior al del conjunto del sector del reciclado y cinco veces superior al promedio de la economía española.

Figura 2 - Contribución económica de la actividad de las principales empresas dedicadas al reciclaje de RAEE y pilas en España



(*) 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.

Nota: datos correspondientes a 2019, últimos disponibles.

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

Tendencias y expectativas sobre la generación y gestión de residuos de paneles fotovoltaicos

La energía solar fotovoltaica se posiciona como uno de los pilares fundamentales sobre los que se asentará la transición energética española hacia la neutralidad climática. El esperado incremento en la demanda de paneles fotovoltaicos durante los próximos años, junto con el final de la vida útil de los que se encuentran actualmente en el mercado, generará residuos que deberán tratarse. A este respecto, existen tres factores clave a la hora de anticipar la masa esperada de residuos, así como el tratamiento de los paneles fotovoltaicos al final de su vida útil: (i) las perspectivas de generación de energía fotovoltaica (y, con ello, la necesidad de capacidad instalada), (ii) el diseño de los paneles, y (iii) la reparación y reutilización de dichos paneles. A continuación, se abordan con más detalle cada uno de estos tres factores.

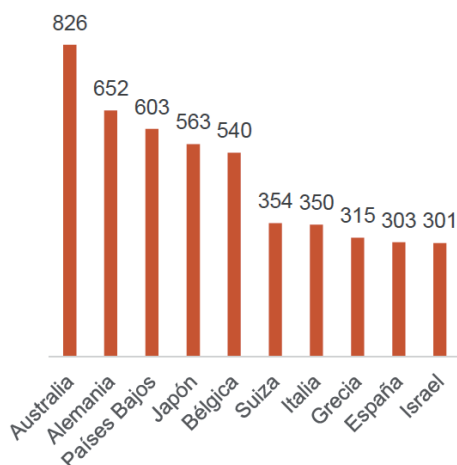
Perspectivas de generación de energía fotovoltaica

España cuenta con una importante capacidad de producción de energía fotovoltaica. Actualmente la energía fotovoltaica representa el 10% del total de la potencia energética instalada en el mercado español (alrededor de 13 GW de capacidad acumulada de generación en 2020). Con ello, España se sitúa como el tercer país europeo con mayor capacidad de generación de energía fotovoltaica, solo por detrás de Alemania (54,6 GW) e Italia (21,3 GW); y a escala mundial, nuestro país ocupa la novena posición en términos de capacidad solar per cápita.

Cabe recordar además que España vivió un boom en la instalación de paneles fotovoltaicos entre 2007 y 2008 a raíz de los incentivos fiscales aprobados por el Real Decreto 661/2007. De hecho, tal fue la magnitud de esa expansión que en 2008 España acumuló la mitad de toda la potencia fotovoltaica instalada a escala mundial (Santos y Alonso-García, 2018). Si bien entre 2012 y 2017 se detuvo el crecimiento de la capacidad instalada para la generación de esta fuente de energía renovable, desde 2018 las instituciones públicas han vuelto a priorizar la energía fotovoltaica. El año 2020 se cerró con 2,8GW de nueva potencia instalada en España, el segundo mayor incremento histórico, y se espera que esta tendencia positiva se prolongue durante 2021. La industria acaparó el 56% de la instalación de esa nueva potencia, los usos comerciales el 23% y el doméstico un 19%.

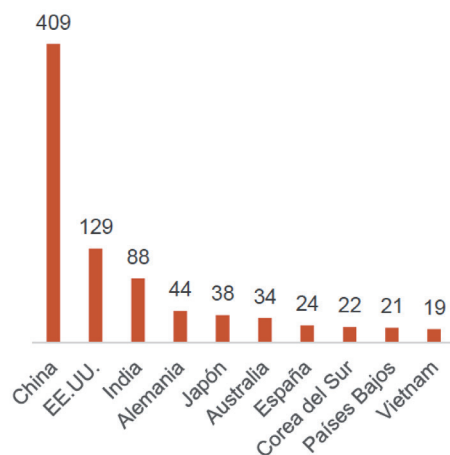
El renovado interés por esta fuente de energía coincide con la decidida apuesta europea por la transición verde y el impulso a las energías renovables, con el objetivo de alcanzar una economía climáticamente neutra para 2050. Cada país tiene su propia hoja de ruta para lograr dicho objetivo climático, y la de España está recogida en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. Dicho plan anticipa una aceleración en el ritmo de instalación de paneles fotovoltaicos en España durante esta década, y se espera que en 2030 la energía solar fotovoltaica alcance los 39,7 GW de potencia acumulada, el equivalente al 24% de la capacidad de generación de energía.

Gráfico 7 - Capacidad solar instalada en 2020
(vatios per cápita), top-10 países



Fuente: Solar Power Europe

Gráfico 8 - Proyecciones de instalación de capacidad solar (GW), 2021-2025, top-10 países



Fuente: Solar Power Europe

Estas cifras colocan a España como el séptimo mercado mundial con mayores perspectivas de crecimiento de la energía fotovoltaica durante la próxima década, y el quinto país más interesante para invertir en energías renovables en conjunto. En concreto, se espera que, para alcanzar estas cifras, se necesitará un flujo de inversión de alrededor de 20.000 millones de euros durante la década (Solar Power Europe, 2021).

A partir de 2030, la capacidad fotovoltaica continuará creciendo, pero a menor ritmo, si bien las proyecciones a tan largo plazo están sujetas a una mayor incertidumbre, siendo estas muy sensibles a posibles cambios en la regulación y en la política energética. Los planes de ordenación del territorio también condicionan el despliegue de capacidad instalada, donde las plantas fotovoltaicas compiten por el espacio con las plantaciones agrícolas o los terrenos ganaderos. No obstante, en la actualidad ya hay permisos de acceso concedidos para una potencia de hasta 100 GW, lo que duplica los objetivos para 2030.

Existen distintas proyecciones sobre la capacidad esperada de generación de energía fotovoltaica durante los próximos años. Las estimaciones de la Red de Operadores Eléctricos (ENTSO) simulan un incremento progresivo de la capacidad instalada fotovoltaica en España de entre 2 y 6 GW al año durante la próxima década, hasta alcanzar los 50 GW de potencia acumulada en 2030 y los 90 GW en 2050.

Por su parte, las proyecciones del Bloomberg Energy Finance (BNEF) limitan este crecimiento a 2 GW al año hasta 2050, debido a las limitaciones en el suministro de materiales, alcanzándose en esta fecha una capacidad acumulada de 60 GW. Este último análisis pone de manifiesto la relevancia que el mantenimiento de un flujo suficiente de materias primas supone para la fijación de un precio competitivo de los módulos fotovoltaicos, garantizándose así un óptimo desarrollo de esta tecnología.

Ambos estudios, de la ENTSO y de BNEF, tratan a su vez de estimar la cantidad de paneles que habrá que sustituir y el volumen de residuos que estos paneles desechados generarán durante las próximas tres décadas. La metodología empleada parte de diferentes escenarios de degradación propuestos por la Agencia Internacional de la Energía, basados a su vez en la modelización de la frecuencia de los fallos en los paneles fotovoltaicos instalados, mediante la función de Weibull (véase Anexo II).

El conocimiento de la cantidad esperada de residuos de paneles fotovoltaicos es relevante para diseñar los sistemas de gestión y preparar las infraestructuras de tratamiento y reciclaje necesarias, para dar una adecuada respuesta a dichos residuos.

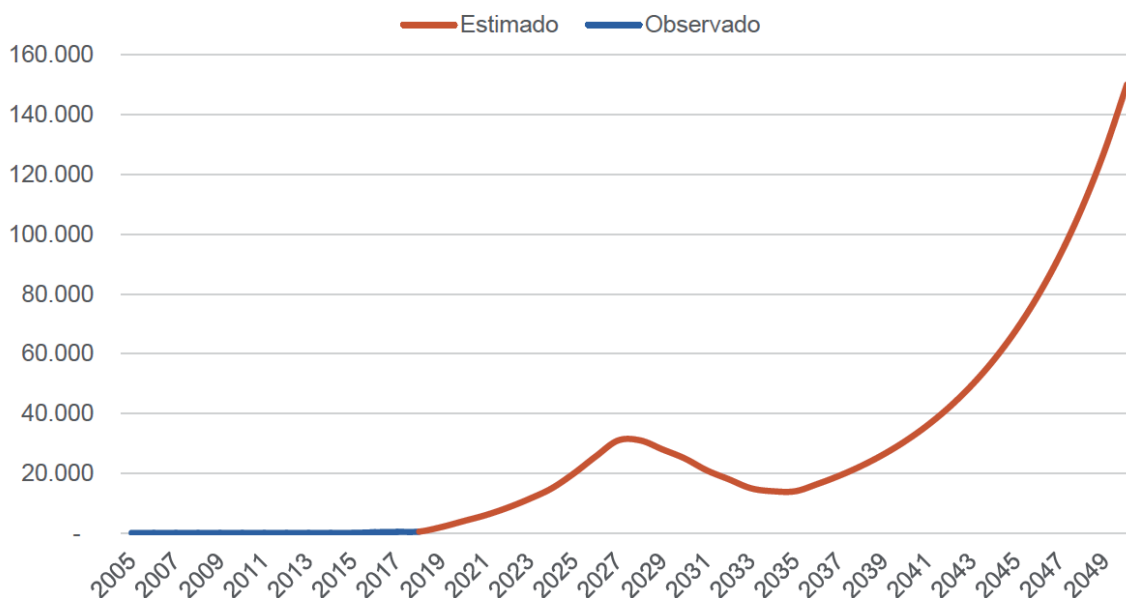
No obstante, cabe mencionar que existe una notable incertidumbre acerca del potencial volumen de residuos proveniente de los paneles fotovoltaicos. Por un lado, estos aparatos cuentan con una larga vida útil, que ronda los 30 años en la actualidad, y se espera que las innovaciones tecnológicas en este campo propicien futuros incrementos en su durabilidad. Sin embargo, no es descartable que, en el caso español, los paneles instalados durante el boom de 2007-2008 presenten una vida útil inferior, por lo que cabría prepararse con antelación al reto de la gestión de los flujos de paneles fotovoltaicos que puedan llegar antes al final de su vida útil.

A su vez, las proyecciones de generación de residuos de paneles fotovoltaicos conllevan importantes supuestos relativos a la sustitución de estos aparatos cuando su rendimiento cae por debajo de un determinado umbral, lo que también depende de las condiciones climáticas específicas a las que estén expuestos dichos paneles.

En general, las previsiones de la ENTSO y de BNEF ponen de manifiesto que hasta el año 2030 la generación de residuos de paneles fotovoltaicos depende-

rá casi con exclusividad de la potencia ya instalada en la actualidad, siendo por tanto independiente de las proyecciones de instalación futuras. No obstante, el volumen de residuos durante esta década sí que depende de la calidad de los paneles instalados durante 2007 y 2008. Asumiendo una durabilidad equivalente a la actual (vida útil de 30 años) estos paneles no deberían reemplazarse hasta el año 2038, generando un volumen de residuos de alrededor de 30.000 toneladas ese año. Por el contrario, en el caso de que estos paneles arrojaran una durabilidad inferior (vida útil de 20 años), observaríamos un incremento paulatino de los residuos desde 2018, alcanzándose un máximo en 2028, para luego volver a disminuir debido al freno de la puesta en mercado de los años 2012-2017.

Gráfico 9 - Volumen anual de residuos de paneles fotovoltaicos en España, toneladas



Fuente: Afi, Red de Operadores Eléctricos

Para poner estos datos en perspectiva, en el año 2018 (Eurostat) se introdujeron en el mercado español alrededor de 22.000 toneladas de paneles fotovoltaicos y se recogieron menos de 500 toneladas de residuos (último dato disponible).

A partir de 2030, los estudios mencionados proyectan incrementos progresivos del volumen de residuos durante las siguientes dos décadas, alcanzándose en 2050 entre 90.000 y 150.1 toneladas de residuos al año, dependiendo del ritmo de instalación de paneles esperado.

Diseño de los paneles

El fuerte incremento en la capacidad de producción de energía fotovoltaica durante 2019 y 2020 responde a su vez a las continuas mejoras en el rendimiento de los módulos y a la reducción del precio de los paneles. En efecto, el grueso de los paneles se fabrica en Asia, en concreto en China, por lo que los bajos costes de producción en este país se han trasladado a los precios finales de los módulos. No obstante, la pandemia de la Covid-19 ha alterado de manera notable el comercio internacional de paneles fotovoltaicos, dilatando los tiempos de entrega e incrementando el precio de algunos componentes de los paneles (incluyendo el vidrio, principal material que integra el panel).

Los paneles fotovoltaicos de silicio son los mayoritarios en el mercado y están compuestos principalmente por vidrio (75% del peso) correspondiente a la base de la superficie, y un 10% de polímero en el encapsulante y la lámina posterior. Además, el panel cuenta con un marco de aluminio (8%), células de silicio (5%), interconectores de cobre (1%) y líneas de contacto de plata (0,1%) (véase Lunardi et al., 2018 y Weckend et al., 2016). También se encuentran en la composición de los paneles, aunque en cantidades minúsculas, el estaño y el plomo. Los paneles de silicio conviven en el mercado con paneles de telurio de cadmio, que están integrados principalmente por vidrio (93%) y polímero (5%), así como el propio cadmio y otros materiales raros (telurio e indio), si bien estos últimos apenas están presentes en el mercado español (de acuerdo a los datos del REI-RAEE).

La variedad de módulos y las continuas innovaciones en su diseño dificultan los procesos de reciclaje. La separación y el tratamiento eficiente del vidrio, aluminio, polímeros y otros materiales que se encuentran en la parte externa de los paneles resulta relativamente sencillo. Por el contrario, la recuperación de las obleas de silicio supone un verdadero reto, y actualmente el que se consigue extraer no dispone de la pureza suficiente para poder destinarse a otros usos. Se espera que la recuperación del silicio sea una prioridad en los próximos años, debido a las perspectivas de demanda de paneles fotovoltaicos y la escasez de este material (considerado como materia prima fundamental en el listado de la UE de 2020).

Actualmente, los métodos de reciclaje se pueden clasificar en tres categorías (mecánico, químico y térmico), en función del proceso de laminación o separación de los materiales. Precisamente el objetivo del ecodiseño es conseguir un módulo más reciclable desde la cuna, mediante la disminución de la cantidad de materiales preciosos (plata) o críticos, bien por su escasez o su peligrosidad.

Reparación y reutilización de los módulos

Si bien se estima que los módulos de paneles fotovoltaicos pueden alcanzar una vida útil de 30 años, muchas plantas fotovoltaicas deciden reemplazar sus módulos una vez que su inversión ha sido amortizada. Los bajos precios de los módulos nuevos, junto con las rápidas innovaciones tecnológicas, incentivan a sustituir los módulos incluso cuando estos no han alcanzado el final de su vida útil.

En el caso de que los módulos comiencen a ofrecer una potencia inferior a la esperada, las empresas pueden decidir sustituirlos, práctica conocida como repotenciación de las plantas fotovoltaicas. No obstante, su reparación sería más eficiente desde un punto de vista medioambiental. En este punto resulta fundamental la detección de dichos fallos (mediante termografía o inspección visual con drones en grandes plantas) así como su clasificación, distinguiendo entre aquellos que son reparables y los que no.

Los paneles descartados por las grandes plantas (tanto por estar amortizados como por dar una menor potencia) suponen una oportunidad para el autoconsumo, un segmento en expansión, que se anotó un crecimiento en España del 30% en 2020 respecto a 2019, y que actualmente dispone de una potencia instalada de 1,5 GW y que en 2030 podría alcanzar entre 6 y 10 GW. Dado que los módulos reparados pueden ofrecer una potencia menor, podrían ser reutilizados en instalaciones domésticas de tamaño reducido, de 5-10 KW (frente a los 40-50 MW de una planta). No obstante, también habría que tener cuenta la garantía y la evolución de los precios.

Con todo, está pendiente un mayor desarrollo normativo y el establecimiento de estándares que den soporte a las prácticas de reparación y reutilización de los paneles usados.

En definitiva, la intensidad futura de la actividad de reutilización y reciclado de paneles fotovoltaicos está condicionada por los siguientes aspectos:

- La larga vida útil (alrededor de 30 años) de los paneles. Actualmente no genera un volumen suficiente de residuos que permita obtener economías de escala y que respalde la creación de instalaciones de reciclaje específicas. Entre 2016 y 2018, solo se recogió en España el 8,7% de los residuos de paneles puestos en el mercado. No obstante, las proyecciones apuntan a que el volumen anual de residuos de paneles alcance las 30.000 toneladas a finales de esta década.
- La composición de los paneles. Téngase en cuenta que más de $\frac{3}{4}$ de

su peso corresponde a vidrio y los materiales de elevado valor se encuentran en pequeñas cantidades, si bien el contenido de aluminio sí que resulta atractivo y fácilmente extraíble.

- Cuando los paneles son descartados por las grandes plantas de generación, pueden ser destinados al autoconsumo de empresas y hogares (el autoconsumo creció un 30% en 2020 respecto a 2019 en España, UNEF).
- La falta de armonización en la clasificación de muchos de los componentes de los paneles.
- Escasa demanda de paneles reutilizados debido a los precios bajos de los paneles nuevos provenientes en su mayor parte de China.

Los mencionados aspectos están dificultando enormemente el cumplimiento de los objetivos actuales de recogida de los paneles fotovoltaicos. En efecto, desde 2012, la recogida de estos residuos está incluida en la Directiva 2012/19/UE sobre RAEE, clasificados como "grandes aparatos", con un objetivo de recogida del 65% del volumen (toneladas) puesto en el mercado en los tres años precedentes. La larga vida útil de los paneles junto con su reciente puesta en el mercado más intensa, propicia que no se genere un volumen de residuos suficiente para satisfacer los objetivos de recogida. En España, entre 2016 y 2018, solo se recogió el 8,7% de los residuos de paneles puestos en el mercado. En este sentido, resultaría necesario que los paneles fotovoltaicos figuren en una categoría de residuos particular, al que se le apliquen unos objetivos de recogida distintos a los de puesta en el mercado, acordes a sus características propias.

Con el fin de mitigar la incertidumbre existente, la recogida de los residuos de paneles fotovoltaicos se enfrenta a tres grandes retos (Deutsche Umwelthilfe, 2021):

- Facilitar la recogida de paneles usados, entre otros, homogeneizando criterios de recogida
- Garantizar un adecuado tratamiento de los módulos para su reutilización:
 - formación para empleados orientada a la obtención de un título especializado,
 - garantizar las medidas de seguridad en contenedores y en el transporte,

- armonización de procesos y componentes, y
 - cooperación entre empresas del sector y Administración pública.
- Mejorar las técnicas de reciclado para incrementar la recuperación de materiales:
 - reforzar la regulación sobre su diseño y facilitando los procesos de reparación y reciclado,
 - uso de materiales reciclados en los nuevos paneles, y
 - reducir el uso de materiales peligrosos en los nuevos paneles.

Tendencias y expectativas sobre la generación y gestión de baterías de litio usadas

El rápido desarrollo del mercado de vehículos eléctricos está propiciando un fuerte incremento de la demanda de baterías de litio. Actualmente, 6 de cada 10 baterías de este tipo se destinan al mercado de la movilidad eléctrica. Nótese que se hace referencia al conjunto de vehículos eléctricos, no solo automóviles, dado que el mercado de patinetes, bicicletas y motocicletas eléctricas, que también incorporan baterías de litio, está creciendo a gran velocidad, especialmente en entornos urbanos.

Se espera que la fuerte apuesta por la movilidad eléctrica como vía para lograr los ambiciosos objetivos climáticos, junto con las progresivas restricciones a los vehículos contaminantes, se traduzcan en un continuado incremento de la demanda de automóviles eléctricos, que pasarían de representar menos del 1% del parque móvil europeo en 2015 al 9% en 2030. Según las estimaciones de la Comisión Europea, esto propiciará que, durante esta década, la demanda de baterías de litio crezca a tasas anuales superiores al 30%, y que, en 2030, la movilidad eléctrica suponga el 78% del mercado de baterías de litio.

En el caso español, las proyecciones recogidas en el PNIEC apuntan a que en 2030 nuestro país contará con un parque de 5 millones de automóviles eléctricos, fomentado a su vez por las ayudas a la adquisición de vehículos menos contaminantes, así como por el despliegue de infraestructuras y puntos de recarga.

Recuperación, tratamiento y reciclado de las baterías

Los vehículos eléctricos son muy exigentes para el rendimiento de las baterías de litio, sujetas a temperaturas extremas, a centenares de ciclos de recarga parciales cada año, ratios de descarga cambiantes y a picos de demanda (aceleración, climatización) unidos a periodos prolongados de reposo (estacionamiento). Todos estos factores aceleran la degradación de la batería, cuya vida útil no excede los 10 años, si bien algunas celdas pueden comenzar a fallar al cabo de 3 años.

Las baterías que no permiten alcanzar determinados umbrales de aceleración o cuya capacidad de recarga disminuye por debajo del 80%, deben ser sustituidas. Lo idóneo sería cambiar únicamente las celdas más degradadas, al tiempo que se mantienen las que conservan unas condiciones óptimas, con el fin de prolongar la vida útil del conjunto de la batería.

Dado el esperado incremento de la demanda de baterías durante la próxima década, unido a la rápida velocidad de degradación de estas en los vehículos, las baterías usadas supondrán en los próximos años una importante fuente de residuos, y sus componentes, muchos de ellos peligrosos, exigen una adecuada gestión.

El actual borrador de Reglamento del Parlamento y del Consejo Europeo relativo a los residuos de baterías (cuya publicación se espera para el primer semestre de 2022) recoge como objetivo la recogida del 65% de las baterías usadas para 2025, y del 70% para 2030.

Una vez que la batería usada o degradada ha sido recuperada, puede tener dos destinos: el reciclaje y recuperación de los materiales valiosos, o su reacondicionamiento para ser utilizada para otros fines menos exigentes que la movilidad eléctrica (como el almacenamiento energético).

El valor añadido del proceso de reciclado consiste en la recuperación de los metales valiosos como el cobalto o el níquel presentes en los electrodos de las baterías. La recuperación del cobalto y el níquel a través del reciclado puede ser menos costosa que su extracción natural, especialmente dadas las restricciones esperadas durante esta década en el suministro de estos elementos.

Usos alternativos para las baterías de segunda vida

Las baterías usadas provenientes de vehículos eléctricos pueden tratarse, dándoles una segunda vida. Algunas proyecciones apuntan a que a partir de 2030 la demanda de baterías excederá la capacidad de producción de las nuevas, lo que

otorga más relevancia al reacondicionamiento y la preparación para la reutilización de las baterías usadas.

Dentro de los posibles usos de las baterías de segunda vida se encuentra su reinstalación en un vehículo eléctrico (una vez reparadas las celdas dañadas), la sustitución de un motor a combustión por una batería en un vehículo tradicional.

Sin embargo, dentro de los usos potenciales de las baterías de segunda vida, destaca su idoneidad para el almacenamiento estacional de energía, bien en instalaciones a gran escala o bien conectados a contadores residenciales o comerciales de pequeña dimensión. La menor exigencia en términos de potencia, su ubicación en entornos más controlados y unos ciclos de recarga menos frecuentes contribuirían a prolongar la vida útil de las baterías hasta 10 años más.

La acumulación de energía en las baterías permite reducir el coste medio del suministro energético, almacenando energía durante los periodos con baja demanda para usarla durante los momentos de alta demanda, aportando más flexibilidad a la red en los tramos horarios de tarifa máxima. De esta forma se podría aumentar la capacidad de reserva de energía reemplazando activos más caros y menos eficientes, como las turbinas de gas de ciclo combinado.

Las baterías reutilizadas pueden desempeñar un papel relevante como complemento a la generación de energía renovable. En efecto, la red eléctrica no demanda todavía almacenamiento de larga duración, pero la penetración de las renovables obligará a usar otras tecnologías para cumplir con los requisitos de almacenamiento. Destaca en este ámbito el potencial de las baterías en un modelo de hibridación con paneles fotovoltaicos. Este último aspecto es uno de los prioritarios dentro de la Estrategia Nacional de Almacenamiento, donde se contempla pasar de los de los 8,3 GW de almacenamiento disponibles en la actualidad en España a un valor de alrededor de 20 GW en 2030 y 30 GW en 2050.

Retos para la industria del reciclaje de baterías

La reutilización para otros usos de las baterías provenientes de los vehículos eléctricos no está exenta de retos y dificultades, de índole técnica, económica y regulatoria. En primer lugar, las baterías que se encuentran actualmente en el mercado presentan una gran variabilidad en su diseño, tamaño, formato y electroquímica. Cada batería está diseñada para adaptarse a las necesidades del fabricante del vehículo. La falta de estandarización incrementa la complejidad del proceso de reciclado de las baterías. Actualmente, el tratamiento de las baterías como residuos tiene un coste elevado y apenas se pueden recuperar el 50%-70% de los componentes de estas (PWC, 2021).

Para tratar de mitigar la fragmentación en la producción de baterías, la propuesta de Reglamento del Parlamento y del Consejo Europeo relativo a los residuos de baterías (versión borrador) ahondará en el ecodiseño de estas, estableciendo requisitos que garanticen la facilidad de extracción de los componentes de las baterías, lo que generaría beneficios ambientales y un ahorro de recursos. También se estipula la obligación para los fabricantes de suministrar información básica (en etiquetas, documentación técnica o en línea) acerca de las baterías, así como la propuesta de creación de un sistema de pasaportes (solo para las baterías industriales y para vehículos eléctricos), con el fin de que "los operadores de segunda vida adopten decisiones empresariales bien fundamentadas y que los recicladores planifiquen mejor sus operaciones y mejoren su nivel de eficiencia de reciclado".

La existencia de un marco jurídico previsible que facilite a los agentes del mercado la inversión en tecnologías de reciclado resulta fundamental. A este respecto, las medidas planteadas por las instituciones europeas abarcan desde la obligatoriedad de declarar los niveles de contenido reciclado de las baterías a partir de 2025, hasta la fijación de objetivos obligatorios para el contenido reciclado de litio, cobalto, níquel y plomo para 2030. Este enfoque, además de promover la reutilización de las baterías, contribuiría a que su tratamiento se produjese de conformidad con la legislación europea en materia de residuos.

La complejidad técnica del proceso de reacondicionamiento tiene su reflejo sobre la rentabilidad de la industria de baterías de segunda vida, por lo que el mercado aún no está muy desarrollado, al no resultar competitivas en precio frente a las baterías de primer uso. Además, las previsiones apuntan a una disminución del coste de producción (y del precio) de las baterías nuevas, propiciado por el aumento de la demanda, la generación de economías de escala y las innovaciones tecnológicas.

Contribución a la sostenibilidad y a la modernización de la economía española

Más allá de su fuerte dinamismo y su creciente peso en la economía española, la actividad de gestión y reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, y de pilas, tiene el potencial de contribuir a la modernización de la actividad productiva en España, en especial en el actual contexto de transición hacia una economía más sostenible. Dicha transición constituye una prioridad para Europa

y para España, conformando uno de los pilares básicos sobre los que se asienta el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno español.

Dicho plan, aprobado el 16 de junio de 2021 por la Comisión Europea, movilizará más de 140.1 millones de euros hasta 2026, aunque está prevista una concentración de las inversiones y reformas contempladas en el Plan entre los años 2021 y 2023 (en este periodo se ha de comprometer un 70% de los recursos). De ese total, 69.528 millones corresponden a subvenciones a fondo perdido.

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia se articula en torno a diez políticas palanca, dos de ellas estrechamente vinculadas con la actividad del sector de reciclaje.

Por un lado, la palanca III-Transición energética, justa e inclusiva, dotada con 6.440 millones de euros, incluye un Componente 8, sobre "Infraestructuras eléctricas, promoción de redes inteligentes y despliegue de la flexibilidad y el almacenamiento". Este se espera que destine alrededor de 1.365 millones de euros a financiar, entre otros, proyectos para el impulso de nuevos modelos de negocio para la transición energética (Inversión 3), como el despliegue del almacenamiento energético, así como la gestión de la segunda vida y el reciclado de los materiales y equipos.

A modo de ejemplo, en el marco de la mencionada línea de inversión, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), organismo dependiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, ha publicado una convocatoria de subvención, dotada con 660 millones de euros (ampliables a 1.320 millones), para la financiación de proyectos vinculados a la instalación de infraestructuras de autoconsumo y almacenamiento con fuentes de energía renovables, así como la implantación de sistemas térmicos renovables. Este tipo de iniciativas están llamadas a contribuir a la instalación de un mayor número de paneles fotovoltaicos que, a largo plazo, también requerirán la gestión de los residuos generados.

Por otro lado, la palanca V- Modernización y digitalización del tejido industrial y de la pyme, recuperación del turismo e impulso a una España nación emprendedora, dotada con 16.170 millones de euros, incluye dentro de sus ámbitos de actuación el Componente 12 "Política Industrial España 2030", con alrededor de 3.782 millones de euros. Entre otros objetivos, esta palanca financiará un plan de apoyo a la implementación de la normativa de residuos y al fomento de la economía circular en España (Inversión 3). Este plan contempla diversas actuaciones tales como nuevas inversiones en las instalaciones de recogida (como puntos limpios) o la construcción de plantas de preparación para la reutilización y el reci-

clado. También se contempla el desarrollo de soluciones digitales para la gestión medioambiental (incluyendo registros electrónicos para recopilar información sobre la producción y gestión de residuos) y el fomento de la economía circular en el ámbito de la empresa.

Otra de las líneas de actuación dentro del Componente 12 "Política Industrial España 2030" es el Programa de impulso de la competitividad y sostenibilidad industrial (Inversión 2), orientado a transformar las cadenas de valor de sectores industriales estratégicos con gran efecto tractor en la economía, como la automoción y el vehículo eléctrico, o las industrias vinculadas a las energías renovables. Dentro de este ámbito se enmarca el PERTE (Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica) para el desarrollo del vehículo eléctrico y conectado, para el que se prevé una inversión pública de 4.295 millones de euros entre 2021 y 2023, que espera verse acompañada de otros 20.000 millones de euros de inversión del sector privado.

El PERTE del vehículo eléctrico (PERTE VEC) contempla, entre otros, la financiación de proyectos orientados a la reutilización de las baterías de vehículos eléctricos, al aprovechamiento y reciclado de materias primas o aquellos destinados a la mejora de la eficiencia energética donde se incluyan materiales reciclables o de fácil reciclado. A su vez, se establece como requisito para la obtención de financiación que todos los proyectos ofrezcan soluciones en favor de: la reutilización de materias primas y componentes; un ecodiseño que fomente la durabilidad y facilite el reciclado; una gestión de residuos que priorice el reciclaje sobre el desecho en los procesos de fabricación; así como la trazabilidad de las sustancias peligrosas a lo largo del ciclo de vida del producto.

Otro posible PERTE estaría vinculado con la economía circular, y dentro de este se contemplan, entre otros, desarrollos en el ámbito de la segunda vida de baterías eléctricas.

Tabla 7 - Síntesis de inversiones destacadas, previstas en el Plan de Recuperación

Palancas	Componentes	Inversiones
<i>III-Transición energética, justa e inclusiva</i>	C8. "Infraestructuras eléctricas, promoción de redes inteligentes y despliegue de la flexibilidad y el almacenamiento"	I3. "Impulso de nuevos modelos de negocio para la transición energética": ❖ Despliegue del almacenamiento energético, así como la gestión de la segunda vida y el reciclado de los materiales y equipos.
<i>V- Modernización y digitalización del tejido industrial y de la pyme, recuperación del turismo e impulso a una España nación emprendedora</i>	C12. "Política Industrial España 2030"	I2. "Programa de impulso de la competitividad y sostenibilidad industrial". ❖ PERTE VEC. Soluciones para la reutilización de materias primas y componentes. ❖ PERTE economía circular: segunda vida de baterías eléctricas. I3. "Plan de apoyo a la implementación de la normativa de residuos y al fomento de la economía circular en España". ❖ Construcción de nuevas instalaciones de preparación para la reutilización y el reciclado de otros flujos de residuos (191 M EUR). ❖ Inversiones relativas a instalaciones de recogida (como puntos limpios) y otras (24 M EUR).

Nota: los importes corresponden al periodo 2021 – 2023.

Fuente: Afi, Gobierno de España

Lo anterior pone de manifiesto que la apuesta del Gobierno y del sector privado por el desarrollo del vehículo eléctrico en nuestro país irá de la mano de crecientes exigencias medioambientales en el uso de materiales reciclados y la planificación de la segunda vida de las baterías y de otros componentes.

Más allá de las inversiones señaladas, los distintos agentes de la cadena de valor del reciclaje de RAEE y pilas también podrán optar a ayudas que contribuyan a mejorar sus procesos y reforzar sus capacidades competitivas (procesos de digitalización, desarrollo de proyectos de investigación aplicada, etc.). De esta manera, también se impulsará la innovación y la modernización de este sector del reciclaje en España.

Conclusiones

- La demanda de aparatos eléctricos y electrónicos, así como de pilas, no ha dejado de crecer. En un contexto marcado por el impacto de la pandemia, las cantidades de pilas y de AEE (correspondientes al segmento doméstico) puestas en el mercado han mantenido una tendencia al alza, favorecidas por la demanda derivada del auge del teletrabajo, o el confinamiento y otras restricciones impuestas para contener el avance de la pandemia.
- En relación con los objetivos de recogida de RAEE marcados por la UE, el desempeño de España respecto a otros países de nuestro entorno es positivo. Así, en 2018 (último dato disponible), en el mercado español se cumplieron los objetivos marcados por Europa, mejorando los registros de Alemania, Francia o Italia, entre otros.
- La importancia económica del conjunto de actividades vinculadas al sector del reciclaje de RAEE y pilas en España se traduce en la generación de un valor añadido bruto (VAB) de más de 1.100 millones de euros⁶ en el último ejercicio para el que se dispone de cuentas anuales (2019). Además, dichas actividades contribuyen al mantenimiento de 19.000 puestos de trabajo (equivalentes a jornada completa) en el mercado español, y aportan a las arcas públicas más de 170 millones de euros (recaudación fiscal vinculada solamente con el efecto directo).
- El despliegue de la capacidad instalada de producción de energía solar fotovoltaica en España es clave para impulsar la deseada transición energética y avance hacia la neutralidad climática para 2050. Esta prioridad, se espera que lleve a una mayor demanda de paneles fotovoltaicos en los próximos años. A su vez, los paneles instalados durante el boom de 2007 – 2008 en España tendrán que ser sustituidos al final de su vida útil. Si bien dicha vida útil es difícil de determinar con exactitud, se prevé que sea inferior a los 30 años asignados a los paneles fotovoltaicos que se están comercializando en la actualidad. Las necesidades futuras de tratamiento de los residuos de paneles traen sobre la mesa algunas cuestiones y retos (larga vida útil de los paneles, su composición, logística asociada, precios de los paneles nuevos, etc.) sobre los que la cadena de valor de la industria del reciclaje de RAEE ha de reflexionar.

⁶ Esta cifra incluye los efectos directo, indirecto e inducido de la actividad de las principales empresas dedicadas a la recogida, clasificación y tratamiento de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, así como pilas.

► Por otro lado, como ya se apuntaba en el I Informe Anual Recyclia (2020), también es observable una tendencia de creciente uso de las baterías, para dar soporte a la implementación de las estrategias de movilidad eléctrica. Así, la demanda de baterías de litio está registrando un destacado incremento debido al rápido desarrollo de los vehículos eléctricos (se incluyen automóviles, patinetes, bicicletas y motocicletas). El aumento del número de baterías puestas en el mercado, junto a la rápida velocidad de degradación de las mismas en los vehículos, generarán un importante volumen de baterías usadas. De ahí que también esté justificado que la cadena de valor de la industria de reciclaje de baterías (incluyendo las actividades de preparación para la reutilización) se prepare para atender las necesidades de reutilización y tratamiento de dichas baterías. Entre las primeras, destaca el potencial para dar una segunda vida a las baterías, ampliando su vida útil a través de su utilización para el almacenamiento estacional de energía. No obstante, para ello es necesario seguir avanzando en el desarrollo normativo y el establecimiento de estándares que otorguen mayor seguridad operativa, así como gestionar otras variables como los costes del reacondicionamiento y la evolución de los precios de las baterías nuevas.

► La preparación y respuesta a algunas de las tendencias observadas en el mercado, como las señaladas anteriormente, así como el acometimiento de otros proyectos que redunden en la mejora de procesos y capacidades competitivas de la industria española del reciclaje de RAEE y pilas, pueden ser objeto de apoyo a través de los fondos de recuperación (Next Generation EU). Así, algunas de las inversiones contempladas en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno de España (aprobado por la Comisión Europea en junio de 2021) están alineadas con las capacidades que puede desarrollar esta industria del reciclaje.

► De cara a 2022, se espera un mayor volumen de convocatorias de ayudas y subvenciones con cargo al Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la UE, ligadas a las inversiones y reformas recogidas en el Plan de Recuperación (26.900 millones de euros, según el Proyecto de Presupuestos Generales del Estado para 2022). Las empresas y entidades de la cadena de valor de la industria de RAEE y pilas tienen aquí una oportunidad para promover proyectos innovadores susceptibles de apoyo con estos fondos.

Referencias bibliográficas

- ANFAC (2020). Informe ejecutivo Automoción 2020-40: Liderando la movilidad sostenible. En colaboración con KPMG.
- Circular Energy Storage, Research and Consulting (2021). The lithium-ion battery life cycle report.
- Deutsche Umwelthilfe (2021). Strengthening circularity in photovoltaics challenges and opportunities along the lifecycle.
- Gobierno de España (2021a). Estrategia de Almacenamiento Energético, Vicepresidencia Cuarta del Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Gobierno de España (2021b). PERTE para el desarrollo del vehículo eléctrico y conectado. España Hub Europeo de Electromovilidad.
- Gobierno de España (2021c). Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Gobierno de España (2021d). Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.
- Hachim, M.F. (2018). Evaluación económica de la segunda vida útil de baterías de ion litio provenientes de la electromovilidad para la agroindustria. Universidad de Chile.
- Kotak, Y., Marchante Fernández, C., Canals Casals, L., Kotak, B.S., Koch, D., Geisbauer, C., Trilla, L., Gómez-Núñez, A., Schweiger, H.-G (2021). "End of Electric Vehicle Batteries: Reuse vs. Recycle". Energies, 14.
- Lunardi, M. M., Alvarez-Gaitan, J. P., Bilbao, J. I., & Corkish, R. (2018). "A review of recycling processes for photovoltaic modules". Solar Panels and Photovoltaic Materials.
- PwC España (2021). El papel del almacenamiento en la Transición Energética. A petición de Fundación Naturgy y en colaboración con Ciemat.

- Recyclia (2021). Informe de Repercusiones. Elaborado por BDI comunicación.
- Ricardo Strategic Consulting (2020). Automotive Battery Technology Trends Review. En colaboración con ACEA, EUROBAT, ILA, JAMA y KAMA.
- Santos, J. D. y Alonso-García, M. C. (2018). "Projection of the photovoltaic waste in Spain until 2050". Journal of cleaner production, 196, 1613-1628.
- Solar Power Europe (2021). Global Market Outlook for Solar Power 2021-2025.
- UNEF (2021). Energía Solar Fotovoltaica. Oportunidad para la Sostenibilidad. Informe Anual UNEF 2021.
- Weckend, S., Wade, A. y Heath, G. A. (2016). "End of life management: solar photovoltaic panels. National Renewable Energy Lab", Golden, CO (United States).
- Weeeforum (2021). Issues associated to photovoltaic panels and compliance with EPR legislation.
- Zhao, Y., Pohl, O., Bhatt, A.I., Collis, G.E., Mahon, P.J., Rüther, T., y Hollenkamp, A.F. (2021). "A Review on Battery Market Trends, Second-Life Reuse, and Recycling". Sustainable Chemistry, 2, 167-205.

Agradecimientos

La elaboración del presente estudio sobre las tendencias en la industria del reciclaje de RAEE y pilas en España ha contado con la estimable contribución de destacados expertos de esta industria. Es por ello que queremos trasladarles un sincero agradecimiento, por sus aportaciones y por compartir su visión sobre los principales retos y oportunidades sectoriales, a través de las entrevistas realizadas a:

- Jan Clyncke, director general de PV Cycle.
- Veselin Miroslavov, battery product and commissioning manager de E22 Energy Storage Solutions.

- Elena Velázquez, directora técnica de UNEF.
- Nieves Vela, responsable de la división de energías renovables, y M^a del Carmen Alonso, de la unidad de energía solar fotovoltaica, de CIEMAT.
- Jon Asin, gerente y cofundador de BeePlanet Factory.

Anexo I –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:

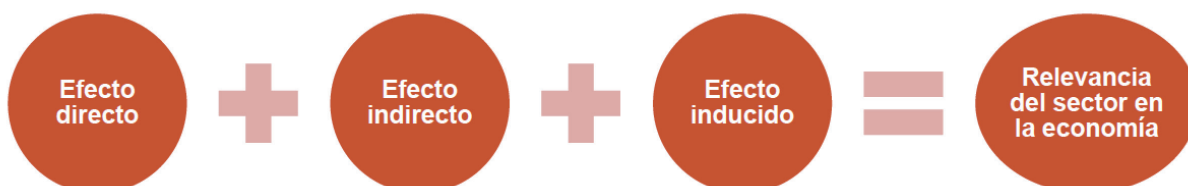
I. Las dependencias intersectoriales. Por un lado, permite conocer la cantidad de consumos intermedios que necesita cada sector de actividad para producir una unidad, así como el origen sectorial de esos consumos intermedios. En otras palabras, el efecto arrastre hacia atrás. Por otro lado, permite conocer 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).

Anexo II – Estimación de los flujos esperados de residuos de paneles fotovoltaicos

A la hora de estimar los residuos que generarán los paneles fotovoltaicos en las próximas décadas se han de sortear dos problemas. El primero consiste en establecer una equivalencia entre la potencia instalada y la masa de los paneles, para lo que se toma la función exponencial estimada por Weckend et al. (2016):

$$\frac{\text{masa}}{\text{potencia}}(i) = A * e^{-i/B}$$

La ratio de la ecuación anterior se expresa en toneladas por megavatio, permitiendo así transformar la potencia instalada en toneladas. Para los coeficientes que presentan los autores ($1,11 \times 1020$ para y y 48,24 para $)$ la ratio presenta unos valores de 92 en 2006, 72 en 2020 y 59 en 2030.

El segundo problema consiste en asignar una función de deterioro a los paneles instalados – o concretamente a su masa– debido a los que comienzan a deteriorarse antes de su vida útil por motivos como:

- Instalación deficiente.
- Deterioro en los materiales (problema que aumenta exponencialmente a medida que avanza la edad del panel).
- Pérdida de eficiencia en los paneles y su reemplazo por nuevos modelos.

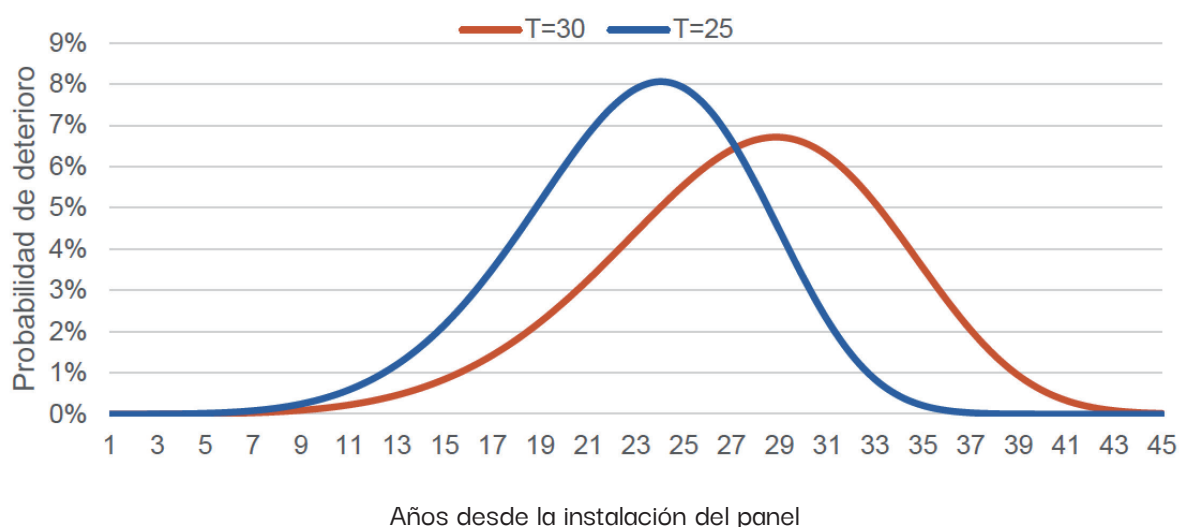
Todos estos factores se modelizan con la distribución de Weibull:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^\alpha}$$

El parámetro, que corresponde con el período de vida útil del panel, se cifra en 30 años siguiendo la literatura, con una excepción: para paneles instalados ente 2006 y 2008 se asume una vida útil menor, siguiendo a (Santos & Alonso-García, 2018). Esta modificación intenta reflejar el hecho de que los paneles instalados en ese año son sensiblemente menos eficientes y, por lo tanto, se deterioran antes o serán reemplazados por nuevos paneles.

Para el parámetro que determina la forma de la distribución () se toman los valores que proporcionan Weckend et al. (2016) en el escenario base: 5.3759. Como resultado, se obtienen las funciones de densidad del siguiente Gráfico. Esta función de densidad se aplica a la serie de potencia instalada proporcionada por la Red Eléctrica Española y a las previsiones que presenta el PNIEC para el 2025 y 2030, asumiendo una tasa de crecimiento acumulada constante.

Gráfico - Función de densidad de la distribución de Weibull.



Fuente: Afi; (Weckend, et al., 2016).



C Orense, 62. 28020 MADRID

T 91 417 08 90

F 91 555 03 62

recyclia@recyclia.es



www.recyclia.es

ecopilas) **ecofimática)** **ecoasimelec)** **ecolum)**