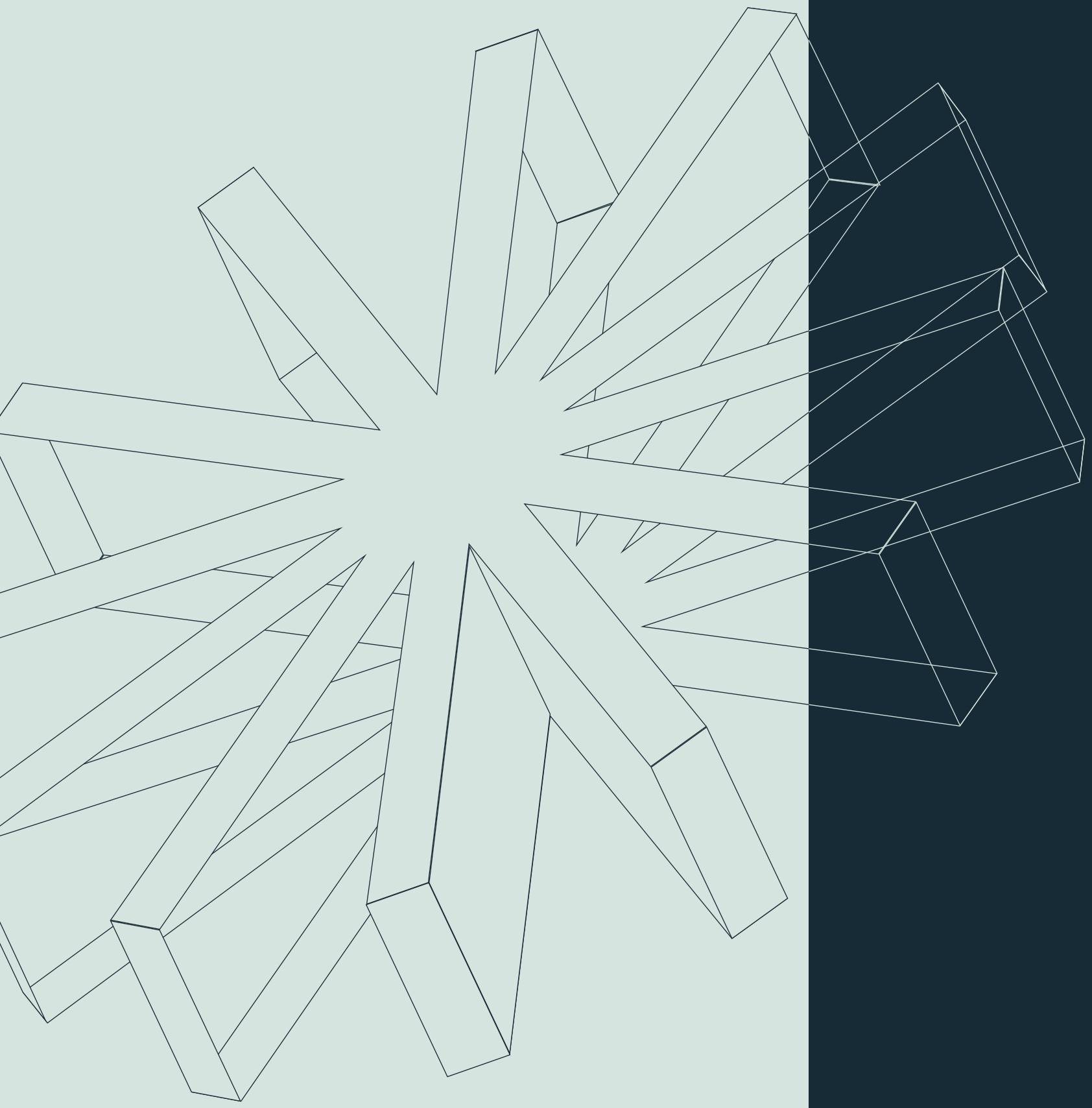
Panorama Sectorial



El sistema energético en España y su transición

Noviembre 2025

Con sede en

IE UNIVERSITY

Con el apoyo de

European Climate Foundation

Este informe ha sido elaborado para **alinnea** por Juan Requejo Liberal, especialista en Planificación y Desarrollo.

Revisión y actualización del informe: Florent Marcellesi, experto en energía y clima.

alinnea es un Think & Action Tank de acción climática con sede en IE University y apoyado por la Fundación Europea para el Clima (ECF).

alinnea
CATALYZING TRANSFORMATIVE IDEAS

Los hallazgos, análisis y conclusiones presentados en este informe se basan en la información disponible (obtenida de fuentes primarias o de otras investigaciones citadas en el informe, consideradas precisas y fiables) y en las metodologías aplicadas durante el proceso de investigación. Ninguna de las personas e instituciones colaboradoras se harán responsables de la interpretación que se haga de la información contenida en el presente documento, así como tampoco de ninguna pérdida consecuencia de la toma de decisiones de ningún tipo, sobre la base de la información contenida en el presente informe. Igualmente, el reconocimiento y/o agradecimiento a cualquier organización no implica su respaldo al texto final.

Con sede en

ie UNIVERSITY

El presente informe ha sido elaborado con el apoyo de la Fundación Europea para el Clima. La responsabilidad de la información y los puntos de vista expuestos en este informe recae en los autores. La Fundación Europea para el Clima no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida o expresada en el presente documento.

Con el apoyo de

European Climate Foundation

Citar como: Fundación Instituto de Empresa (2025). El sistema energético en España y su transición. Serie Panoramas Sectoriales. Informe elaborado para alinnea por Juan Requejo Liberal.

ÍNDICE

1. Sistema energético español 4

2. Objetivos de la política de transición energética 7

3. Panorama legal 9

4. Medidas de ahorro 10

5. Medidas de eficiencia 12

6. Electrificación 14

7. Despliegue de renovables 18

8. Nuevas demandas: los centros de datos 20

9. Transición justa 22

10. Economía circular de las renovables 23

11. Barreras 24

12. Dinámica de consumo de fósil 26

13. La energía como factor de seguridad 28

14. Debate sobre la prórroga de las nucleares 31

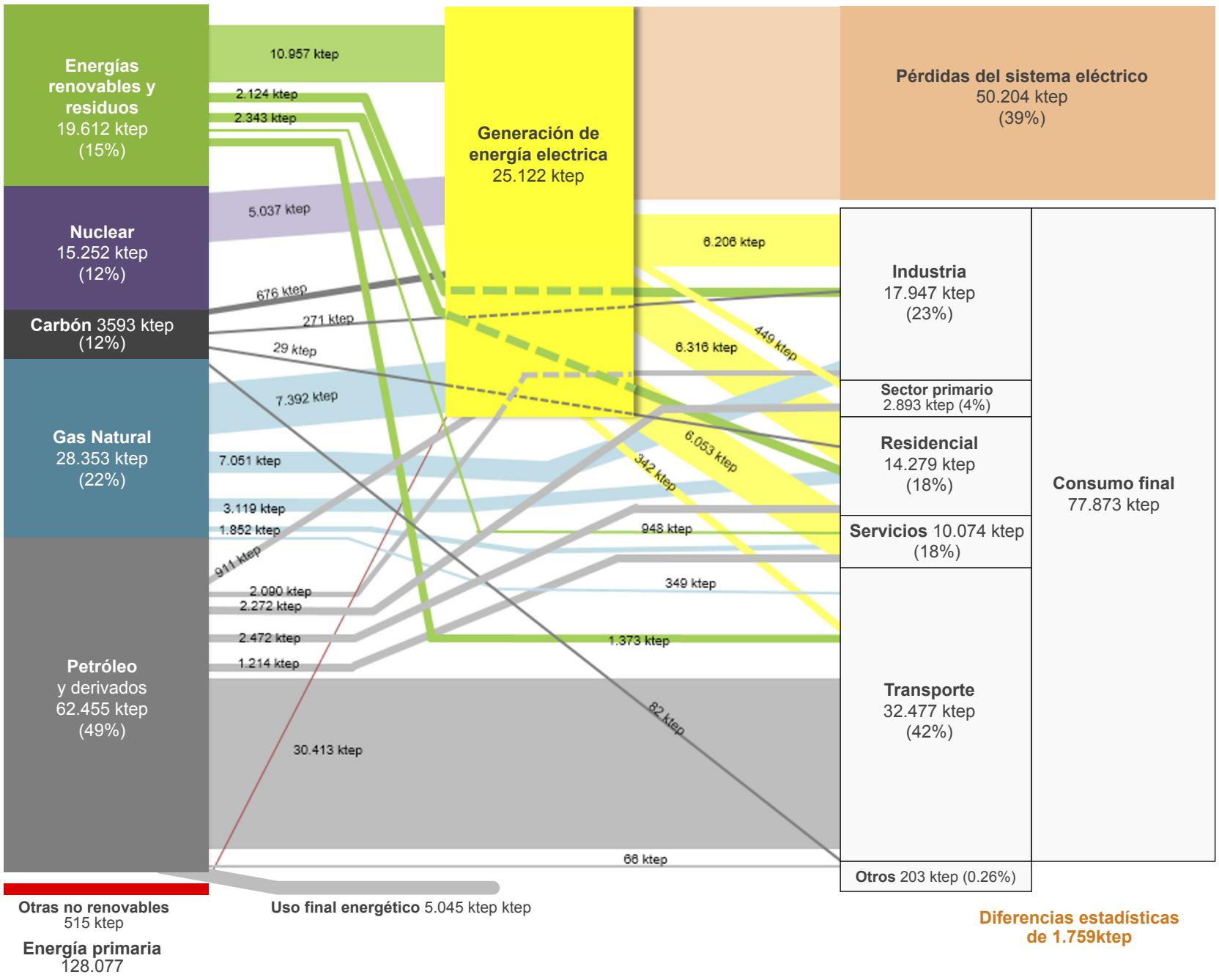
15. Actores relevantes 32

Bibliografía 35

1 Sistema energético español

El sistema energético español se sintetiza muy adecuadamente con este esquema gráfico elaborado con la metodología del Instituto Lawrence Livermore de USA. En este esquema se observa el papel central de los combustibles fósiles, especialmente el petróleo, como energía primaria del transporte. En segundo lugar, se comprueba que la electricidad tiene un papel secundario en el sistema y que la industria no está suficientemente electrificada. La electrificación es el vector necesario para introducir las renovables en el sistema, las cuales, pese a su espectacular desarrollo, solo aportan el 15% de la energía primaria que sustenta el país y un 25% de la energía final.

Balance energético de España (2022)



Fuente: EUROSTAT. Balance energético de España. Secretaría de estado de energía

Figura 1 – Balance Energético de España (2022). Fuente: EUROSTAT. Balance energético de España. Secretaría de Estado de Energía.

Objetivos de la política de transición energética

La política de transición energética tiene como objetivo transformar el modelo energético actual, basado en combustibles fósiles, hacia uno más descarbonizado, con mayor participación de energías renovables y menor impacto ambiental. Esta transición implica una serie de cambios estructurales en la producción, distribución y consumo de energía, y cuenta con varios instrumentos clave para lograr estos objetivos.

El marco de la política climática y energética en España está determinado por los acuerdos internacionales en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, especialmente el Acuerdo de París, y de forma consecuente por las políticas acordadas en el seno de la Unión Europea, orientadas por la meta de la neutralidad climática en el horizonte 2050 y un cambio radical en la dependencia externa del combustible fósil. La política europea tiene el beneficio central de reducir la factura de compra al exterior de grandes cantidades de combustible fósil y reducir la vulnerabilidad del sistema respecto a factores externos no controlables.

La Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética, introduce la base legal para asegurar el cumplimiento por parte de España de los objetivos del Acuerdo de París y facilitar la descarbonización de la economía, elevando a nivel legislativo los citados compromisos internacionales adquiridos. Esta Ley recoge como instrumentos de

planificación estratégica para abordar la transición energética los Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima (PNIEC) y la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050.

De esta manera, los compromisos internacionales y el marco legislativo europeo conducen a la necesaria adopción por España de unos objetivos mínimos y la implementación de un conjunto de políticas y medidas adicionales para conseguir alcanzar los objetivos establecidos, además del aprovechamiento de las oportunidades sociales, económicas y ambientales de este proceso.

En 2021 el Consejo de Ministros aprobó el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC 2020), a propuesta del Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), para su remisión a la Comisión Europea del borrador. Sin embargo, desde la adopción del PNIEC 2021-2030 se han presentado y aprobado numerosas propuestas legislativas a nivel europeo, sucesivamente más ambiciosas en relación a los objetivos en materia de cambio climático (Ley Europea sobre el Clima, Paquetes «Objetivo 55» y «REPowerEU»), resultando que actualmente se han acordado los siguientes objetivos a nivel europeo a 2030 (UE):

- 55% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990 para el conjunto de la UE.
- 42,5% de renovables sobre el consumo total de energía final bruta, con un complemento indicativo adicional del 2,5% que permitiría alcanzar el 45%.
- 38-40,5% de mejora de la eficiencia energética en energía final y energía primaria, respectivamente, con respecto al escenario de referencia 2007.
- 15% interconexión eléctrica de los Estados Miembros.

Debido a estos cambios en el contexto europeo e internacional, el PNIEC ha sido actualizado (recientemente aprobado mediante el Real Decreto 986/2024, de 24 de septiembre) y los objetivos se han revisado al alza de manera que la nueva versión de este Plan contempla el siguiente conjunto de objetivos principales:

- Reducir en el año 2030 las emisiones de gases de efecto invernadero del conjunto de la economía española en, al menos, un 32% respecto del año 1990. Por debajo del objetivo europeo.
- Alcanzar en el año 2030 una penetración de energías de origen renovable en el consumo de energía final de, al menos, un 48%. Por encima del objetivo europeo.
- Alcanzar en el año 2030 un sistema eléctrico con, al menos, un 81% de generación a partir de energías de origen renovable.
- Mejorar la eficiencia energética disminuyendo el consumo de energía primaria en, al menos, un 39,5%, con respecto a la línea de base conforme a normativa comunitaria. En línea con el objetivo europeo
- Reducir la dependencia energética a valores del 50%.
- 19 GW de autoconsumo.
- 22,5 GW de almacenamiento.

OBJETIVOS		PNIEC 2023
GENERALES	Reducción de emisiones de GEI respecto a 1990	32%
	Reducción de emisiones de GEI respecto a 2005 – Sectores ETS	- 70%
	Reducción de emisiones de GEI respecto a 2005 – Sectores difusos	- 42%
	Porcentaje de renovables en la generación eléctrica	81%
	Número de vehículos eléctricos	5,5 Millones
	Número de viviendas rehabilitadas	1.377.000
	Potencia total y renovable del mix energético	Total: 214 GW / Ren.: 160 GW
	Porcentaje renovables sobre energía final	48%
	Eficiencia Energética. Reducción de consumo de energía primaria	- 39,5%
	Eficiencia Energética. Reducción de consumo de energía final	-43%
	Dependencia energética	50%
TRANSPORTE	Reducción intensidad de emisiones de GEI transporte	- 16,3%
	Porcentaje de renovables en el sector transporte	28%
	Porcentaje combinado de RFNBO + Bios avanzados y biogás del Anexo IX Parte A	17,26%
INDUSTRIA	Incremento anual de energías renovables en la industria	2,14% (2021-2025) / 2,97% (2026-2030)
	Porcentaje de RFNBO** sobre el hidrógeno en la industria	74%
EDIFICACIÓN, CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN	Energía final procedente renovables en edificios	67,59%
	Aumento anual porcentaje renovables calefacción y refrigeración	1,42% (2021-2025) / 2,36% (2026-2030)

*** RFNBO: Combustibles renovables de origen no biológico*

Tabla 1 - Objetivos PNIEC a 2030 en la versión actual de 2023. Fuente: Actualización del PNIEC 2030 (MITERD, 2024)

Para lograr estos ambiciosos objetivos, en el sistema eléctrico las energías renovables deberán aportar el 81% de la generación en 2030 (frente al 74% previsto por el PNIEC anterior), con especial protagonismo del autoconsumo en distintos ámbitos, que impulsado por los recientes cambios normativos y por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), se fija el objetivo de alcanzar los 19 GW en 2030. Además, el objetivo de integración de renovables en el sistema eléctrico requiere el incremento del almacenamiento energético hasta los 22,5 GW.

Por ello, una de las **grandes palancas de la descarbonización de la economía, además del ahorro y la eficiencia, es la electrificación.** Se incrementa la electrificación de la economía como uno de los vectores clave de la descarbonización, aumentando hasta el 35% en el año 2030, con nuevos proyectos, mayor electrificación en la industria y la movilidad, más producción de hidrógeno verde, y nuevas demandas asociadas a nuevos servicios relacionados con la transformación digital de nuestra economía. Por último, el hidrógeno verde representa otro de los protagonistas de este proceso de actualización, esperando que se produzca una elevada penetración de este vector en la industria, uno de los sectores clave a des-arbonizar.

Ahorro de energía

Las directivas de Eficiencia Energética de la UE establecen que los Estados-miembro deben cumplir con un ahorro acumulado de energía final para los períodos 2014-2020 y 2021-2030, con objetivos de ahorro anual. Para el segundo período, la Directiva 2023/1791 ajusta los objetivos de ahorro en un 1,49% promedio anual, con metas escalonadas de 0,8% a 1,9%. El ahorro es el resultado de consumos que no se producen por sustitución de procesos o cambio de condiciones en el sistema.

España usará los mecanismos de flexibilidad permitidos si alcanza los objetivos de los primeros años del período 2021-2030. Además, el 12,35% del objetivo de ahorro debe destinarse a reducir la pobreza energética, beneficiando a hogares vulnerables, según indicadores de Eurostat sobre condiciones de vivienda, capacidad para pagar servicios y riesgo de pobreza.

Eficiencia energética

El objetivo nacional de eficiencia energética de España para 2030 se centra en reducir el consumo energético y fomentar el uso de energías renovables, en línea con la estrategia de la Unión Europea y sus iniciativas como el «Objetivo 55» y «REPowerEU». La eficiencia energética es prioritaria bajo el principio de “primero, la eficiencia energética”, promovido por la Comisión Europea, y se considera crucial para la descarbonización y la sostenibilidad económica. La eficiencia es lograr que el mismo proceso satisfaga sus fines con menor consumo de energía.

Este plan busca reducir el consumo de energía a través de diversas medidas, especialmente en sectores como transporte, industria y edificios. A su vez, tiene beneficios ambientales, ya que reduce el uso de combustibles fósiles y la necesidad de infraestructuras energéticas. La Directiva de Eficiencia Energética de la UE establece metas para mejorar la eficiencia en un 40.5% en energía primaria y 38% en energía final para 2030. España planea superar estos objetivos, alcanzando una mejora del 43% en eficiencia energética final.

Electrificación y despliegue de renovables

El PNIEC es claro en relación a esta cuestión: 3 de cada 4 t de GEI se originan en el sistema energético, por lo que su descarbonización es clave para alcanzar los objetivos del Plan. A fin de lograr este objetivo, es necesario conseguir una reducción de consumos (ahorro y eficiencia) y una transición desde los combustibles fósiles a las energías renovables.

Además, es necesario electrificar una parte importante de la demanda térmica y del transporte e incidir en un sistema cada vez más distribuido y flexible. A esta electrificación de la demanda contribuye también de manera relevante el autoconsumo, que incrementa las previsiones de instalación hasta los 19 GW en 2030 con los que se prevé cubrir el 11% de la demanda.

La consecución de los ambiciosos objetivos fijados en este aspecto implica, por tanto, una acción enfocada en 3 líneas estratégicas:

- Impulso de grandes proyectos de generación.
- Despliegue del autoconsumo y generación distribuida.
- Medidas de impulso a la flexibilidad, entre las que destaca el almacenamiento energético y la gestión de la demanda, lo que favorecerá una mayor integración de las renovables en el sistema y el mercado eléctrico.

El desarrollo a gran escala de las energías renovables en la última década a nivel internacional ha supuesto una reducción sustancial de sus costes relativos. En las referencias internacionales las fuentes renovables (principalmente la eólica y la solar) generan la electricidad más económica. El coste de generación hidroeléctrica depende de la situación de amortización de las inversiones.

De cara al despliegue de tecnologías renovables previsto para el sector eléctrico, son relevantes medidas como el establecimiento de calendarios de subastas, que ordenan la entrada de nuevas renovables, adelantando a los consumidores los ahorros que éstas suponen a la factura, los procesos de tramitación administrativa que garanticen el cumplimiento de los criterios ambientales, o la gestión de los permisos de acceso a la red eléctrica que prioricen aquellos proyectos con mayores beneficios.

Parque de generación del Escenario PNIEC 2023-2030. Potencia bruta (MW)				
Años	**2019**	**2020**	**2025**	**2030**
Eólica	25.583	26.754	36.149	62.054
Solar fotovoltaica	8.306	11.004	46.501	76.277
Solar termoeléctrica	2.300	2.300	2.304	4.804
Hidráulica	14.006	14.011	14.261	14.511
Biogás	203	210	240	440
Otras renovables	0	0	25	80
Biomasa	413	609	1009	1409
Carbón	10.159	10.159	0**	0
Ciclo combinado	26.612	26.612	26.612	26.612
Cogeneración	5.446	5.276	4.068	3.784
Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares)	3.660	3.660	2.847	1.830
Residuos y otros	600	609	470	342
Nuclear	7.399	7.399	7.399	3.181
Almacenamiento*	6.413	6.413	9.289	18.913
Total	**111.100**	**115.015**	**151.173**	**214.236**

**Incluyendo el almacenamiento de solar termoeléctrica llega a 22,5 GW.*

*** El cierre de la generación de carbón estará sujeto a la evaluación por parte del Operador del Sistema de cumplimiento de criterios de seguridad de suministro del sistema, tal y como se establece en el Art. 137 del RDl 1955/2000.*

Fuente: Actualización del PNIEC 2030 (MITERD, 2024)

Tabla 2 - Evolución de la potencia bruta instalada. Fuente: Actualización del PNIEC 2030 (MITERD, 2024)

2 Panorama legal

El panorama legal y la normativa aplicable a la transición energética en España ha evolucionado en los últimos años como respuesta a los compromisos ambientales internacionales, en especial al marco normativo comunitario, los avances tecnológicos y las demandas sociales e institucionales encaminadas a la sostenibilidad y la lucha contra el cambio climático.

En este contexto, el Gobierno de España aprobó en 2019 el *Marco Estratégico de Energía y Clima*, que contiene diversos elementos estratégicos y legislativos cuyo objeto es marcar las principales líneas de acción en la senda hacia la neutralidad climática. Entre las piezas fundamentales de este Marco cabe citar, en primer lugar la *"Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo"* (2020), que se ha desarrollado de acuerdo a las directrices del *Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo del 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima,* en el que se establece la necesidad de elaborar estrategias a largo plazo por parte de los Estados Miembros, con una perspectiva de al menos 30 años. En segundo lugar, la publicación de la *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética*, que establece el marco normativo para asegurar el cumplimiento por parte de España de los objetivos del Acuerdo de París, facilitar la descarbonización de la economía y promover un modelo de desarrollo sostenible.

También con carácter transversal, destaca la Estrategia de Transición Justa, aprobada en 2019, cuyo principal objetivo es maximizar las oportunidades de empleo y minimizar los impactos sociales y económicos de la transición energética.

A continuación, se detallan los aspectos clave de la regulación en esta materia, centrada en los ejes de: eficiencia y ahorro energético, electrificación-almacenamiento, planificación territorial de las energías renovables y promoción del autoconsumo individual y colectivo.

1. Eficiencia y Ahorro Energético

La eficiencia y el ahorro energético son principios esenciales en la transición hacia un modelo energético descarbonizado. La normativa española ha establecido medidas para reducir el consumo energético en los sectores de la edificación, la industria y el transporte. En este contexto, destacan:

- Directiva Europea de Eficiencia Energética (UE) 2018/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE: España adapta esta normativa europea, que establece un marco de medidas para fomentar la eficiencia en todos los sectores. A través de sucesivos reales decretos, se han implementado auditorías energéticas obligatorias, sistemas de gestión de la energía y la creación de empresas de servicios energéticos (ESEs).

- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030): Como se ha citado, este Plan incluye objetivos específicos de ahorro y eficiencia energética, como la reducción del consumo energético primario y final. Además, fomenta la rehabilitación energética de edificios, con subvenciones y ayudas directas que impulsan la mejora de la eficiencia en el sector residencial y público.

Las actuaciones para la mejora de la eficiencia energética de los edificios se han encuadrado dentro de la *Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (ERESEE)*, que cuenta con diferentes piezas legislativas. Es el caso del Código Técnico de la Edificación (CTE), el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) o el Sistema de Certificación Energética de Edificios, entre otros. El CTE, actualizado en agosto de 2025, impone a los edificios requisitos de consumo energético casi nulo, promoviendo el ahorro, el uso de energías renovables y la reducción de emisiones.

Las medidas de fomento de la eficiencia energética comprenden una gran variedad de actuaciones de tipo legislativo y/o de apoyo económico. El instrumento estructural más importante del periodo anterior (2014-2020) a este respecto fue el establecimiento del *Sistema Nacional de Obligaciones de Eficiencia de Energética (SNOEE)*, junto con la creación del *Fondo Nacional de Eficiencia Energética (FNEE)*, para financiar las iniciativas nacionales de eficiencia energética (así dispuesto en la Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia). Mediante el *Real Decreto-Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica,* se extiende la vigencia del SNOEE hasta el 31 de diciembre de 2030, de conformidad con lo dispuesto en la *citada Directiva 2018/2002.*

2. Electrificación y almacenamiento energético

La electrificación del transporte y de la industria es un pilar básico de la transición energética en España. La normativa busca sustituir el uso de motores de combustión y usos térmicos del combustible fósil para introducir electricidad con predominio de generación renovable. Algunos instrumentos clave incluyen:

- La citada ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética establece metas para descarbonizar la economía y fija la neutralidad de carbono para 2050, promoviendo el uso de energía eléctrica de origen renovable en todos los sectores.
- Dentro del PNIEC y el Plan MOVES, se destina una parte significativa de las subvenciones y ayudas a la implantación de la movilidad eléctrica mediante el apoyo a la compra de vehículos eléctricos y a la promoción de la infraestructura de carga en todo el país.
- Electrificación en la Industria: En la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (EDLP), se destacan los esfuerzos hacia una mayor electrificación del sector industrial mediante el cambio de maquinaria y procesos hacia el uso de electricidad en lugar de combustibles fósiles.

Para el almacenamiento energético, ha sido clave el Real Decreto 1183/2020, que habilita la posibilidad de hibridar instalaciones, el Real Decreto-Ley 6/2022 que facilita su tramitación, y el Real Decreto-Ley 8/2023 que reconoce el almacenamiento hidráulico de energía como elemento que contribuye a la descarbonización al contribuir a dar seguridad al sistema eléctrico integrando las otras energías renovables no gestionables y la reducción de vertidos.

3. Planificación Territorial de las Energías Renovables

Junto a los objetivos establecidos en el PNIEC con carácter general, se ha de tener en cuenta que la expansión de las energías renovables requiere una cuidadosa planificación territorial para minimizar su impacto ambiental, económico y social y lograr su mejor integración territorial. En España, esta competencia corresponde a las CC.AA., por lo que los principales instrumentos normativos en este ámbito son los planes de ordenación del territorio (POT). Estos instrumentos, de competencia autonómica, permiten regular la instalación de parques eólicos y fotovoltaicos, teniendo en cuenta los condicionantes ambientales y territoriales, así como su compatibilidad con otras actividades económicas. No ha habido un desarrollo satisfactorio de estos instrumentos debido, por un lado, a que la mayoría de instrumentos se aprobaron con anterioridad al auge registrado en la implantación de instalaciones renovables y, por otro lado, a la comprometida definición de criterios normativos para considerar territorios más o menos aptos.

4. Promoción del Autoconsumo

Las principales regulaciones y medidas en este ámbito son:

- La Directiva de Eficiencia Energética (2023/1791) establece bases mínimas para el autoconsumo y las comunidades energéticas renovables en el conjunto de la UE. Además, los fondos NextGen pueden ser usados para proyectos de autoconsumo.
- Real Decreto 244/2019: Regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica en España, eliminando barreras como el “impuesto al sol” y permitiendo la compensación de excedentes de energía producida.
- Incentivos Fiscales y Ayudas: A través del PNIEC y otras políticas, se han habilitado diversas ayudas económicas y deducciones fiscales para instalaciones de autoconsumo, como las cubiertas solares en edificios y comunidades de vecinos.
- Autoconsumo Compartido: El marco regulatorio permite ahora el autoconsumo compartido en edificios residenciales y entre empresas en polígonos industriales, favoreciendo la democratización de la producción y consumo de energías renovables a menor escala mediante comunidades energéticas.

La implementación de medidas en materia de autoconsumo ha conducido a un crecimiento exponencial de esta solución de aprovisionamiento desde 2019, tras la aprobación del Real Decreto 244/2019, el lanzamiento de la Hoja de Ruta del Autoconsumo, y, fundamentalmente, las ayudas contempladas en el marco del Real Decreto 477/2021, de 29 de junio, sobre programas de incentivos ligados al autoconsumo y al almacenamiento, con fuentes de energía renovable, así como a la implantación de sistemas térmicos renovables en el sector residencial, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

5. Conclusiones

La transición energética en España se sostiene sobre una normativa en gran parte derivada de las normas europeas que busca acelerar la descarbonización y fomentar la sostenibilidad en todos los sectores.

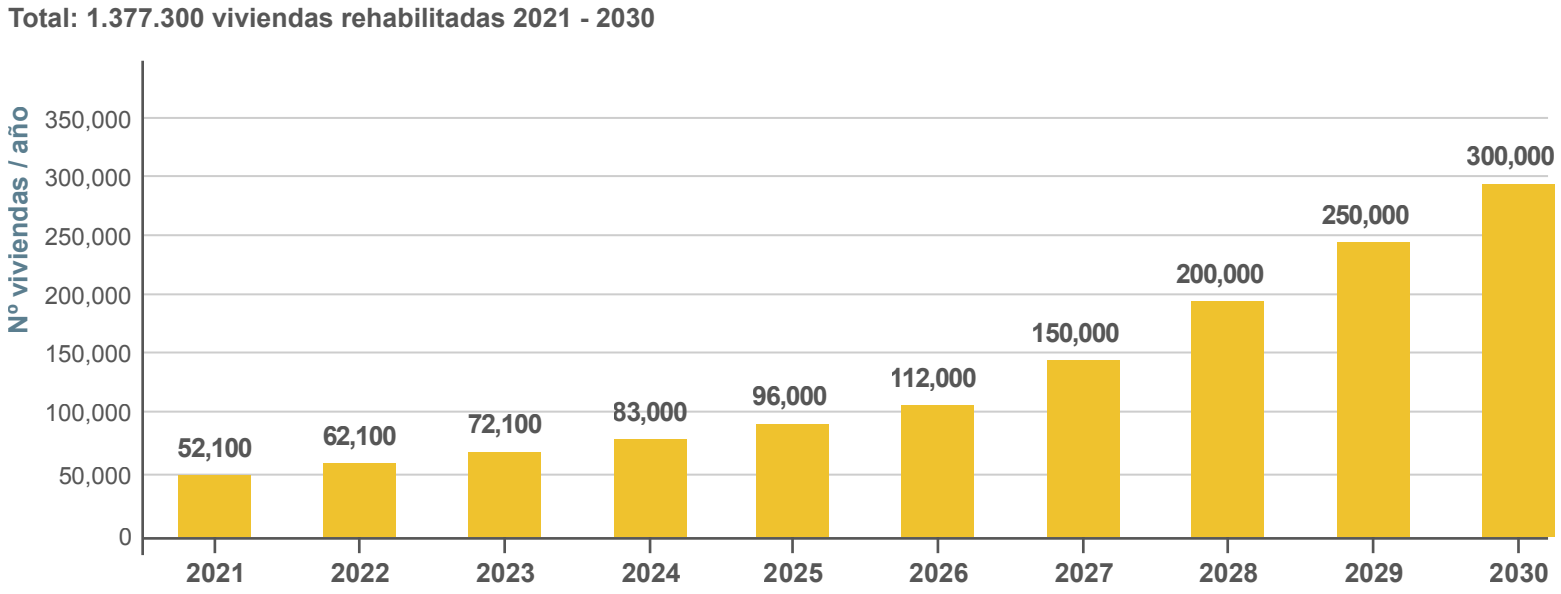
La política se sustenta sobre cuatro aspectos clave (eficiencia y ahorro, electrificación-almacenamiento, planificación de las energías renovables y promoción del autoconsumo) que constituyen la base del panorama regulatorio actual, reflejando el compromiso de España en la lucha contra el

cambio climático y en la construcción de un modelo energético más resiliente, justo y respetuoso con el medio ambiente y los colectivos más vulnerables en esta transición. El reto hacia 2030 y 2050 implica no solo el cumplimiento de las metas establecidas, sino también la adaptación continua de la normativa para responder a los desafíos emergentes en este proceso de transición.

3 Medidas de ahorro

1. Edificación (rehabilitación energética de edificios)

La construcción convencional del parque de viviendas y edificios está dando paso a soluciones más sostenibles que permiten reducir los consumos de energía, principalmente electricidad y térmica. El PNIEC (actualización de 2024) prevé incrementar el número de viviendas rehabilitadas energéticamente hasta 1.377.000, al aplicar la palanca de las inversiones del PRTR y un nuevo marco normativo en torno a la Directiva de Eficiencia Energética en Edificios. Este Plan prioriza las inversiones sobre la envolvente térmica (fachadas, cubiertas y cerramientos). Según se observa en el gráfico adjunto, para cumplir este objetivo es preciso acometer sin tardanza un esfuerzo de gran envergadura.



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023

Figura 2 - Previsión indicativa anual de viviendas rehabilitadas energéticamente 2021-2030. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023

Entre las medidas previstas para actuar sobre la rehabilitación energética de edificios residenciales se identifica la Medida 2.8 centrada en el sector residencial con un Objetivo de ahorro: 4.979 ktep de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030. Entre las acciones concretas que permiten lograr ahorros están los aislamientos (la principal), adaptar la temperatura de la climatización a valores no demasiado extremos, apagar y desconectar los aparatos electrónicos cuando no estén siendo utilizados, reducir la temperatura máxima de agua caliente, apagar luces innecesarias y cerrar ventanas y puertas cuando los dispositivos de climatización estén encendidos, etc.

2. Industria (de escaso margen de mejora)

El ahorro de energía consiste en reducir el consumo con el cambio de comportamiento, lo que afecta a la producción y también a los servicios. En el campo del ahorro el sector industrial cuenta con escaso margen de mejora en los procesos productivos. No obstante, en las instalaciones industriales se pueden aplicar las acciones de ahorro citadas para el sector de edificación residencial.

3. Movilidad (reducción de desplazamientos mecanizados)

Las medidas de ahorro en la movilidad deben ir encaminadas a la **reducción de desplazamientos mecanizados**, fomentando la utilización de modos de transporte no consumidores de energía, como la marcha a pie y la bicicleta. Esta medida requiere de un diseño urbano adecuado a los parámetros de movilidad sostenible que permita minimizar el uso del vehículo privado, contribuyendo así a la reducción del consumo de energía final y las emisiones de CO_2, así como a la mejora de la calidad del aire. Esta cuestión forma parte esencial de instrumentos y planes nacionales, algunos de los cuales se detallan a continuación.

El PNIEC 2021-2030, tras su actualización en 2024, establece un objetivo de ahorro energético acumulado de 53.593 ktep para el periodo 2021-2030. En este sentido, se espera que sea el sector del transporte el que contribuya en mayor

medida al cumplimiento de este objetivo de ahorro, con una asignación de 19.938,9 ktep, que representa un 37% del objetivo acumulado de ahorro de energía en el periodo mencionado.

El PNIEC propone 5 medidas relacionadas con el transporte y la movilidad, de las cuales 1 está dirigida al ahorro energético en este sector:

- Medida 2.1. Zonas de bajas emisiones y movilidad urbana sostenible.
  - Objetivo de ahorro: 6.604,7 ktep de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030.

En el marco del Plan de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 y la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética se desarrollan los Planes de Transporte al Trabajo o Planes de Movilidad al Trabajo, que impulsan una serie de medidas para **reducir el consumo energético en los desplazamientos al trabajo mediante el impulso del teletrabajo y los horarios flexibles**, en un afán de reducir los desplazamientos semanales, así como incentivar al empleado para que utilice diariamente la bicicleta o se desplace a pie hasta su puesto de trabajo.

Por otro lado, la Ley de Movilidad Sostenible, cuyo proyecto de ley fue aprobado en febrero de 2024, pero cuya tramitación en el Congreso es todavía incierta, establece 4 pilares fundamentales para lograr que la población pueda gozar de una movilidad sostenible que contribuya a alcanzar los objetivos de reducción de gases de efecto invernadero y la mejora de la calidad del aire. Uno de estos ejes se centra en conseguir una movilidad limpia y saludable, priorizando la creación de medidas que promuevan e incentiven modos de movilidad más sostenibles y saludables en entornos urbanos y metropolitanos primando la movilidad activa (a pie o en bicicleta).

España cuenta con varios planes, estrategias e iniciativas que buscan promover el ahorro energético en el transporte de mercancías, abogando por el **criterio de proximidad en la logística.** En este sentido, la Estrategia Española de Economía Circular 2030 aboga por una reducción de las distancias de transporte de los productos mediante la optimización de las rutas y la descentralización de los centros logísticos, promoviendo la cercanía en la producción y la distribución. Otros instrumentos como el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, y la Agenda Urbana Española optan por la creación y gestión de centros logísticos de proximidad para promover una logística local que permita reducir el transporte de larga distancia, con el consiguiente ahorro energético en el sector.

4 Medidas de eficiencia

1. Edificación (aerotermia)

Según la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE, 2020), el parque residencial español tiene problemas de muy diferente naturaleza, que podrían condensarse en tres aspectos: conservación, accesibilidad universal y eficiencia energética, siendo este último uno de los déficits más significativos con respecto a los retos y a las exigencias de la sociedad actual.

Atendiendo a las estimaciones realizadas por la ERESEE, 2020 y por el PNIEC 2021-2030 (antes de su actualización de 2024), se pretende pasar del entorno actual de las 25.000 viviendas rehabilitadas al año al objetivo marcado por el PNIEC de alcanzar 300.000 en el año 2030. A partir de este punto, se supone una estabilización de las cifras en el entorno de las 350.00 viviendas/año con rehabilitación profunda (incluyendo envolvente) durante la década 2030-2040, para descender de forma progresiva hasta las 150.000 viviendas/año en el año 2050. Con ello, el total de viviendas rehabilitadas profundamente entre 2020 y 2030 sería de 1.200.000 (1.377.000 viviendas tras la actualización del PNIEC en 2024) y de otras 5.900.000 entre 2031 y 2050, sumando un total de 7.100.000 millones.

La Unión Europea mediante la Directiva (UE) 2024/1275 relativa a la eficiencia energética de los edificios establece la necesidad de mejorar la sostenibilidad y la eficiencia energética en los sistemas de calefacción y climatización de los edificios. Además, establece la eliminación completa de las calderas de combustibles fósiles para el año 2040, y el objetivo de conseguir un parque de viviendas climáticamente neutro para 2050.

En este sentido, la aerotermia, un sistema de climatización y de producción de agua caliente sanitaria basado en la utilización de bombas de calor para extraer el calor del aire exterior, constituye una de las mejores alternativas tecnológicas para conseguir este objetivo. La sustitución de los sistemas de calefacción y climatización convencionales por aerotermia mejorará la eficiencia energética, reduciendo los efectos negativos sobre el medio ambiente derivado del uso de combustibles fósiles, favoreciendo el autoconsumo con renovables o la utilización de energía eléctrica de generación predominante renovable.

En la última reforma del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios –RITE– (RD 178/2021) se establece que una parte de las necesidades energéticas de los edificios deberá ser cubierta con la incorporación de sistemas de aprovechamiento de calor renovable o residual. Para conseguir este objetivo, la conjunción entre el autoconsumo eléctrico basado en pequeñas instalaciones fotovoltaicas en los edificios, y los sistemas de aerotermia (alimentados por esta fuente de energía renovable) constituye la mejor opción de cara a mejorar la eficiencia energética en los edificios, con la consiguiente reducción del consumo de combustibles fósiles y la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El PNIEC propone 3 medidas relacionadas con la rehabilitación energética de edificios residenciales, además de un paquete de medidas asociado a la eficiencia energética para otro tipo de edificaciones:

- Medida 2.8. Eficiencia energética en edificios existentes en el sector residencial.
  - Objetivo de ahorro: 4.979 ktep de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030.
- Medida 2.9. Renovación del equipamiento residencial.
  - Objetivo de ahorro: 1.745 ktep de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030.
- Medida 2.10. Redes de calor y frío de distrito en el sector residencial.
  - Objetivo de ahorro: 599,0 ktep de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030.

2. Industria

El PNIEC revisado prevé que sean los sectores del transporte e industrial los que contribuyan en mayor medida al objetivo de ahorro de energía final acumulado para el periodo 2021-2030, asignándoles un objetivo de ahorro conjunto de 36.267,8 ktep, lo que representa el 68% del objetivo acumulado de ahorro de energía en el periodo.

Ahorro de energía final acumulada por sectores en España 2021-2030 (ktep)

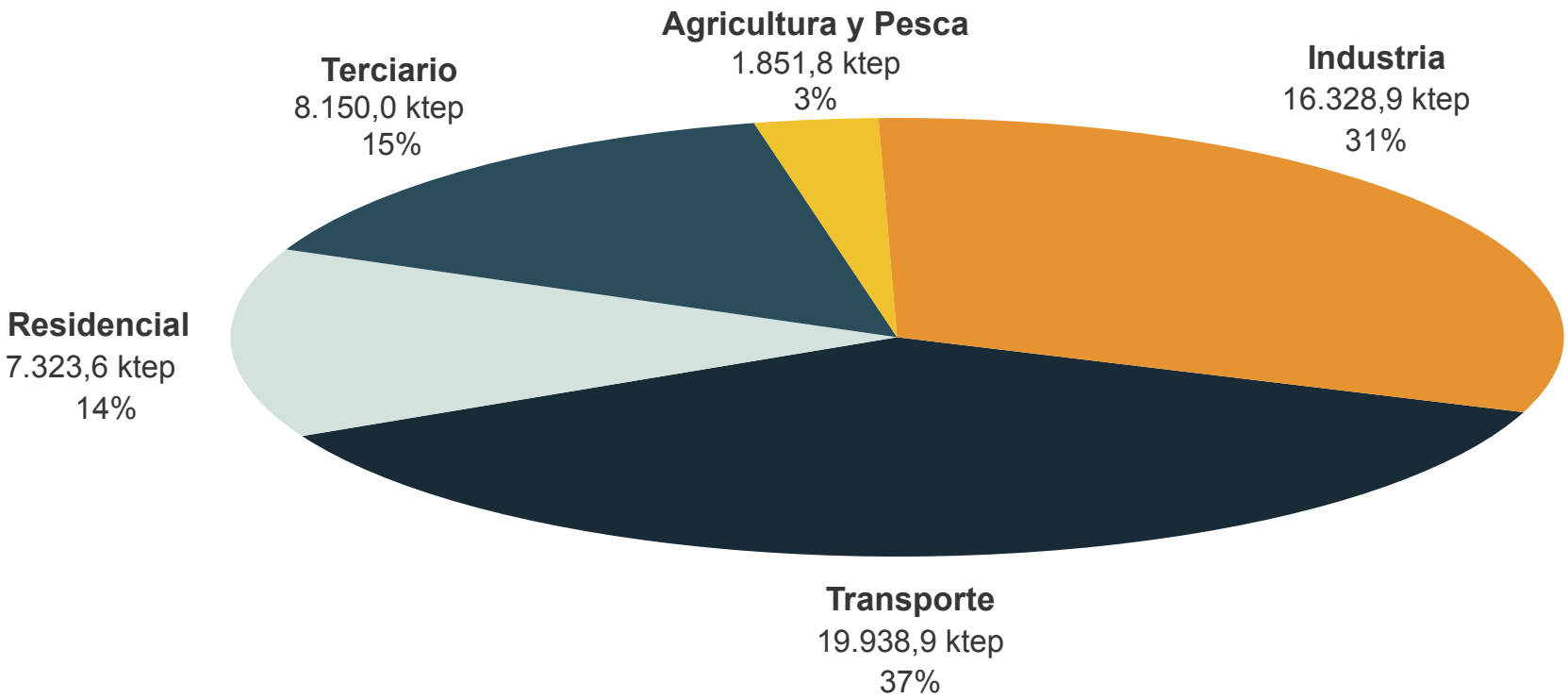


Figura 3 - Ahorro de energía final acumulada por sectores en España 2021-2030 (ktep). Fuente: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2023-2030

Para lograr estos objetivos, el PNIEC propone 2 medidas de eficiencia energética dirigidas al sector industrial de un paquete compuesto por un total de 15 medidas. Ambas medidas promoverán, por un lado, la realización de un mayor volumen de inversiones tanto en la renovación y actualización como en la sustitución de aquellos equipos e instalaciones industriales con peor rendimiento energético por otros que utilicen tecnologías de alta eficiencia energética o, directamente, incorporen las mejores técnicas disponibles (MTD). Contemplará la renovación o sustitución de todo tipo de sistemas consumidores de energía en procesos industriales o que produzcan y/o transporten vapor u otros fluidos caloportadores.

- Medida 2.6. Mejoras en la tecnología y sistemas de gestión de procesos de industrias no energéticamente intensivas.
  - Objetivo de ahorro: 9.283,5 ktep de ahorro de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030.
- Medida 2.7. Mejoras en la tecnología y sistemas de gestión de procesos de industrias energéticamente intensivas.
  - Objetivo de ahorro: 7.045,4 ktep de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030.

Las ramas industriales con mayor consumo energético en términos absolutos en España (INE, 2022) son: la metalurgia, la fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones (1.779 ktep), la industria de la alimentación (1.611 ktep), la industria química (1.533 ktep) y la rama de productos minerales no metálicos, incluyendo la industria cerámica (1.416 ktep). A continuación, se enumeran algunas de las acciones previstas para su implantación en estas ramas industriales:

- Inversión en tecnología moderna: Adoptar tecnologías más eficientes energéticamente para procesos clave (hornos de alta eficiencia, sistemas de recuperación de calor, automatización y control de procesos, electrólisis de alta eficiencia, tecnologías de pretratamiento de materiales, motores y equipos de alta eficiencia, tecnología de filtrado y reducción de emisiones, etc.).
- Auditorías energéticas: Su misión es la de identificar áreas de alto consumo energético y encontrar oportunidades de mejora.
- Sistemas de gestión energética: Implementar sistemas que permitan monitorear, controlar y optimizar el uso de energía.
- Energías renovables: Incorporación de fuentes de energía renovable para reducir la dependencia de fuentes energéticas convencionales.

3. Movilidad (transporte ferroviario y colectivo urbano e interurbano)

Actualmente, en España el uso del vehículo privado en los desplazamientos diarios es mucho mayor que el uso del transporte público. En relación a los desplazamientos al trabajo, el INE establece que alrededor de un 60% de las personas utilizan el vehículo privado frente al 12% que utiliza el transporte colectivo. En este sentido, las medidas para lograr una movilidad sostenible y eficiente deberían ir enfocadas al fomento del transporte público tanto urbano como interurbano a través de la gestión y la planificación de estos servicios, entre otros aspectos.

Las 3 medidas propuestas por el PNIEC asociadas a la eficiencia energética en la movilidad son:

- Medida 2.2. Cambio modal en transporte de mercancías con mayor presencia del ferrocarril.
  - Objetivo de ahorro: 4.403,1 ktep de ahorro de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030.
- Medida 2.3. Renovación del material móvil de los medios de transporte por otros más eficientes y eficiencia mejoras en la gestión
  - Objetivo de ahorro: 3.105,0 ktep de ahorro de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030.
- Medida 2.4. Mejora de la eficiencia y sostenibilidad de los puertos
  - Objetivo de ahorro: 1.984,9 ktep de ahorro de energía final acumulado durante el periodo 2021–2030.

Las medidas de ahorro energético en el ámbito de la movilidad contempladas en el PNIEC (con una previsión de ahorro de 19.938,9 ktep en su conjunto), no solo implican el ahorro energético o la reducción del consumo de combustibles fósiles, sino que también priman el aumento de la eficiencia energética mediante el fomento de los **cambios modales en el transporte, apostando por un incremento en el uso del transporte público colectivo** (actualmente, supone el 2% del consumo final de energía frente al 83% que representa el transporte por carretera, según IDAE) o **del uso de vehículos compartidos** (carpooling y carsharing).

Respecto a la mejora de la eficiencia energética en el transporte de mercancías en España, el PNIEC propone, entre otras medidas, un **cambio modal en el transporte de mercancías que aumente la presencia del ferrocarril** dado que se trata de uno de los modos de transporte más eficientes en términos de consumo de energía por tonelada-kilómetro transportada, reduciendo el consumo de combustible y de emisiones al transportar grandes volúmenes de mercancías en comparación con el transporte por carretera.

Actualmente, el transporte ferroviario de mercancías solo alcanza el 4,8% del total de toneladas-kilómetros transportadas. Por ello, la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 se propone el incremento efectivo del transporte ferroviario de mercancías en su eje 6.1 de manera que se pueda alcanzar una cuota modal de transporte ferroviario de mercancías del 10% para 2030.

El aumento del **transporte de mercancías por vía marítima mediante una navegación de cabotaje** también permitiría una mejora en la eficiencia energética en este sector. El incremento de este tipo de transporte frente al transporte de mercancías por carretera puede ir acompañado de mejoras en las instalaciones y la gestión de la logística portuaria con el fin de reducir el consumo energético final de un medio de transporte que permite la carga de una mayor cantidad de mercancías que los medios de transporte terrestres.

Por último, el cambio hacia modelos más eficientes de transporte, tanto de personas como de mercancías, también incorpora el fomento del uso de biocombustibles o gases renovables, como el hidrógeno verde, a partir de los cuales crear combustibles para los medios de transporte colectivos o de mercancías, así como por las mejoras tecnológicas en la fabricación de los vehículos que permitan reducir el consumo energético de los mismos y una movilidad más sostenible al reducir el consumo de combustibles fósiles.

5 Electrificación

1. Edificación

La mejora de los niveles de electrificación en el sector residencial se centra en la sustitución de las calderas de climatización que utilizan combustible fósil, tanto derivados del petróleo como gas. Además, puede lograrse una mayor introducción de la electricidad en los edificios mediante la sustitución del gas para ACS y cocina por soluciones eléctricas.

2. Industria

Junto a la movilidad, la industria es uno de los sectores con mayor potencial de electrificación y reducción del uso de combustibles fósiles. La progresiva electrificación de la industria española tendría repercusiones muy favorables sobre las vertientes económica, ambiental y social del sector.

Desde una perspectiva económica, la electrificación puede reducir significativamente los costos operativos y aumentar la eficiencia energética, dado que los equipos eléctricos suelen ser más eficientes y menos costosos de mantener que los que funcionan con combustibles fósiles. Además, la volatilidad de los precios de la electricidad es menor en comparación con los combustibles fósiles, lo que facilita una mejor previsibilidad financiera.

En términos ambientales, la electrificación es una estrategia crucial para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Esto es particularmente relevante para las industrias que tradicionalmente han sido grandes emisores de CO2, como la metalúrgica y la química.

En el ámbito social, la electrificación puede generar empleos verdes y mejorar la salud pública al reducir las emisiones de contaminantes. La creación de nuevos puestos de trabajo en sectores relacionados con las energías renovables y la eficiencia energética es una ventaja adicional que

contribuye al desarrollo económico sostenible.

En resumen, la electrificación de las industrias no solo es un paso hacia la sostenibilidad ambiental, sino también una estrategia viable para mejorar la eficiencia operativa y la competitividad económica.

En España, la concentración de industrias intensivas en el consumo de energía se encuentra principalmente en áreas con una fuerte tradición industrial (Cataluña y País Vasco) y acceso a infraestructuras adecuadas (Comunidad Valenciana y Andalucía). A continuación, se detallan las regiones más destacadas junto con su especialización industrial:

- País Vasco, con una fuerte especialización en siderurgia y metalurgia, aunque también destaca la industria del papel.
  - Áreas geográficas clave: Bilbao, Barakaldo, Sestao.
- Cataluña, cuya especialización se centra en la industria química, petroquímica e industria alimentaria.
  - Áreas geográficas clave: Tarragona (polo petroquímico) y Barcelona.
- Comunidad Valenciana, que destaca por la concentración de industria cerámica, química y papelera.
  - Áreas geográficas clave: Castellón (cerámica), Valencia (química y papelera).
- Andalucía, con sus dos polos industriales petroquímicos de Huelva y Bahía de Algeciras, así como industria metalúrgica y cementera.
  - Áreas geográficas clave: Huelva y Algeciras (refino de petróleo), Sevilla (metalurgia), Málaga (cementera).

INDUSTRIA GRAN CONSUMIDORA DE ENERGÍA

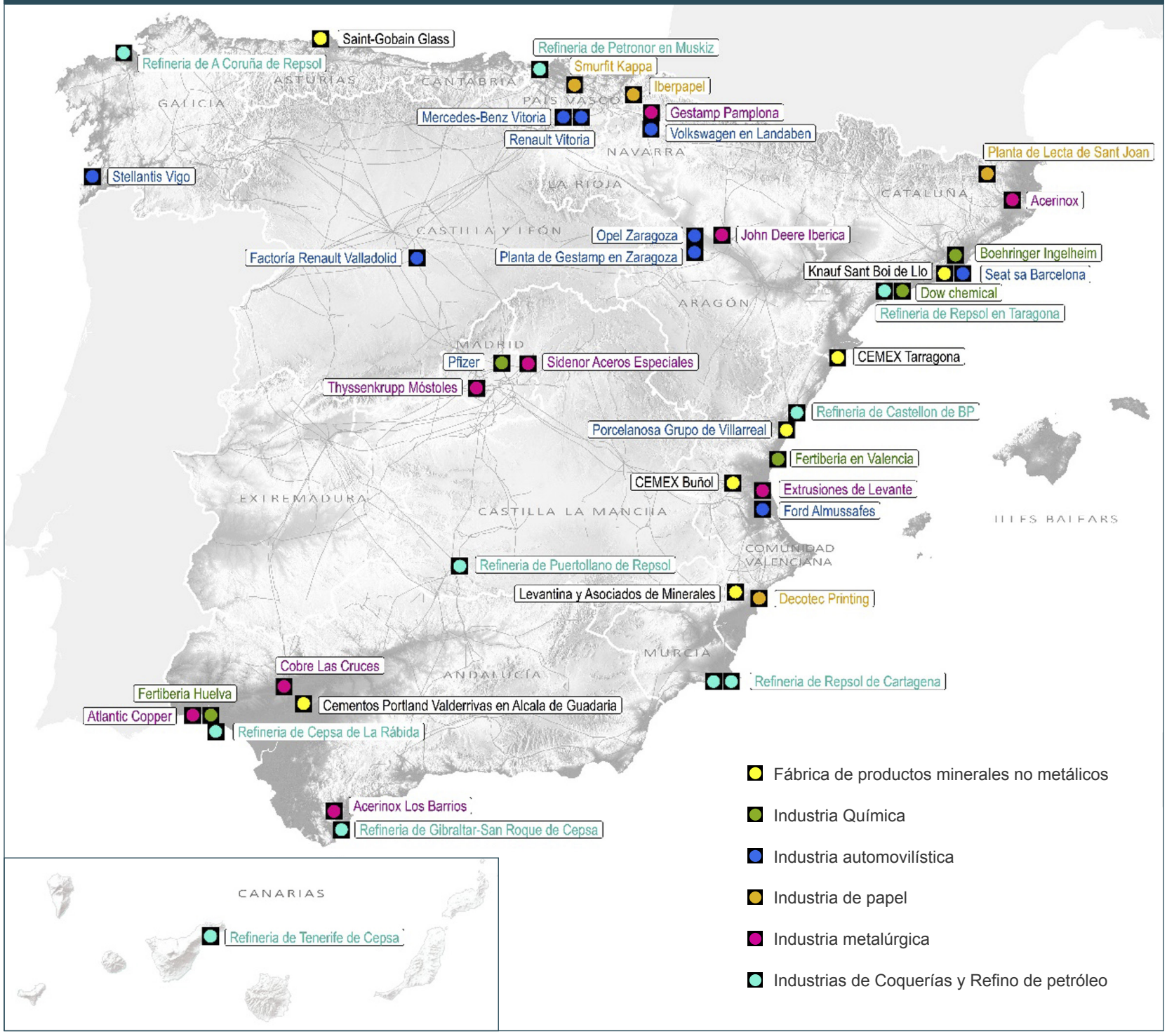


Figura 4 – Industria gran consumidora de energía. Fuente: elaboración propia, 2024

Sin embargo, la electrificación del conjunto de la industria resulta muy difícil con las tecnologías actuales, dado que algunas ramas requieren de energía térmica a muy alta temperatura, como las industrias del metal, cerámica, vidrio, cemento y sectores de la industria química. En línea con las respectivas hojas de ruta, tanto el hidrógeno renovable como el biogás y el biometano son los vectores energéticos prioritarios, de momento, para afrontar este reto.

3. Movilidad. Cadena de valor del vehículo eléctrico

La última medida que el PNIEC dedica a la movilidad se corresponde con el impulso al vehículo eléctrico (medida 2.5), que se estima que proporcionará ahorros en el periodo 2021-2030 de 3.841,20 ktep, alcanzando un parque de vehículos eléctricos de 5.450.000 en 2030 (turismos, furgonetas, autobuses y motos). A finales del año 2024, esa flota no alcanza las 600.000 unidades.

La entrada de los vehículos híbridos y eléctricos en el mercado español en torno al año 2010 generó una serie de cambios en la cadena de valor del sector automovilístico, afectando de manera directa a los procesos de fabricación y producción, y a la venta y puesta en circulación de este tipo de vehículos. De esta manera, la fabricación de vehículos eléctricos depende actualmente de la importación extranjera (desde países asiáticos como China y Taiwán) de los principales componentes del automóvil, los cuales son ensamblados en España posteriormente.

Estos cambios en el proceso de producción y fabricación conllevan alteraciones en las industrias nacionales a distintos niveles. Las plantas de fabricación y producción tradicionales pueden ver reducidas sus dimensiones debido al cambio de funcionalidad (pasando de la fabricación al ensamblaje de piezas importadas) y redistribuidos sus diseños (dada la imposibilidad de montar los nuevos componentes en el lugar de ensamblaje antiguo). Además, conllevará cambios de mano de obra, dada la necesidad de formación del personal en nuevos aspectos de la cadena de montaje y de la inversión en ingeniería para adaptarse a la evolución tecnológica.

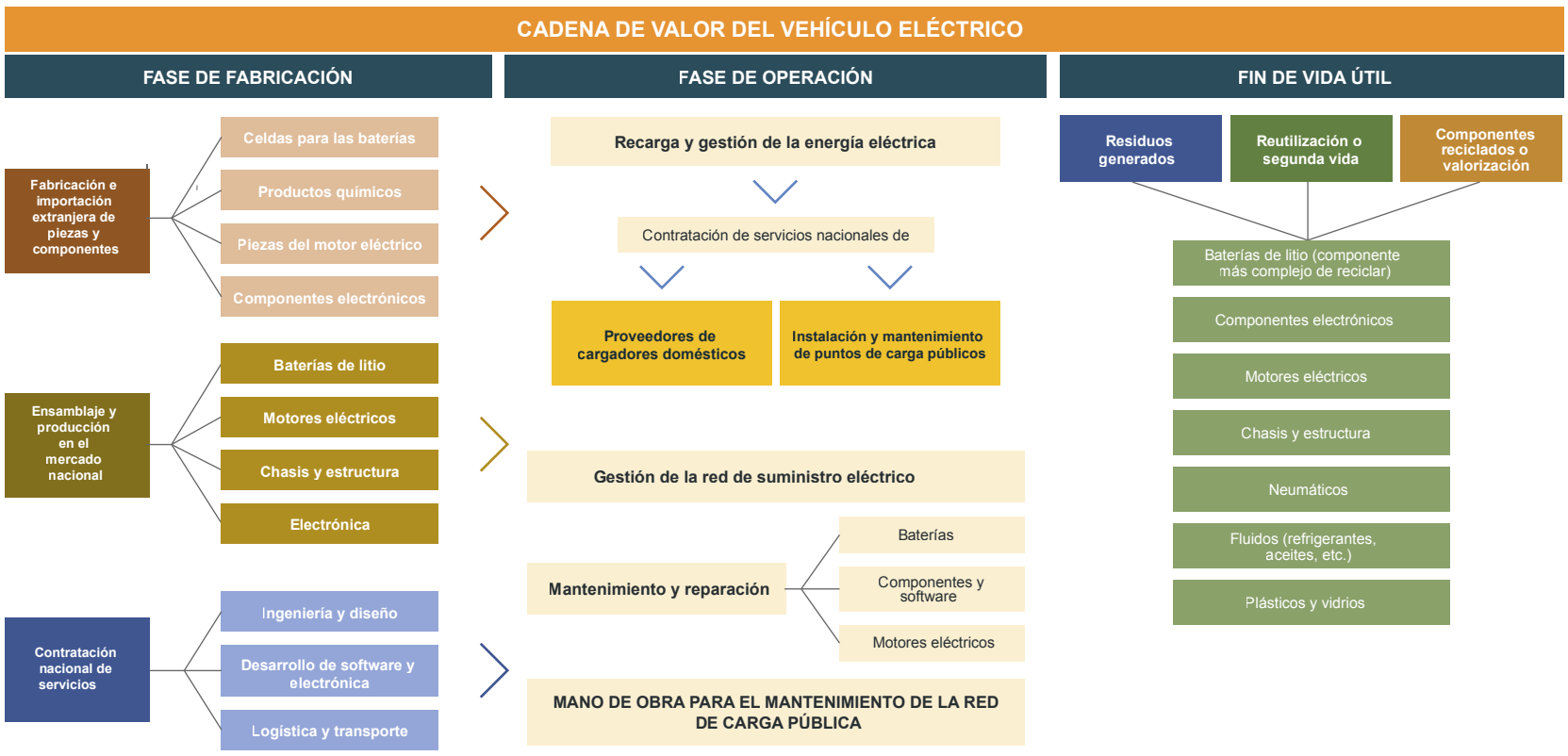
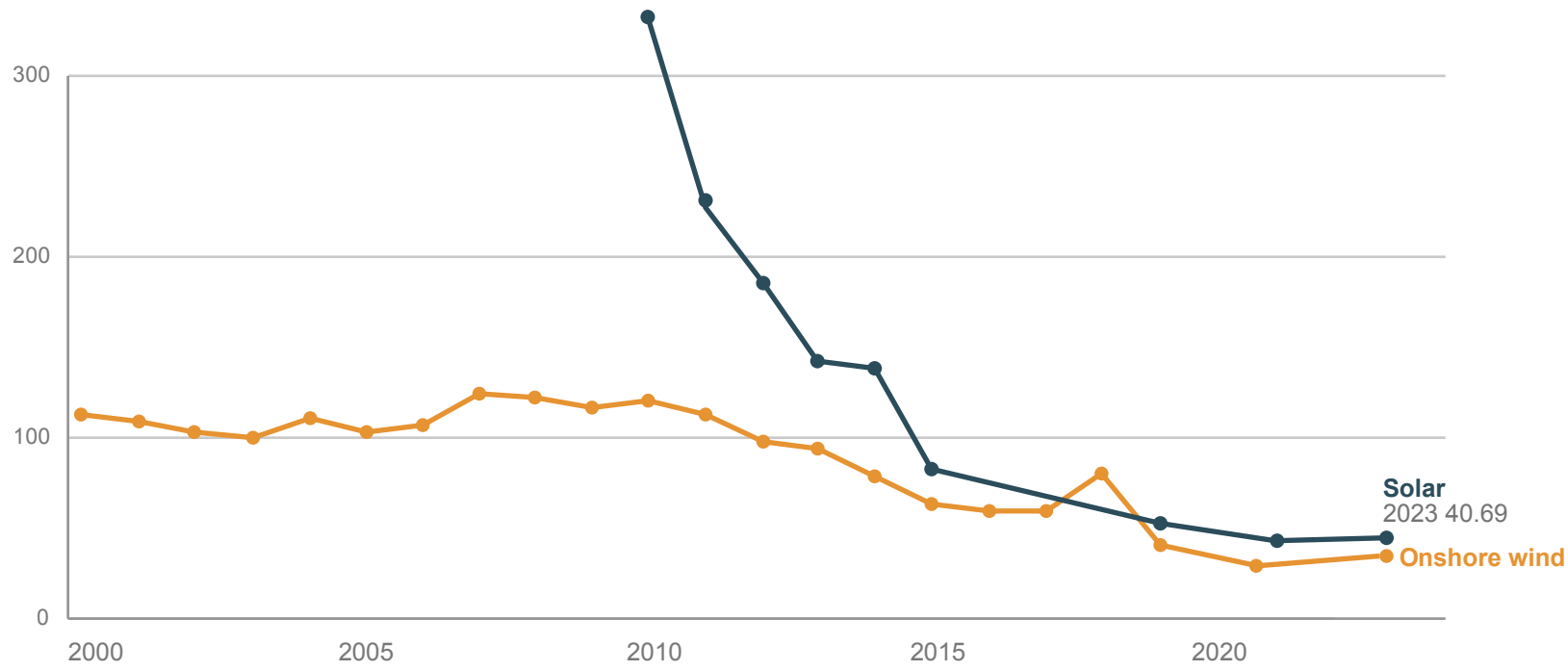


Figura 5 – Cadena de valor del vehículo eléctrico. Fuente: elaboración propia, 2024

6 Despliegue de renovables

El coste (LCOE) de las energías renovables básicas ha descendido de forma extraordinaria en los últimos años. Según IRENA el coste medio en 2020 era de 40,69€/MWh para la solar fotovoltaica y 33,29€/MWh para la eólica terrestre.



Fuente: IRENA Renewable Power Generation Costs in 2023 · Offshore wind not included due to limited data availability.

Figura 6 - Coste de generación de energía solar y eólica. Fuente: IRENA

1. Fotovoltaica. Cadena de valor

España se ha consolidado en una posición destacada como productor de los elementos necesarios para la producción fotovoltaica, especialmente en componentes de alto valor como los seguidores solares, las estructuras, la electrónica de potencia y el diseño. Además, las empresas españolas se sitúan entre las líderes a nivel mundial, y el país es capaz de financiar hasta el 65% de los costos de los componentes de una planta fotovoltaica utilizando tecnología nacional (UNEF, 2024).

No obstante, aunque hay empresas nacionales que fabrican componentes para las instalaciones fotovoltaicas, el 35% restante de los costos (UNEF, 2024), correspondiente a los paneles fotovoltaicos, y se produce mayoritariamente en Asia.

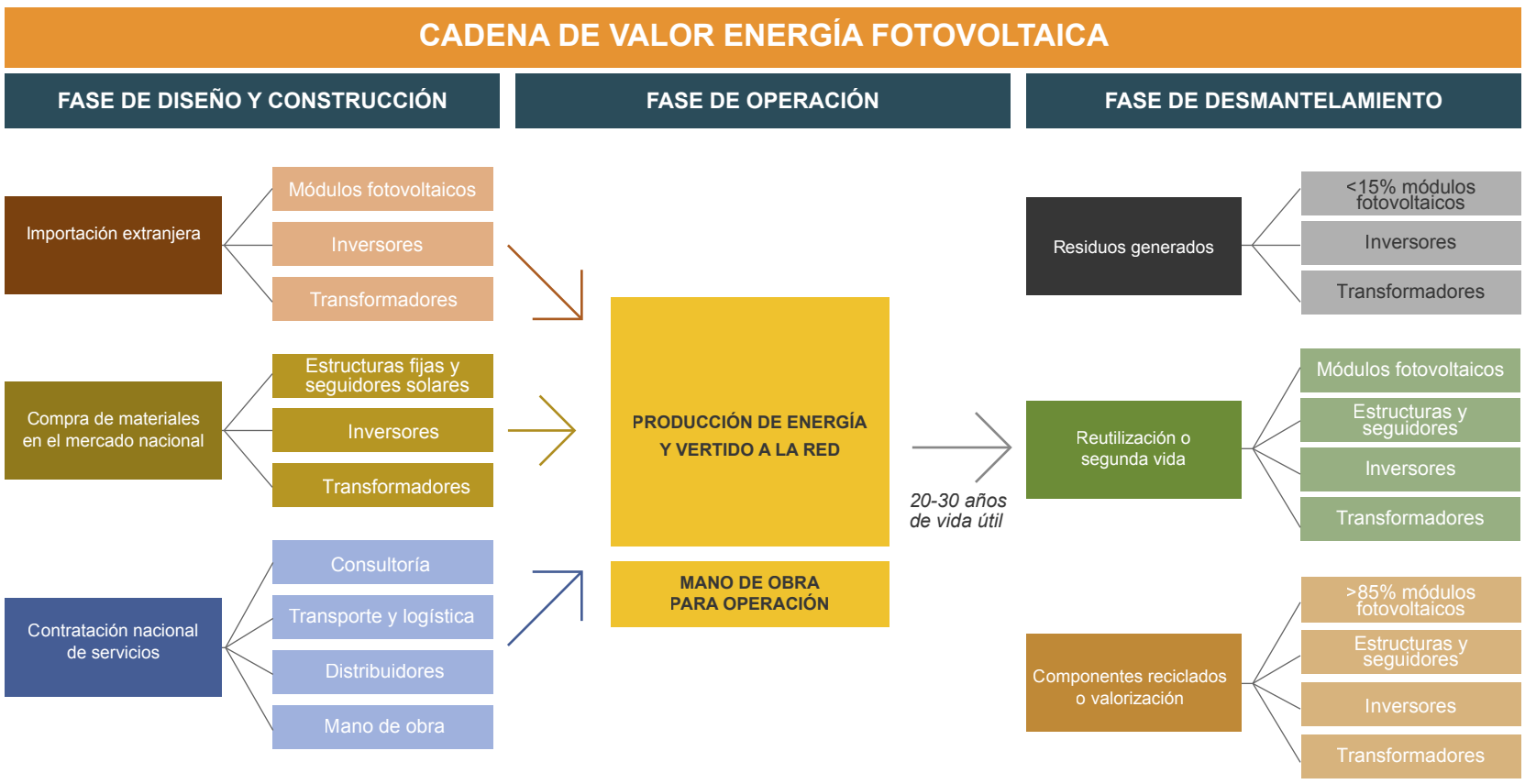


Figura 7 – Cadena de valor de la energía fotovoltaica. Fuente: elaboración propia, 2024

2. Eólica. Cadena de valor

La energía eólica constituye uno de los elementos clave en la estrategia de la Unión Europea y española para lograr un sistema energético más sostenible. Según el Catálogo de la Industria Eólica Española (AEE, 2024), este sector genera 40.000 puestos de trabajo altamente cualificados, con exportaciones que superan los 2.500 millones de euros anuales, lo que nos sitúa en el quinto lugar a nivel mundial.

En la actualidad, la energía eólica se ha convertido en la principal fuente de generación eléctrica en España (24% del total). Este notable avance en la penetración de la energía eólica ha fomentado el crecimiento de diversas actividades empresariales, consolidando al sector español como uno de los referentes globales en este campo. Además, el país se mantiene como un referente en el desarrollo de patentes, ocupando el sexto puesto en el ámbito global.

Figura 8 – Cadena de valor de la energía eólica. Fuente: elaboración propia, 2024

3. Biogás. Cadena de valor

Según la Hoja de Ruta del Biogás (MITERD, 2022), en España se encuentran 146 instalaciones de biogás, de las cuales 130 reportaron consumo de biogás en 2020. La producción estimada de biogás en estas plantas en 2020 está en torno a 2,74 TWh. De ese total, 2,45 TWh son consumidos en centrales de generación eléctrica (cogeneradoras y no cogeneradoras), de los que 0,16 TWh son de calor, siendo el resto (2,29 TWh) de generación eléctrica.

No obstante, aunque hay empresas nacionales que fabrican componentes para las instalaciones fotovoltaicas, el 35% restante de los costos (UNEF, 2024), correspondiente a los paneles fotovoltaicos, y se produce mayoritariamente en Asia.

Figura 9 – Cadena de valor del biogas. Fuente: elaboración propia, 2024

4. Almacenamiento. Cadena de valor

El almacenamiento energético es el sector más incipiente y necesario para el futuro, y actualmente las tecnologías más conocidas en España se centran en el bombeo hidroeléctrico y las baterías, además de otras tecnologías (aire comprimido, almacenamiento térmico, supercondensador, volantes de inercia o pilas de combustible de hidrógeno).

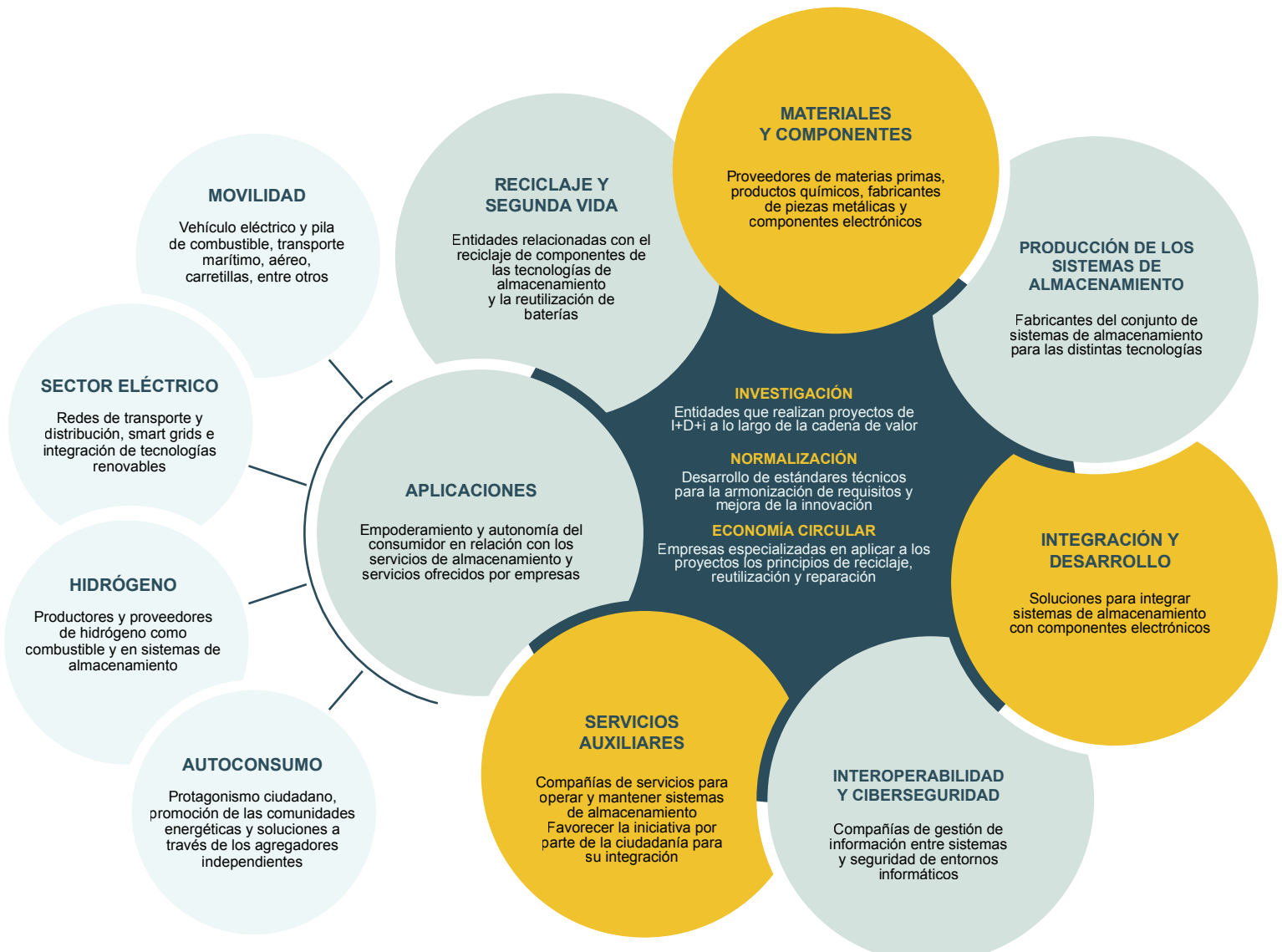


Figura 10 – Cadena de valor del almacenamiento energético. Fuente: Estrategia de Almacenamiento Energético. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021

En el caso de las **centrales hidroeléctricas de bombeo,** en octubre de 2024 se encontraban en operación 21 instalaciones con una potencia conjunta de 5.380 MW en toda España, repartidos entre unos 3.300 MW de plantas de bombeo puro (en las que es necesario siempre bombear el agua al embalse superior) y unos 2.000 MW de bombeo mixto (que pueden funcionar tanto como una hidroeléctrica convencional como una reversible). Además, se encuentran en proyecto unas 20 instalaciones, algunas que ya cuentan con el permiso para conectarse a la red de alta tensión (2.747 MW de potencia) y otras para los que han pedido la autorización para enchufarse a la red (1.050 MW de potencia). Es destacable la actuación de la propia Red Eléctrica de España en Gran Canaria, donde ha promovido la Central hidroeléctrica de bombeo reversible de Salto de Chira, actualmente en construcción, y con una potencia de 200 MW. Estas actuaciones energéticas de gran magnitud, como es el caso de la propia central hidroeléctrica, son necesarias para acelerar la transición energética y disminuir la dependencia energética externa. Sin embargo, generalmente, suelen experimentar un fuerte rechazo social.

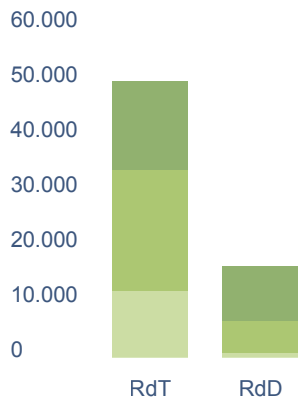
Por su parte, la tecnología de **almacenamiento energético por baterías** apenas está desarrollado actualmente en España, dado que en octubre de 2024 sólo hay conectados 16 MW en la red de transporte y 11 MW en la red de distribución. No obstante, hay que contar con 12 GW con el permiso concedido de acceso y conexión y 8,9 GW que se quieren conectar a la red de transporte y de distribución.

RED ELÉCTRICA

Departamento de Acceso a Red **NACIONAL**

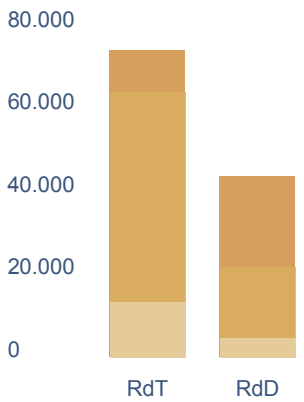
Datos de capacidad de acceso de instalaciones (MW)

Eólica



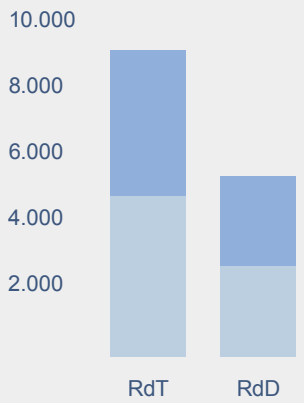
	RdT	RdD
Puesta en servicio	15.795	9.074
Con permisos	23.989	4.566
En curso	10.396	1.152
total	50.180	14.792

Fotovoltaica



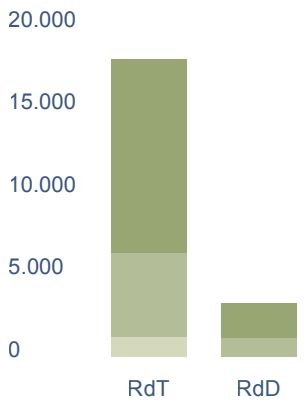
	RdT	RdD
Puesta en servicio	11.250	9.044
Con permisos	55.758	16.508
En curso	10.836	5.923
total	77.844	31.463

Baterías



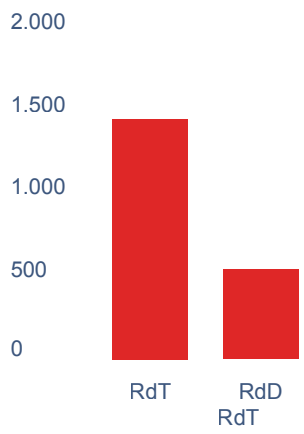
	RdT	RdD
Puesta en servicio	37	11
Con permisos	2.368	6.797
En curso	4.752	3.148
total	7.157	9.876

Hibridación



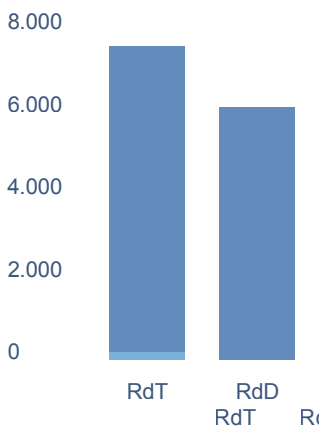
	RdT	RdD
Puesta en servicio	11.797	1.208
Con permisos	4.317	1.187
En curso	1.431	180
total	17.545	2.575

Termosolar



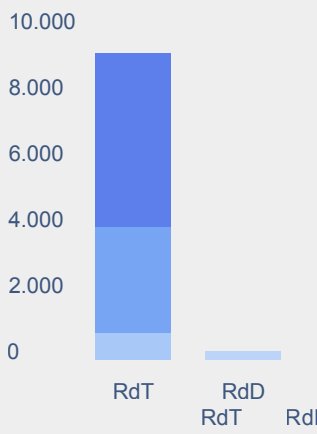
	RdT	RdD
Puesta en servicio	1.397	521
Con permisos	0	50
En curso	22	0
total	1.419	571

Hidráulica



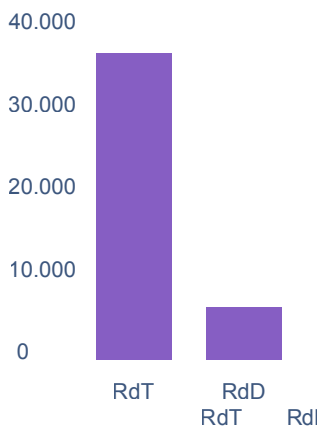
	RdT	RdD
Puesta en servicio	7.252	6.018
Con permisos	166	48
En curso	0	0
total	7.418	6.066

Bombeo



	RdT	RdD
Puesta en servicio	5.347	0
Con permisos	2.747	0
En curso	896	154
total	8.990	154

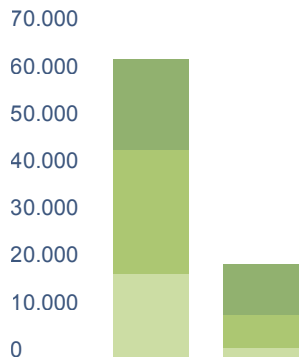
Otras tecnologías



	RdT	RdD
Puesta en servicio	33.801	6.333
Con permisos	114	442
En curso	148	29
total	34.063	6.804

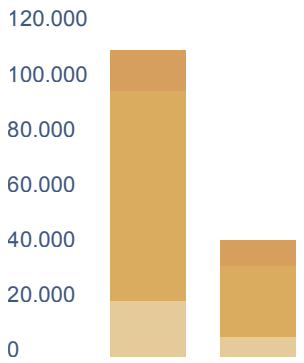
Datos de potencia instalada de módulos (MW)

Eólica



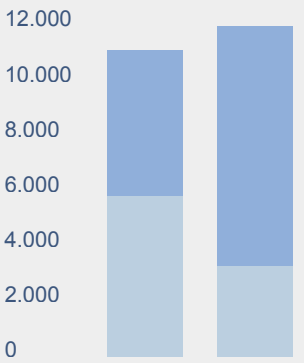
	RdT	RdD
Puesta en servicio	21.010	9.804
Con permisos	29.012	5.672
En curso	12.782	1.235
total	62.804	16.711

Fotovoltaica



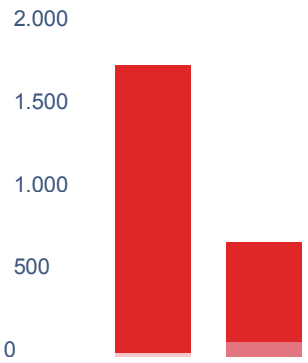
	RdT	RdD
Puesta en servicio	15.086	9.360
Con permisos	76.272	20.879
En curso	18.297	6.561
total	109.655	36.800

Baterías



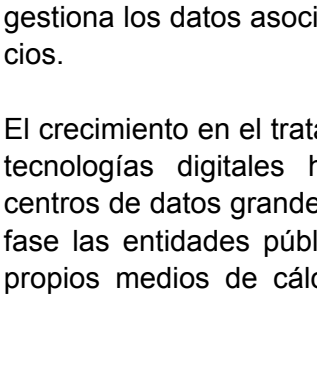
	RdT	RdD
Puesta en servicio	16	11
Con permisos	4.485	7.494
En curso	5.551	3.396
total	10.052	10.901

Termosolar



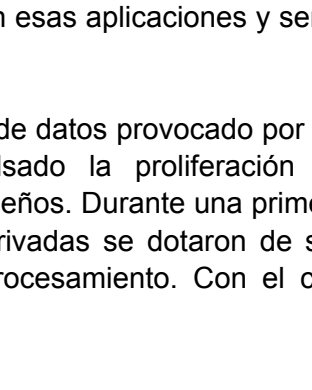
	RdT	RdD
Puesta en servicio	1.699	571
Con permisos	0	81
En curso	22	0
total	1.721	652

Hidráulica



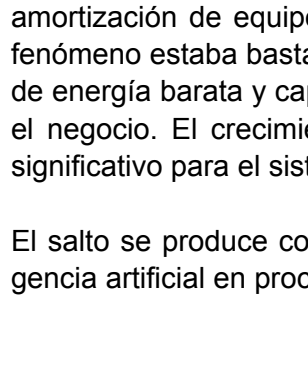
	RdT	RdD
Puesta en servicio	7.620	6.020
Con permisos	495	106
En curso	0	0
total	8.115	6.126

Bombeo



	RdT	RdD
Puesta en servicio	5.380	0
Con permisos	2.733	0
En curso	1.196	154
total	9.309	154

Otras tecnologías



	RdT	RdD
Puesta en servicio	36.188	6.373
Con permisos	128	671
En curso	568	178
total	36.884	7.222

RdD: Red de distribución **RdT: Red de transporte**

Puesta en servicio: generación en servicio

Con permisos: generación pendiente de puesta en servicio que cuenta con permisos de acceso y conexión a la red de transporte o aceptabilidad para conexión a la red de distribución

En curso: generación que ha solicitado permisos de acceso y conexión a la red de transporte o aceptabilidad para conexión a la red de distribución y actualmente se encuentra en curso

Figura 11 – Red eléctrica. Fuente: Red Eléctrica de España, octubre 2024

7 Nuevas demandas: los centros de datos

Un Centro de datos es una sala o instalación física que alberga una infraestructura de TI para crear, ejecutar y entregar aplicaciones y servicios. También almacena y gestiona los datos asociados con esas aplicaciones y servicios.

El crecimiento en el tratamiento de datos provocado por las tecnologías digitales ha impulsado la proliferación de centros de datos grandes y pequeños. Durante una primera fase las entidades públicas y privadas se dotaron de sus propios medios de cálculo y procesamiento. Con el crecimiento de las necesidades de cálculo del blockchain se registró un crecimiento global de equipos dedicados al minado como negocio cuyo input básico era la energía y la amortización de equipos. La estructura productiva de este fenómeno estaba bastante desconcentrada. Quién disponía de energía barata y capacidad de adquirir equipos montaba el negocio. El crecimiento de consumo energético no fue significativo para el sistema.

El salto se produce con la introducción masiva de la inteligencia artificial en procesos de todo tipo. Sam Altman, CEO

de Open AI, describe el progreso objetivo como "sorprendentemente exponencial y continuo". Lo compara con la evolución del iPhone, donde ningún modelo nuevo representó un gran salto, pero el salto de la primera versión a la última ha sido extraordinario.

Estos consumos, junto con el almacenamiento en la nube, explica que alrededor del 1,5 % de la electricidad mundial se destine al suministro de energía a los centros de datos, lo que equivale a unos 340 Teravatios-hora (TWh), que podrían elevarse, según otras estimaciones, hasta 460 TWh en 2022. La mayor parte de esta energía eléctrica consumida se destina al almacenamiento y procesamiento de datos para todo tipo de aplicaciones, desde la transmisión de vídeo hasta las transacciones financieras. Sin embargo, la inteligencia artificial (IA) representará gran parte de la demanda futura de centros de datos.

En esta fase del crecimiento, se han concentrado los centros de datos, algunos de una extraordinaria capacidad y potencia y se ha registrado una mayor concentración espacial, como en el caso de Irlanda. Una quinta parte de la electricidad que se consume en Irlanda se destina a alimentar los centros de datos del país, una cifra superior a la que consumen sus hogares urbanos. Con un centro de datos por cada 42.000 habitantes, Irlanda tiene una de las mayores concentraciones de potencia informática per cápita del mundo.

Existen unos 60 centros de datos actualmente en España (propiedad de más de 40 empresas). Aumento de la superficie de los centros de datos en el periodo 2023-2027 y aumento de la potencia del 52,7%. Madrid se consolida como principal clúster de centros de datos en España alcanzando una capacidad de 110 MW (se posiciona como el sexto en el mercado europeo en el sector). Se preveía un aumento del 54% de la capacidad para 2024 (58 MW adicionales). Barcelona es la segunda ciudad que concentra centros de datos en España.

Microsoft ha anunciado un proyecto región cloud entre 2024 y 2025 (2.100 millones de dólares), incluyendo la construcción de un nuevo campus de datos en Villamayor de Gállego (Aragón). En los últimos seis meses, España ha captado inversiones por valor de 34.100 millones de euros para la construcción de centros de datos, consolidándose como un destino preferente en Europa para este tipo de infraestructuras.

También las ciudades de Zaragoza, Valencia y Málaga están concentrando centros de datos, pero su dimensión conjunta es menor que las dos primeras. En Zaragoza se ha producido un conflicto entre promotores, empresas y administración, por un lado, y grupos ecologistas, por otro, que protestan por los consumos de agua y los impactos ambientales de los centros, especialmente los proyectados por Microsoft y Amazon.

Previsiones de evolución en los próximos años

El incremento de los centros de datos a nivel mundial está generando un aumento significativo en el consumo de energía. De hecho, la Agencia Internacional de la Energía estima que la demanda mundial de energía de los centros de datos podría aumentar entre un 128% y un 203% para 2030, pudiendo superar los 1.000 TWh para esa fecha, principalmente debido al consumo energético relacionado con la IA. Estos volúmenes son similares al consumo total de electricidad de Japón en la actualidad. El crecimiento está directamente relacionado con el auge de la IA generativa y otras aplicaciones de IA está impulsando una demanda sin precedentes de potencia de cálculo, a lo que se suma la creciente demanda de servicios en la nube, streaming, redes sociales y otras aplicaciones digitales.

En Estados Unidos, por ejemplo, se espera que el consumo de energía de los centros de datos represente casi la mitad del crecimiento de la demanda eléctrica entre ahora y 2030. También Irlanda y los Países Bajos estiman crecimientos muy significativos en la aportación de los centros de datos a la demanda de electricidad para los próximos cinco años.

En China se prevé un incremento de electricidad para centros de datos de entre el doble y el triple hasta 2030, como resultado de sus avances tecnológicos y la intensa digitalización de su economía. La India, por su parte, también prevé un crecimiento importante de sus infraestructuras de cálculo y almacenamiento, pero sus dimensiones son menores; mientras que China puede llegar a alcanzar los 600 TWh en 2030, es difícil que India sobrepase los 100 TWh en la misma fecha.

En España la Estrategia de Inteligencia Artificial prevé un crecimiento de 2.000 MW de potencia instalada hasta 2030. En los últimos ocho meses, España ha captado inversiones por valor de 34.100 millones de euros para la construcción de centros de datos, consolidándose como un destino preferente en Europa para este tipo de infraestructuras.

Principales proyectos anunciados:

- **Meta (Facebook):** 750 millones de euros en un centro de datos en Talavera de la Reina (Toledo), generando 250 empleos directos.
- **Blackstone (a través de QTS Data Centers):** 7.500 millones de euros en Aragón, con una creación estimada de 1.400 empleos directos durante las fases de construcción y operación.
- **DGNEX Data Centers (grupo dubaití Damac):** 400 millones de euros para un centro de datos en Vicálvaro (Madrid), con planes de expansión en Barcelona y Zaragoza.
- **Merlin Properties:** 2.000 millones de euros para desarrollar un gran hub europeo de centros de datos en Barcelona.
- **Amazon Web Services (AWS):** Más de 15.700 millones de euros en Aragón, con una estimación de 17.500 empleos creados y una contribución al PIB de 21.600 millones hasta 2033.
- **Iberdrola:** Inversiones globales en centros de datos por valor de 10.000 millones de euros, de los cuales se estima que 2.000 millones se destinarán a un gran centro de datos en Bilbao, en colaboración con Dominion y Kutxabank.
- **Microsoft:** 1.933 millones de euros entre 2024 y 2025 para una nueva región cloud en la Comunidad de Madrid, con una proyección de generar 10.700 millones de euros al PIB español y cerca de 77.000 nuevos puestos de trabajo en los próximos seis años.
- **Oracle:** 920 millones de euros en los próximos diez años para una nueva región cloud en Madrid, ubicada en dos centros de datos de Telefónica.
- **Equinix:** 52 millones de euros para la ampliación de su centro de datos en Hospitalet de Llobregat.
- **Box2Bit (Capital Energy):** 1.000 millones de euros para un centro de datos en Calatayud, en un complejo de 400.000 metros cuadrados.
- **Nabiax:** 47 millones de euros para ampliar la capacidad de sus centros de datos en Alcalá de Henares y Julián Camarillo (Madrid).
- **OVHcloud:** Planes para instalar una de sus cinco zonas europeas en Madrid, aún sin detallar la inversión.

A pesar del aumento en el consumo, las mejoras en la eficiencia energética de los centros de datos han ayudado a moderar el crecimiento de la demanda en el pasado. Sin embargo, estas ganancias de eficiencia parecen haberse ralentizado en los últimos años.

8 Transición justa

1. Sectores perjudicados

Combustible fósil, refinerías, distribuidoras

La literatura científica[2] ha demostrado suficientemente que la transición energética trae beneficios agregados en indicadores como el empleo y el PIB. Sin embargo, estos beneficios no se distribuyen de manera uniforme. Algunos sectores, especialmente aquellos dependientes de los combustibles fósiles, podrían registrar pérdidas netas, siendo más vulnerables a los impactos económicos. Estos efectos pueden extenderse a sectores adyacentes, afectando los ingresos fiscales locales y generando repercusiones indirectas en la economía local. La concentración de estos efectos en determinados sectores, y territorios, plantea serios desafíos de justicia distributiva y subraya la necesidad de articular políticas que aseguren una transición justa para esos sectores y territorios.

Un aspecto central de esta disrupción es el impacto en el empleo derivado del cambio hacia una economía baja en carbono. La regulación ambiental suele concentrar los impactos laborales en industrias contaminantes, y aunque se proyectan efectos positivos en el empleo general gracias a la creación de empleos verdes, estos beneficios suelen enmascarar el hecho de que las pérdidas de empleo pueden estar altamente concentradas en determinados sectores.

Esta situación ha necesario pensar en implementar medidas que hagan posible una “transición justa” que proteja a los trabajadores vulnerables en la transición energética. Este esfuerzo es fundamental no solo desde una perspectiva de justicia social, sino también para lograr vencer la oposición de algunos colectivos que, preocupados por la pérdida de empleos, han bloqueado en el pasado políticas climáticas y energéticas.

Aunque no hay muchos estudios sobre qué sectores serán los más afectados por la transición energética en términos de empleo o PIB, si hay un claro consenso en que serán las actividades de extracción de combustibles fósiles (CNAE 0610, CNAE 0620), Coquerías y Refino de petróleo (CNAE 1910, CNAE 1912) y transporte de gas (CNAE 3521, CNAE 3522) las que podrían experimentar las pérdidas de empleo netas más significativas a medida que se reduce la demanda de combustibles fósiles y aumenta la inversión en fuentes renovables.

Otros sectores, en cambio, como la fabricación de automóviles y su industria auxiliar, fundamentales en la economía española, tendrán que realizar un importante ajuste para readaptar su plantilla a los nuevos sistemas de propulsión, pero es presumible que la afección neta al empleo sea menor.

El propio informe sobre “Impacto económico, de empleo, social y sobre la salud pública del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030” señala que solo será la industria extractiva la que registrará pérdidas netas de empleo en 2030, que estima en -569 empleos, derivada de la reducción de actividad de extracción del carbón.

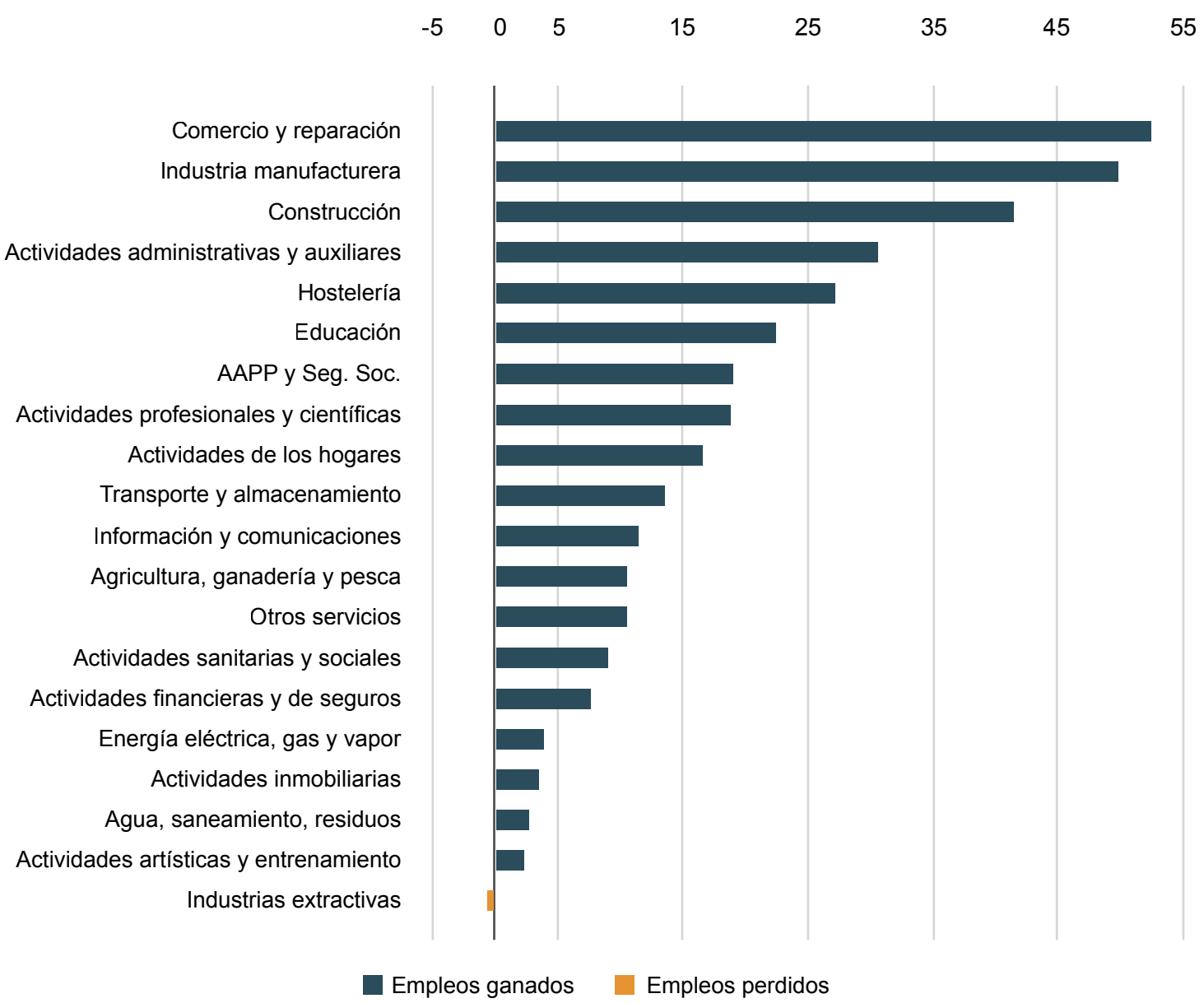


Figura 12 – Impacto en el empleo por ramas de actividad (miles de personas/año). Fuente: Basque Centre for Climate Change, 2019

2. *Ver bibliografía: Grahan, k-Shultz, G. / AIE / Banco Mundial*

No dice nada, sin embargo, de otros sectores que también se verán afectados por la transición energética, y al que otros estudios atribuyen pérdidas significativas de empleo que se compensarían con las ganancias laborales de otros sectores como la energía solar (CNAE 3514), la energía eólica (CNAE 3519) y la eficiencia energética (CNAE 3521 y 3522).

Sectores de Actividad (CNAE)	Cambio en el Empleo Estimado para 2050
Extracción de crudo (0610)	-25%
Extracción de gas natural (0620)	-20%
Generación de electricidad (fósil) (3511)	-30%
Energía solar (3514)	+15-20%
Energía eólica (3519)	+25%
Eficiencia energética (3521, 3522)	+10-15%

Tabla 3 – Cambios en el empleo en los sectores energéticos. Fuente: "Net Zero by 2050". Agencia Internacional de Energía (IEA) y “Transición Justa en el Sector del Carbón y otros Combustibles Fósiles”. Banco Mundial

Estas estimaciones subrayan la importancia de políticas de transición justa, que apoyen la reubicación y capacitación laboral en sectores emergentes. Los estudios también indican que el crecimiento en empleos sostenibles podría compensar las pérdidas en sectores tradicionales, si bien la adaptación requerirá inversión en nuevas habilidades y estructuras de apoyo.

En España, los sectores vinculados directamente a la extracción, transformación y distribución de combustibles fósiles registran en 2022 un total de 95 empresas y 12.391 empleos, concentrando la mayoría del empleo, las empresas de refino de petróleo (70%), donde se incluye parte del empleo en el sistema de distribución.

Sectores Energéticos	Nº. de Empresas	Nº. de Trabajadores
061 Extracción de crudo de petróleo	6	7
062 Extracción de gas natural	2	9
191 Coquerías	6	82
192 Refino de petróleo	8	8.647
352 Producción de gas; distribución por tubería de combustibles gaseosos	71	3.647
Total	**93**	**12.391**

Tabla 4 - Empleos de los sectores energéticos más afectados por la transición energética. Fuente: DIRCE. INE

Según la Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos (AOP) en 2022 se contabilizaban un total de 12.346 puntos de venta estimando dicha organización que el sector genera entre directos, indirectos e inducidos unos 200.000 empleos.

La transición energética afectará también de forma diferente a las ocupaciones de los sectores energéticos. Algunas de las que se verán más afectadas por el cambio en el horizonte 2050, y que deberían tenerse en cuenta en una transición justa son:

- Extracción de Crudo y Gas Natural (CNAE 0610, 0620): las ocupaciones más afectadas son las de Operadores y técnicos de perforación y mantenimiento, sobre las que se proyecta una disminución de hasta un 20-30% en este subsector debido a la caída en la demanda de combustibles fósiles.
- Generación de Electricidad de Fuentes Fósiles (CNAE 3511): en este caso, las ocupaciones más afectadas son las de Operadores y técnicos de plantas térmicas, ingenieros en combustibles fósiles. Se estima una pérdida de empleos en torno al 25% al disminuir la dependencia de generación fósil, especialmente en países comprometidos con el cero emisiones.
- Transporte y Distribución de Gas (CNAE 3521, 3522): las ocupaciones potencialmente más afectadas son las de Técnicos y operadores de transporte y distribución de gas, ya que se prevé que el mercado se estabilice o decline ante el cambio hacia la electricidad y otras fuentes de energía renovable.

En definitiva, tanto a nivel de sector como de ocupación, y al margen del valor exacto de la pérdida de empleo que se produzca con la transición energética, para que ésta sea justa, deberán articularse políticas que atiendan a estos

colectivos, reasignando sectorial a los trabajadores de esos sectores hacía otros en crecimiento, lo que requerirá, en muchos casos, procesos de recualificación profesional importantes que deberán ir acompañado de estímulos a la contratación de esos trabajadores.

2. Sectores sociales con rechazo a las renovables

La transición justa debe actuar sobre los colectivos que sufren perjuicios en el proceso de reconversión del sistema energético para paliar o reducir los daños. Los afectados por cambios en la estructura productiva que les suponen pérdida de empleos y renta disponen de mecanismos relativamente bien engrasados en la mecánica política y administrativa. Sin embargo, el proceso de transición que tiene que ver con el despliegue de las renovables ha aflorado colectivos que se sienten perjudicados por estas instalaciones y no se están aplicando las medidas adecuadas para dar respuesta a sus reivindicaciones y rechazos, lo cual afecta al ritmo de implantación.

Los argumentos de los colectivos que rechazan el despliegue de las renovables tal como se está haciendo se refieren a diversas cuestiones. Algunas pueden ser consideradas de interés general, tales como la afección a la biodiversidad o al perjuicio al sistema alimentario y otras pueden ser consideradas afecciones locales.

La transición en el medio rural adopta una naturaleza distinta. Revisemos en primer lugar los colectivos que pueden ser considerados afectados por la transición energética, que en este caso se corresponden con los afectados por el despliegue de las instalaciones de captación de energía de generación renovable, básicamente eólicas y fotovoltaicas.

En el despliegue de las eólicas.

- Los propietarios de las superficies forestales.
- Los propietarios de las superficies de cultivo agrícola.
- Los trabajadores de las superficies forestales.
- Los trabajadores de las superficies agrícolas.
- Los colectivos y personas que valoran la biodiversidad visible (fauna principalmente, avifauna y quirópteros).
- Los colectivos que valoran un paisaje sin presencia de artefactos mecánicos muy visibles y protagonistas.

En el despliegue de las fotovoltaicas

- Los propietarios de las superficies de cultivo agrícola.
- Los trabajadores de las explotaciones agrícolas.
- Los colectivos defensores de la alimentación de proximidad.
- Los colectivos y personas que valoran la biodiversidad visible.
- Los colectivos que valoran un paisaje sin presencia de artefactos con elementos metálicos y cristalinos con brillos.

El correcto abordaje de esta cuestión requiere de una planificación territorial del despliegue de las renovables que tenga en cuenta criterios diferente en la ubicación de plantas y que procure **una mejora de biodiversidad**, la protección de suelos de alto valor agroedafológico, además de los que ya disfrutan de protección ambiental y que optimice la integración territorial de estas nuevas instalaciones. El problema más complicado de resolver es el tratamiento de las afecciones al paisaje y la forma en que determinados colectivos perciben la intrusión de estos nuevos artefactos.

En paralelo, es recomendable que los operadores de generación renovable se involucren en proyectos de **desarrollo territorial endógeno** en un marco de inversión empresarial con retorno de los recursos invertidos o la población local afectada pueda conseguir beneficios económicos directos de las instalaciones renovables (como, por ejemplo, electricidad más barata).

9 Economía circular de las renovables

Los aerogeneradores han reconvertido la solución tradicional de captación de energía de un recurso natural, el viento, a una solución de tecnología contemporánea. Esta máquina que genera electricidad necesita muchos materiales dispersos por el mundo. La construcción de paneles fotovoltaicos también requiere de un esfuerzo importante en extracción, reciclaje y tratamiento de minerales. De hecho, existe un riesgo real de agotamiento de materiales, de esfuerzo energético y de recursos económicos.

Se estima que por cada MW eólico se generan alrededor de 8 toneladas de residuos, principalmente de las palas y partes metálicas. En España, la generación de residuos de palas de aerogeneradores se espera que supere las 50.000 toneladas anuales hacia 2030.

Por eso, es muy importante aplicar una visión estricta de utilización según necesidades contrastadas y aplicar de forma rigurosa la secuencia de la economía circular:

1. Evaluar rigurosamente la necesidad de las instalaciones y reducir el consumo de materiales en todo lo posible, mejorando el ahorro y la eficiencia.
2. Reutilizar y reparar. Para la reutilización de paneles el

2. *Ver bibliografía: Grahan, k-Shultz, G. / AIE / Banco Mundial*

mayor obstáculo es la ausencia de fabricación en Europa. La reutilización en aerogeneradores se consigue con mayor potencia por máquina y con la repotenciación, sustitución de máquinas por otras de mayor potencia unitaria. Para las baterías la reutilización se centra en la segunda vida.

3. Reciclar en el proceso productivo de palas. La tecnología de reciclaje más avanzada, como la pirólisis, permite reutilizar los materiales de las palas, aunque su implementación aún está en fase piloto en algunas plantas.
4. Recuperar componentes para otros procesos productivos y otros usos. La segunda opción es reutilizar y/o reparar las palas después del fin de la vida útil. En Europa es posible la reutilización de palas porque hay plantas de fabricación que podrían realizar esta tarea. Antes de rechazar cualquier máquina o componente principal, es necesario valorar la opción de reparar, así se reduce la generación de residuos.

1. Generación renovable. Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos contienen una combinación de materiales como vidrio (70-80%), aluminio, plástico, silicio y pequeñas cantidades de metales pesados (plomo, cadmio, telurio). La separación y recuperación de estos materiales es técnicamente compleja y costosa, especialmente para materiales como el silicio y los metales raros.

Se estiman 20-25 toneladas de residuos por MW de instalación fotovoltaica al final de la vida útil, principalmente vidrio y aluminio reciclables. Según un estudio realizado por Recyclia[3], en colaboración con la empresa Recyberica Ambiental, por cada tonelada de paneles, los materiales recuperables incluyen aproximadamente 750 kg de vidrio, 120 kg de metales (aluminio y cobre, principalmente), y 20 kg de plástico.

2. Generación renovable. Aerogeneradores

Alrededor de 8 toneladas de residuos por MW, principalmente de las palas y partes metálicas. Las palas de aerogeneradores representan el mayor desafío, ya que están hechas de materiales compuestos como fibra de vidrio y resinas epoxi, que son difíciles de reciclar. Los materiales de mayor interés para la recuperación de aerogeneradores son cobre y aluminio.

Hay diversas iniciativas en estudio y algunas en fase de piloto como el proyecto del Instituto Tecnológico de la Energía para el reciclado de baterías de litio ion que se espera logre la recuperación eficiente tanto del grafito y otros componentes no activos, como de los metales contenidos en el material activo (cátodo) de estas baterías[4].

3. Baterías

Las baterías para almacenamiento de energía pueden generar entre 5 y 10 toneladas de residuos por MW de capacidad instalada, dependiendo del diseño y el ciclo de vida[5].

Las 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 prolongar 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.

Además de la reutilización de las baterías, existe la posibilidad de reciclar y recuperar materiales, en particular metales como litio, cobalto, manganeso y níquel, con alto valor estratégico, dada la dependencia a la importación por parte de la unión europea. Algunos estudios vaticinan altas tasas de autosuficiencia para algunos de estos metales, si Europa consigue desplegar una industria capaz de extraerlas.

10 Barreras

Se identifican como principales barreras las siguientes:

Sistema energético

- Incertidumbre regulatoria y fiscal.
- Retrasos en las interconexiones eléctricas con Francia.
- Insuficiente desarrollo de la red de distribución eléctrica.
- Insuficiente incremento de la capacidad de almacenamiento de la red eléctrica.
- Implantación generalizada de sistemas de mantenimiento de frecuencia e inercia en renovables.
- Desbordamiento de la capacidad de tratamiento de residuos.

Barreras edificación

- La carencia de recursos y capacidades técnicas y de personas para afrontar la rehabilitación energética de edificios.
- Falta de herramientas de agregación de la demanda.
- Carencia de una arquitectura financiera que movilice la inversión privada y se adapte a las distintas capacidades de endeudamiento de la sociedad.
- Difícil gestión de las intervenciones comunitarias en edificios, SATE por ejemplo.
- Problema cuya solución requiere de una coordinación multinivel entre entidades financieras, sector de la construcción, energéticas y las administraciones públicas.

4. Se trata del proyecto Recilion. Fuente: https://www.ite.es/i-d-i/proyectos/recilion/
5. Proyecto Recilion. Fuente: https://www.ite.es/i-d-i/proyectos/recilion/

Barreras movilidad

- La baja aceptación del vehículo eléctrico entre los propietarios de vehículos particulares.
- Retos en el cambio de comportamiento y percepción del transporte por parte del consumidor
- Coste elevado de los vehículos eléctricos y el formato de subvenciones reembolsables en vez de ayudas directas en la compra.
- Bajo nivel de desarrollo de la red de cargadores de baterías en la red viaria.
- Elevada complejidad administrativa y falta de coordinación institucional para la instalación de puntos de recarga.
- Impacto negativo sobre el empleo y la industria automotriz que pesan sobre las decisiones de aceleración de la sustitución de vehículos de combustión por vehículos eléctricos.
- Carencia de combustibles no fósiles y adecuados para el transporte pesado y para determinados usos industriales.
- Falta de una estrategia integral de diseño e integración de servicios de transporte público interurbano de forma que compitan en cuanto a precio y versatilidad con el vehículo público.

Barreras industria

- La insuficiente disponibilidad de recursos y aptitudes para electrificar la industria.
- Limitaciones técnicas en las soluciones para los diferentes tipos de industria.
- Elevados costes de inversión.
- Dificultades tecnológicas a la descarbonización en algunos sectores, y la madurez tecnológica y el diferencial de precio del hidrógeno frente a otros recursos energéticos.

Barreras despliegue de renovables

- Debilidad actual de la demanda, combinada con la insuficiente conexión internacional con Francia.
- Los problemas de aceptación social del despliegue de renovables de carácter local y entornos urbanos próximos.
- La complejidad burocrática de tramitación de autorizaciones y la carencia de recursos técnicos en la administración de evaluación ambiental.
- Falta de voluntad político-administrativa en la tramitación administrativa de la evaluación ambiental en algunas CC.AA.
- La incierta disponibilidad de inversores en distintos componentes del sistema, especialmente en generación y almacenamiento.
- Resistencia de las empresas eléctricas propietarias de centrales nucleares a cumplir el programa de cierre. Si se prorrogara la participación de la energía nuclear en el mix energético se haría a consta de una reducción de la participación de la generación renovable, la cual es perfectamente viable en combinación con el almacenamiento.
- Relato reaccionario y negacionista en contra de las renovables y la transición ecológica (después del apagón, de los incendios, de la DANA, etc.) con capacidad de permear en parte de la opinión pública y política.

11 Dinámica de consumo de fósil

Evolución del consumo de fósil en los diez últimos años

El sistema energético se basa (70%) en los productos derivados del petróleo y el gas natural para usos no eléctricos. Las buenas cifras en implantación de renovables para generación de electricidad no han tenido efecto en la reducción del consumo de combustibles fósiles. En el transporte se constata que tanto el consumo de gasóleo (+0,7%) como el de gasolina (+7,5%) han aumentado en 2024 respecto a 2023. La introducción de medidas de reducción del consumo de fósiles en edificios va muy lenta y las industrias ralentizan su reconversión a sistemas electrificados. Como resultado agregado de estas dinámicas tanto el consumo de derivados del petróleo como de gas mantienen sus cifras de venta anuales, incluso con ligeros crecimientos. En el gas, el consumo ha subido un 1,8% en la media de los últimos cinco años respecto a los cinco anteriores. En derivados del petróleo, el incremento de consumo en el último año (2023-2024) ha sido del 4%.

La dependencia energética del combustible fósil supone un esfuerzo anual en el entorno de los 65.000 millones de euros. Esta cantidad actúa sobre la consideración de la deuda española en los mercados y su reducción permitiría reducir el coste de la emisión de bonos. Al disminuir nuestras importaciones disminuiría también nuestro riesgo como país lo que se vería reflejado tanto en la prima de riesgo como en el coste de financiación de nuestra deuda pública. Estos beneficios financieros, irían acompañados de beneficios económicos por el abaratamiento general de la energía y la reducción de costes por derechos de emisión.

El papel de los combustibles fósiles

La dependencia energética de España se situó en un 68,6% en 2023, es decir, depende en gran medida de fuentes de energía externas para satisfacer sus necesidades energéticas, especialmente por la importación de petróleo, gas natural, carbón u otras fuentes de energía no renovables. Esto se debe a que ciertos sectores, como la industria, el transporte o la calefacción, continúan creciendo y requieren de grandes cantidades de combustibles fósiles. Como se ha comentado en este informe, urge electrificar aquellas industrias que puedan prescindir a corto plazo de los combustibles fósiles para su funcionamiento, así como la movilidad y

la calefacción de hogares y edificios. Con ello, se podrá reducir la dependencia energética que tiene España.

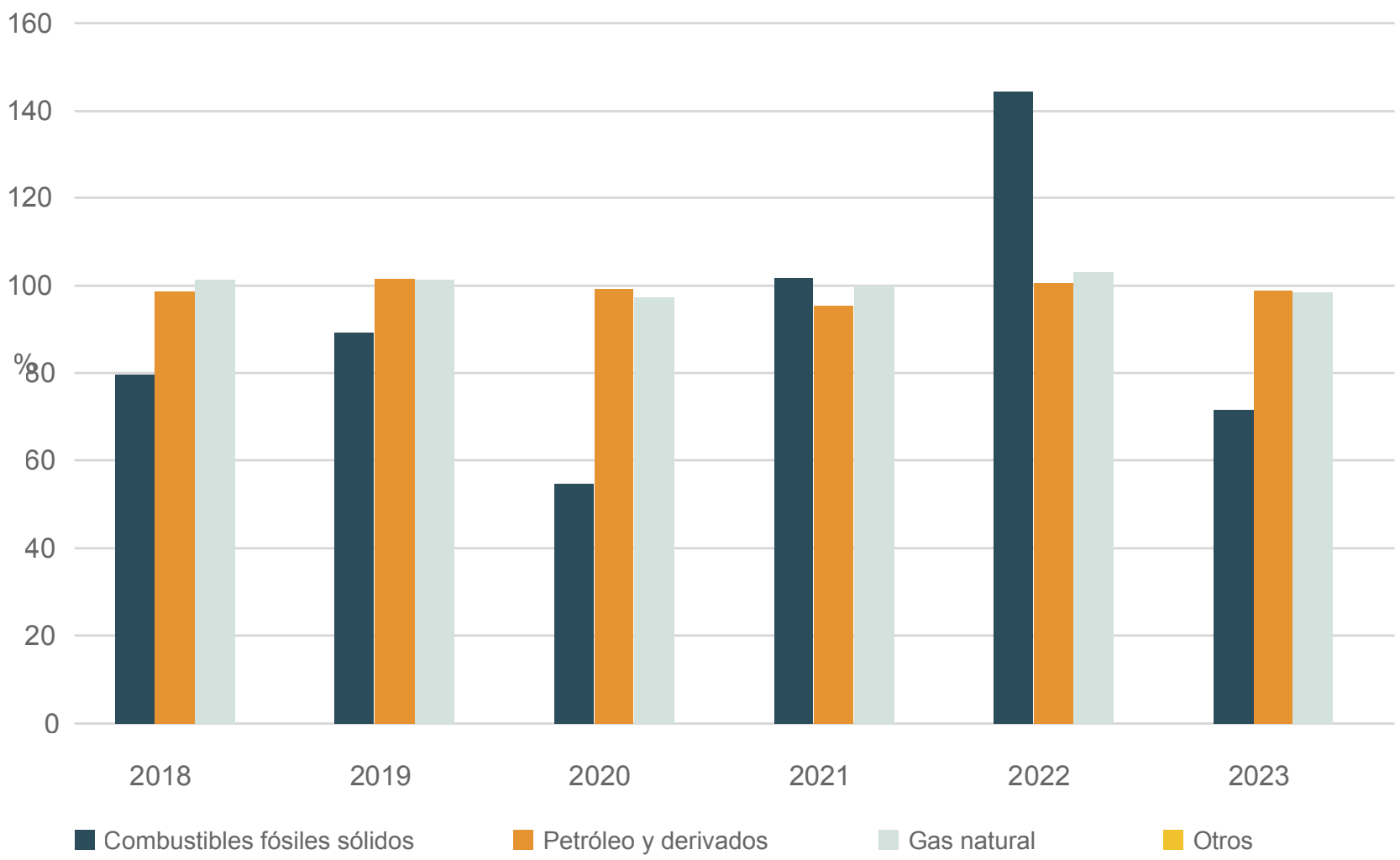


Figura 13 – Evolución anual de la dependencia de combustibles fósiles por fuente de energía (%). Fuente: INE, 2025

Evolución del consumo interior bruto de energía generada por fuentes no renovables

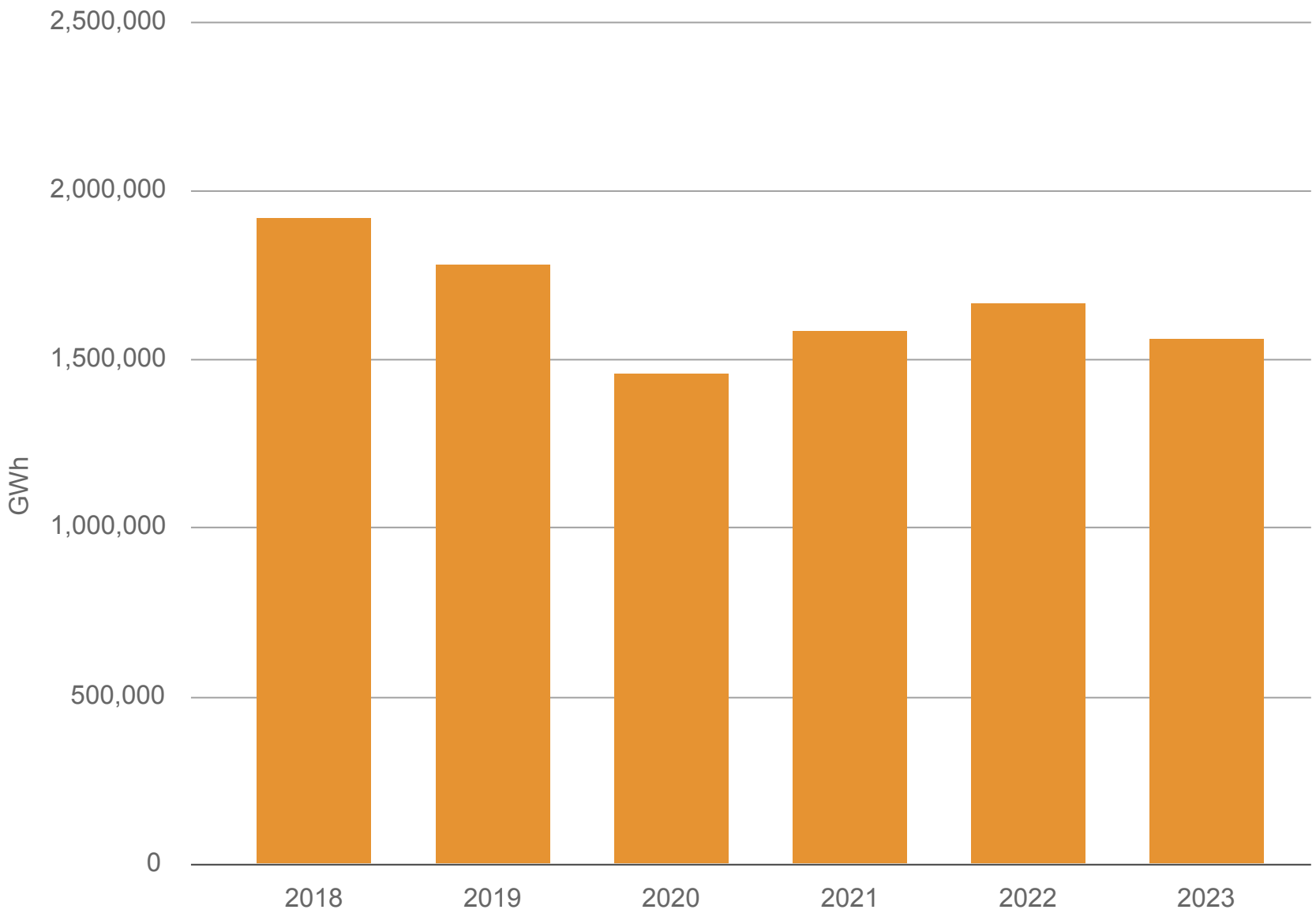


Figura 14 – Evolución del consumo interior bruto de energía generada por fuentes no renovables. Fuente: Balance Energético de España 1990-2023, 2025

En los últimos 5 años, la demanda de electricidad se ha cubierto con menos peso de las fuentes de energía no renovable, reduciéndose en el año 2024 (101.989 GWh) un 32% menos respecto al año 2019 (149.290 GWh). Esto se debe al impulso recibido por las energías renovables, que ha permitido que estas alcancen el 56,8% de la generación energética.

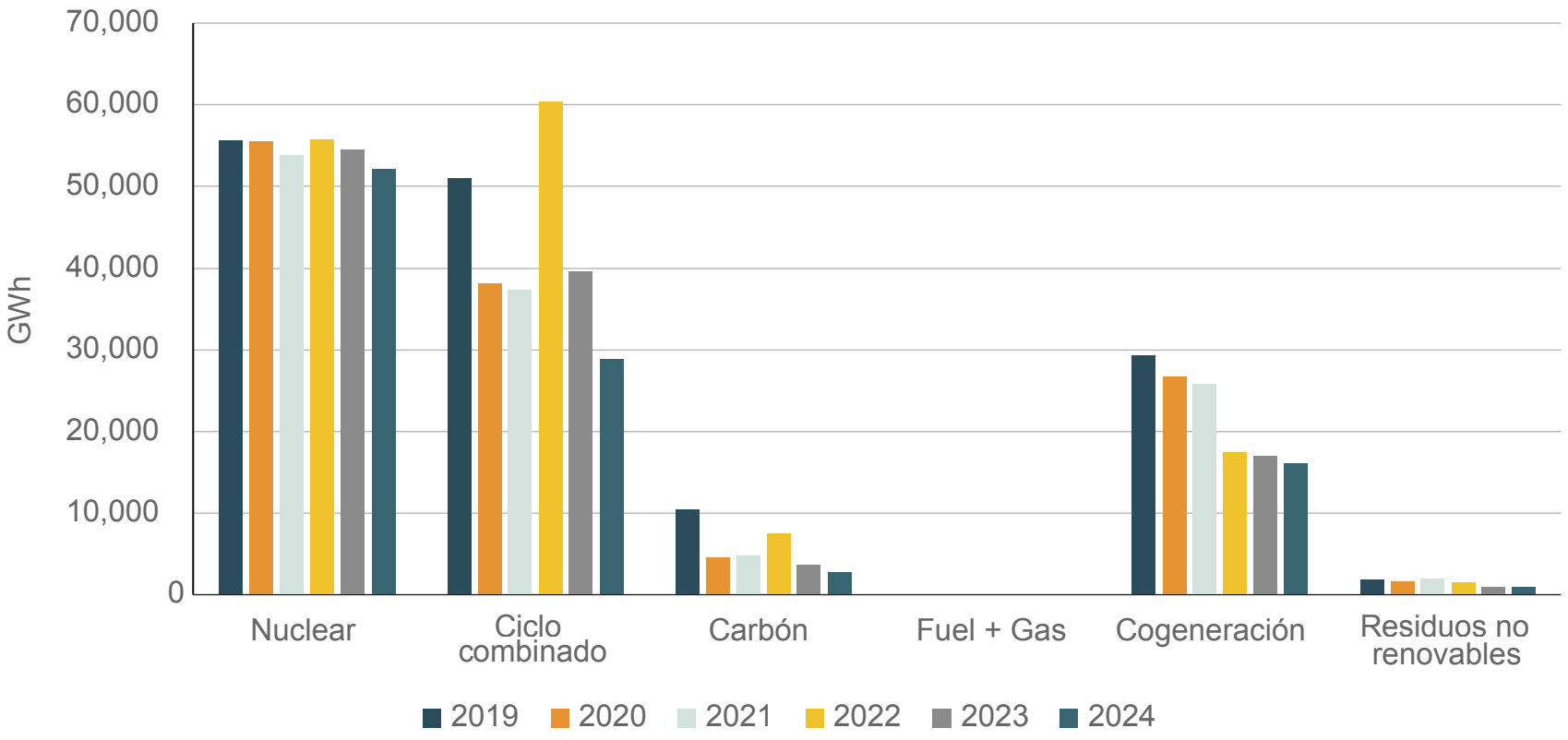


Figura 15 – Evolución de la cobertura de la demanda eléctrica. Fuente: Red Eléctrica, 2025

12 La energía como factor de seguridad

En el contexto del Consejo Europeo del 20 de marzo del 2025, el papel de la energía en la estrategia de defensa y rearme ha surgido como un tema crucial. Se recoge a continuación un resumen de las declaraciones de los líderes europeos:

- **Necesidad de autonomía energética:**
  - Se ha enfatizado la importancia de reducir la dependencia de combustibles fósiles, especialmente de proveedores externos, para fortalecer la seguridad europea.
  - Los líderes han destacado la necesidad de acelerar la transición hacia fuentes de energía renovable y diversificar las fuentes de suministro energético.

- **Inversión en energías renovables:**
  - Se ha promovido la inversión en tecnologías de energía renovable como parte integral de la estrategia de defensa, reconociendo su papel en la reducción de la vulnerabilidad energética.
  - Se ha instado a la UE a liderar el salto tecnológico en defensa, donde las energías renovables juegan un papel fundamental.

- **Seguridad del suministro energético:**
  - Los líderes han expresado su preocupación por la seguridad del suministro energético, especialmente en el contexto de tensiones geopolíticas.
  - Se ha destacado la necesidad de proteger la infraestructura energética crítica de posibles ataques.

- **Relación entre energía y defensa:**
  - Se ha reconocido la estrecha relación entre la seguridad energética y la defensa, ya que la dependencia energética puede ser utilizada como arma geopolítica.
  - Se ha expresado la necesidad de reducir esta dependencia, para que Europa sea más autónoma en el sector de la defensa.

En resumen, los líderes europeos han reconocido el papel fundamental de la energía en la estrategia de defensa y rearme, destacando la necesidad de una mayor autonomía energética, la inversión en energías renovables y la protección de la infraestructura energética crítica.

A continuación, se resumen algunas de sus declaraciones más relevantes:

Pedro Sánchez, presidente del Gobierno de España

Sánchez ha subrayado la necesidad de que la Unión Europea mejore sus capacidades tecnológicas en defensa, en lugar de centrarse únicamente en la acumulación de armamento. Ha expresado su preocupación por el uso del término "rearmarse" y ha abogado por una perspectiva diferente que incluya la seguridad y las capacidades de defensa europeas. Además, ha resaltado que los países del sur de Europa enfrentan desafíos distintos, como el fortalecimiento de los controles fronterizos y la lucha contra el terrorismo y los ciberataques.

Ursula von der Leyen, presidenta de la Comisión Europea

La presidenta ha establecido el año 2030 como objetivo para completar el proyecto de rearme europeo, buscando que el continente sea autónomo en defensa y posea una capacidad de disuasión creíble frente a Rusia. Ha enfatizado la necesidad de una sólida base industrial de defensa y ha instado a los Estados miembros a aumentar su gasto en este ámbito, citando a Alemania como ejemplo. Aunque el gasto en defensa ha crecido un 31% desde 2021, considera que aún es insuficiente en comparación con Estados Unidos, Rusia y China.

Dan Jorgensen, comisario europeo de Energía y Vivienda

Jorgensen ha revelado que las compras de gas ruso por parte de la UE desde 2022 han aportado fondos significativos al "cofre de guerra" del Kremlin, equivalentes al costo de 2.400 cazas F-35. Ha enfatizado la urgencia de poner fin a estas importaciones y ha establecido el objetivo de eliminar por completo el gas ruso para 2027. Aunque las importaciones han disminuido del 45% en 2022 al 13% actualmente, la estrategia oficial de la UE para lograr esta independencia energética se ha retrasado. Jorgensen subraya la importancia de diversificar el suministro energético y continuar con la transición hacia energías verdes.

Jean-Claude Juncker, ex presidente de la Comisión Europea

Juncker ha criticado duramente la era Trump, comparando su impacto en Europa con crisis pasadas como la del euro y la de refugiados. Sostiene que Trump busca dividir a Europa, pero fracasará nuevamente. Destaca que Europa debe reforzar su seguridad sin depender de EE. UU., especialmente tras la invasión rusa de Ucrania. Aboga por una defensa común europea y una cooperación en seguridad a nivel institucional. Critica las alianzas de partidos centristas con la ultraderecha y resalta la importancia de conceptos como seguridad, protección y orgullo en el diccionario europeo para contrarrestar el populismo.

Keir Starmer, primer ministro del Reino Unido

Starmer ha declarado la necesidad de planificar una estrategia de seguridad futura para Ucrania, argumentando que el presidente ruso, Vladímir Putin, incumplirá cualquier acuerdo de paz sin medidas de protección. Durante una visita al cuartel de Northwood, enfatizó que, para lograr una paz duradera y una Ucrania segura y soberana, se requieren mecanismos de seguridad efectivos. Además, mencionó que cualquier fuerza internacional desplegada en Ucrania sería para vigilar y proteger enclaves estratégicos, no para el mantenimiento de la paz.

Estas declaraciones reflejan una creciente conciencia entre los líderes europeos sobre la interrelación entre la energía, la seguridad y la defensa en la estrategia del continente.

IMPORTACIÓN PETRÓLEO POR PAISES

Durante la última década, el aprovisionamiento de petróleo en España ha experimentado cambios significativos en cuanto a los países proveedores. A continuación, se destacan las tendencias más relevantes:

La evolución del aprovisionamiento de petróleo a España en los últimos diez años ha experimentado cambios significativos, influenciados por factores geopolíticos, económicos y la transición energética. Aquí te presento un resumen de las tendencias más destacadas:

Diversificación de fuentes

- España ha buscado diversificar sus fuentes de suministro para reducir la dependencia de proveedores únicos y mitigar riesgos geopolíticos.
- Esto ha implicado un aumento en las importaciones procedentes de América del Norte y del Sur, junto con la continuidad de las importaciones africanas.

Cambios en los principales proveedores

- Estados Unidos ha ganado relevancia como proveedor clave, impulsado por el aumento de su producción de petróleo y gas.
- Países de América del Sur, como Brasil, han incrementado su participación en el suministro de petróleo a España.
- África sigue siendo un proveedor muy importante para España.
- Ha habido fluctuaciones en las importaciones procedentes de países de Oriente Medio, influenciadas por la volatilidad de los precios del petróleo y las tensiones geopolíticas.

Tendencias recientes

- En los últimos años, se ha observado un aumento en la volatilidad de los suministros, debido a la inestabilidad geopolítica internacional.
- La transición hacia fuentes de energía renovable está comenzando a influir en la demanda de petróleo, aunque este sigue siendo una fuente de energía fundamental para España.

Fuentes de información

- La Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES) proporciona datos detallados sobre las importaciones de petróleo a España, lo que permite un análisis profundo de las tendencias a largo plazo.

En resumen, el aprovisionamiento de petróleo a España ha evolucionado hacia una mayor diversificación de fuentes, con un aumento en la relevancia de proveedores como Estados Unidos y Brasil. Sin embargo, la volatilidad geopolítica y la transición energética están generando cambios continuos en el panorama energético español.

Diversificación de proveedores

- **Estados Unidos:** Las importaciones de petróleo desde Estados Unidos han crecido notablemente. En 2019, representaban menos del 3% del total importado por España, mientras que en 2024 alcanzaron el 16%, lo que supone un incremento del 437% en este periodo.

- **Venezuela:** Tras una disminución en años anteriores debido a sanciones y restricciones, las importaciones de crudo venezolano se duplicaron en 2024, alcanzando los tres millones de toneladas, un 116% más que el año anterior.

Disminución de la dependencia de la OPEP

Las importaciones procedentes de países miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) han disminuido un 41% desde 2019. En 2024, estos países representaron el 36% del petróleo importado por España, en contraste con el 60% que tenían en 2019.

Principales proveedores en 2024

En 2024, los principales países suministradores de petróleo a España fueron:

- **Estados Unidos:** 16% del total importado.

- **Nigeria:** 11%.
- **México:** 13%.
- **Brasil:** 16%.
- **Libia y Arabia Saudí:** Cada uno aportó alrededor del 6% del total importado.

Tendencias recientes

En noviembre de 2024, las importaciones de petróleo aumentaron un 14% en comparación con el mismo mes del año anterior, alcanzando 5,47 millones de toneladas. México se posicionó como el principal proveedor con 941.000 toneladas, seguido de Brasil y Estados Unidos.

Estos cambios reflejan una estrategia de diversificación en las fuentes de aprovisionamiento de petróleo por parte de España, reduciendo la dependencia de proveedores tradicionales y adaptándose a las dinámicas del mercado energético global.

En 2014, las importaciones de petróleo crudo en España se distribuyeron entre varios países proveedores. Aunque no se dispone de datos exactos para ese año en las fuentes consultadas, se pueden destacar las siguientes tendencias:

- **México:** Se mantuvo como uno de los principales proveedores de crudo para España.
- **Nigeria:** Ocupó una posición destacada como suministrador de petróleo.
- **Rusia:** También fue uno de los principales países exportadores de crudo hacia España.

Además, las importaciones procedentes de los países miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) aumentaron un 15,6% en comparación con el año anterior, representando el 56,7% del total de las importaciones de crudo en 2012.

13 Debate sobre la prórroga de las nucleares

1. Contexto mundial y europeo

La opción nuclear es uno de los temas más controvertidos a nivel mundial cuando se habla de energía. Mientras en algunos países se sigue apostando por esta fuente de generación, en otros se abandona por completo debido a los riesgos de seguridad, costes y apuesta por las renovables.

Según el Sistema de Información de Reactores Nucleares, gestionado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)[6], en el mundo existen 417 reactores nucleares en operación en abril de 2025, así como 23 reactores parados. En la Unión Europea se encuentran 100 de los 440 reactores en operación y parados del mundo.

Además, son 61 los reactores en construcción en 15 países entre los que se encuentran China (28), India (6), Egipto, Rusia y Turquía (4 en cada país). De esos 61 reactores en construcción, tan solo 1 se encuentra en países de la Unión Europea (Eslovaquia).

Sin embargo, como se comentaba existe una tendencia progresiva hacia el cierre y desmantelamiento de centrales nucleares en países de todo el mundo. El caso más sonado es el de Alemania, que cerró todas sus centrales en el año 2023, pero no ha sido el único con esta finalidad (Lituania también los cerró tras el acuerdo de entrada en la UE). Otros países como EEUU, Reino Unido, Japón, Francia o Italia han cerrado o pretenden cerrar varios reactores nucleares en los próximos años, aunque en estos casos no se observa un afán por abandonar la energía nuclear (se han construido recientemente nuevos reactores, se están construyendo o se pretenden construir).

6. https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx

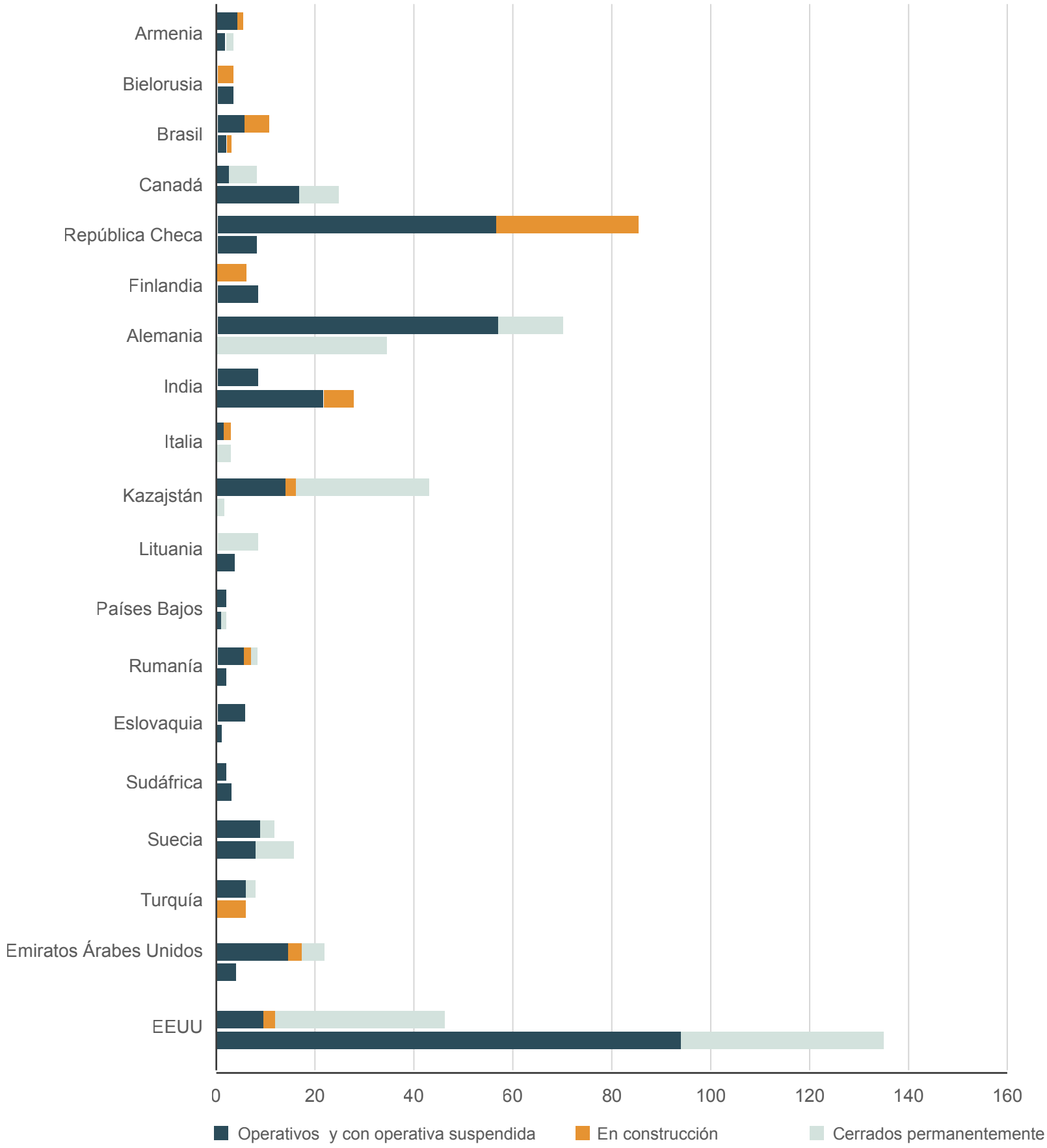


Figura 16– Número de reactores y estado actual de los mismos, por países. Fuente: Sistema de Información de Reactores Nucleares, gestionado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2025

Tradicionalmente en España, el debate sobre la energía nuclear ha sido intenso, con diferentes partidos políticos y organizaciones con posiciones divergentes. Algunos políticos y grupos antinucleares abogan por el cierre de las centrales nucleares, mientras que otros defienden su mantenimiento y la construcción de nuevas instalaciones. Estos posicionamientos han perdurado en el tiempo hasta la actualidad, pero la “fecha de caducidad” de las centrales nucleares más antiguas, definida en 40 años, unido a la perseguida independencia energética ha suscitado el interés por aportar argumentos técnicos, económicos y ambientales más precisos, ya sea a favor o en contra de esta alternativa.

ESTADO DE LOS REACTORES NUCLEARES EN ESPAÑA		
FUNCIONAMIENTO	**BAJO CONSTRUCCIÓN**	**CIERRE PERMANENTE**
7.123 MW(e) Capacidad Neta Total	**0 MW(e)** Capacidad Neta Total	**1.067 MW(e)** Capacidad Neta Total
7 Reactores de Energía Nuclear	**0 Reactores de Energía Nuclear**	**3 Reactores de Energía Nuclear**

Figura 17 – Estado de los reactores nucleares en España. Fuente: Sistema de Información de Reactores Nucleares, gestionado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2025

Actualmente, se encuentran operativos en España 7 reactores nucleares, siendo actualmente el décimo país mundial y segundo país europeo con mayor capacidad de producción (7 GW): Almaraz I y Almaraz II (propiedad de Iberdrola, Endesa y Naturgy), Ascó I (Endesa) y Ascó II (Endesa e Iberdrola), Cofrentes (Iberdrola); Vandellós II (Endesa e Iberdrola) y Trillo (Iberdrola, Naturgy, EDP y Endesa).

Según el escenario del PNIEC, para el periodo contemplado 2021-2030, se espera que se produzca un descenso de 4 GW en la potencia nuclear instalada (potencia que se corresponde con cuatro de los siete reactores que se encuentran actualmente en funcionamiento). Este descenso se enmarca en el Plan de cese de explotación ordenado, escalonado y flexible de los reactores nucleares existentes, que prevé el cese de explotación de los otros tres reactores en el período comprendido entre 2031 y 2035. La primera central acordada para su desmantelamiento es la de Almaraz (2027), mientras que la última prevista es la de Trillo (2035).

Asimismo, el Séptimo Plan General de Residuos Radiactivos (7º PGRR, en adelante), aprobado en diciembre de 2023, está en consonancia con el PNIEC, y contempla un escenario que incluye:

- Cese de la operación de las centrales nucleares entre 2027 y 2035. Según el 6º PGRR la parada definitiva de las centrales que están en operación se hubiera producido, a los 40 años de vida útil, entre 2021 y 2028.
- Inicio del desmantelamiento de las centrales nucleares a los tres años de su cese de operación definitivo, excepto Vandellós I (parada desde 1989 por un accidente grave), cuya última fase se ejecutará a partir de 2030.
- Continuidad de la operación del centro de almacenamiento de El Cabril (Córdoba) para residuos de media, baja y muy baja actividad, hasta completar el desmantelamiento de las centrales, como ya estaba planificado en el 6º PGRR.
- Continuidad de las actuaciones para ampliar la capacidad de los Almacenes Temporales Individualizados (ATI) para el combustible gastado en las centrales nucleares, que permitan su explotación y su desmantelamiento, como ya estaba previsto en el 6º PGRR.
- Puesta en marcha de siete Almacenes Temporales Descentralizados (ATD) en los emplazamientos de las centrales nucleares, para el combustible gastado y los residuos de alta actividad, hasta su traslado al almacenamiento definitivo. El ATD de cada central estará formado por su ATI más una nueva instalación complementaria o medidas adicionales, que permitan realizar las operaciones de mantenimiento de los contenedores en los que se almacena el combustible gastado cuando la central deje de estar operativa.
- Almacenamiento definitivo del combustible gastado y los residuos de alta actividad en un Almacén Geológico Profundo (AGP), que es la solución técnica que ya estaba prevista en el 6º PGRR y que ha sido elegida por los países más avanzados en esta materia. El 7º PGRR establece una hoja de ruta para que España pueda disponer de un AGP, asegurando un proceso previo de información y participación pública, a semejanza de los desarrollados en los países europeos que ya han decidido el emplazamiento de sus AGP, como Finlandia, Suecia, Suiza y Francia.

2. Principales factores que intervienen en el debate

El cierre de centrales nucleares en las últimas décadas ha respondido a una combinación de motivos técnicos, económicos, políticos, sociales y ambientales. A continuación, se identifican estos factores y algunos ejemplos:

- Seguridad y envejecimiento de las instalaciones. Muchas centrales cerradas eran antiguas (más de 30-40 años), y mantenerlas operativas suponía costes elevados de modernización. Ejemplo: Fessenheim (Francia) cerró en 2020 tras 42 años por su antigüedad, a pesar de estar operativa.
- Motivos económicos: en varios países, las nucleares no pueden competir con las renovables más baratas (solar, eólica) y el gas natural. Ejemplo: Indian Point 3 (EE. UU., 2021) fue cerrada por razones económicas y presión política, a pesar de estar en buen estado técnico. En España el precio medio ofertado en MWh por las centrales nucleares es sensiblemente superior al de las fotovoltaicas y las eólicas.
- Falta de aceptación social y oposición pública. La energía nuclear ha enfrentado resistencia social por el temor a accidentes y a los residuos radiactivos. Ejemplo: Santa María de Garoña (España) enfrentaba oposición ciudadana desde los años 90.
- Impacto del accidente de Fukushima (2011). Fue un punto de inflexión global. Muchos países revaluaron sus políticas nucleares. Ejemplo: Alemania decidió cerrar todos sus reactores progresivamente como parte de su política "Energiewende" / Japón cerró todos sus reactores y muchos no volvieron a operar.
- Decisiones de los propietarios de las centrales nucleares que no están interesados en seguir operando en el marco regulatorio actual. Los costes regulados que fijan una aportación por MWh para el tratamiento de los residuos y otra para el desmantelamiento, junto con los costes de combustible y de operación colocan las centrales en posiciones no competitivas.
- Decisiones políticas y transición energética. Algunos gobiernos han adoptado políticas deliberadas de abandono progresivo de la energía nuclear. Ejemplo: Alemania y España han legislado el cierre total de sus nucleares para 2023 y 2035, respectivamente.
- Problemas técnicos o fallos estructurales. Algunas centrales han sido clausuradas tras fallos graves o por problemas de diseño. Ejemplo: San Onofre (EE. UU.) cerró en 2013 tras defectos en los generadores de vapor instalados pocos años antes.

Recientemente el debate ha cobrado mayor intensidad en el marco del gran apagón de 28 de abril de 2025. Los defensores de la prórroga de las nucleares argumentan que son fundamentales para servir de energía de base, para compensar los períodos donde las renovables no general y para estabilizar el sistema por su contribución inercial. En la posición contraria los que están en contra de la prórroga de las nucleares argumentan que el sistema ibérico funciona con renovables y almacenamiento, que la nuclear es más cara que las renovables, que es una tecnología rígida, que contamina, depende del aprovisionamiento exterior de combustible, contamina y tiene riesgos.

Las empresas han declarado que podrían ser útiles si les reduce la carga de obligaciones; estas cargas consisten en los impuestos a los que está sometida la actividad productiva, además de la contribución al almacenamiento de residuos y al desmantelamiento. La aprobación de la prórroga supondría unos costes adicionales que habría que repercutir sobre los precios de venta del MWh.

Atendiendo a estos antecedentes, se expone a continuación una breve comparación de los principales argumentos que se exponen en defensa y en contra de la prórroga de las nucleares.

Argumentos a favor y en contra de la prórroga de las centrales nucleares

Principales argumentos a favor	Principales argumentos en contra
Bajas emisiones de gases de efecto invernadero	Riesgo de accidentes
Alta densidad energética	Residuos radiactivos
Seguridad energética	Elevados costes de construcción y seguridad
Desarrollo tecnológico	Mayores costes de mantenimiento que las renovables
Aumento de los costes del sistema eléctrico si las renovables no cubren la demanda	Descenso de los costes del sistema eléctrico si las renovables cubren la demanda
Altos niveles de empleo	Preocupaciones sociales y económicas
Infraestructura construida, inversión únicamente en modernización	El mantenimiento de la nuclear frena la implantación de renovables
Escaso desarrollo actual del almacenamiento energético	Viabilidad de la demanda cubierta en su totalidad con renovables

Figura 18 – Argumentos a favor y en contra de la prórroga de las centrales nucleares. Fuente: elaboración propia, 2025

14 Actores relevantes

En la transición energética juegan un papel fundamental tanto las empresas, como los organismos públicos y privados cuya actividad principal repercute en el ahorro y la eficiencia energética. En este sentido, tienen una gran relevancia aquellos actores del sector de las energías renovables.

A continuación, se enumeran algunos agentes de los principales sectores que persiguen la transición justa (además de muchos otros entes públicos autonómicos o subregionales, privados, productores de energía, o asociaciones de fabricantes de componentes, que no se mencionan específicamente). La relación que se ofrece a continuación no tiene propósito de ser exhaustiva, solo pretende ser ilustrativa sobre la heteregoneidad e importancia de los actores relacionados con el sistema energético:

- Agrupación Española de Vendedores al por menor de Carburantes y Combustibles (AEVECAR)
- Alianza Energía y Territorio (ALIENTE)
- Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía (EnerAgen)
- Asociación de Cargadores de España (ACE)
- Asociación de Empresas de Eficiencia Energética (A3E)
- Asociación de Empresas de Energía Eléctrica (AELEC)
- Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA)
- Asociación de Empresas de Mantenimiento Integral y Servicios Energéticos (AMI)
- Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío (ADHAC)
- Asociación de Promotores y Productores de Energía Eólica de Andalucía (APREAN)
- Asociación de Terminales de Líquidos (ATliq)
- Asociación de Transporte Internacional por Carretera (ASTIC)
- Asociación Empresarial Eólica (AEE)
- Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso del Vehículo Eléctrico (AEDIVE)
- Asociación Española del Automóvil Ecológico (AEAE)
- Asociación Española de Biogás (AEBIG)
- Asociación Española de Cogeneración (ACOGEN)
- Asociación Española de Derecho de la Energía (AEDEN)
- Asociación Española de Domótica e Inmótica (CEDOM)
- Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC)
- Asociación Española de Profesionales de Automoción (ASEPA)
- Asociación Española de Gas Natural para la Movilidad (GASNAM)
- Asociación Española de Operadores de Gases Licuados del Petróleo (AOGLP)
- Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos (AOP)
- Asociación Española de Proveedores de Automoción (SERNAUTO)
- Asociación Española del Bioetanol (Bio-e)
- Asociación Española del Gas (SEDIGAS)
- Asociación Española del Hidrógeno (AeH2)
- Asociación Gas Licuado (AGL)
- Asociación Nacional de Ahorro y Eficiencia Energética (ANAE)
- Asociación Nacional de Empresas de Servicios Energéticos (ANESE)
- Asociación Nacional de Productores e Inversores de Energía Fotovoltaica (ANPIER)
- Asociación para la Transición Energética (ATE)
- Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT)
- Asociación Técnica Española de la Climatización y la Refrigeración (ATECYR)
- Clúster AEICE
- Comunidades autónomas: agencias y entes autonómicos de energía, rehabilitación y cambio climático
- Comunidades autónomas: servicios de evaluación ambiental
- Confederación Española de Empresarios de Estaciones de Servicio (CEEES)
- Confederación Española de Transporte en Autobús (CONFEBUS)
- Confederación Española de Transporte de Mercancías (CETM)
- Confederación Nacional de Distribuidores de Gasóleo (Codigasoil)
- Empresas distribuidoras de electricidad. Las principales son: Endesa, Iberdrola, E-Redes Distribución (Grupo EDP), Unión Fenosa (Naturgy), Viesgo Distribución (EON); pero hay más de 300 pequeñas distribuidoras también conocidas como independientes.
- Empresas involucradas en iniciativas de reciclaje: Greening Relive, EnergyLOOP, Iberdrola, Naturgy, EDP, FCC, Acciona, SungEel Hitech, GDV Mobility, IBERSYD y PV Cycle.
- Eurecat.
- Foro de la Industria Nuclear Española.
- Fundación Renovables.
- Green Building Council España (GBCE)
- Grupo Español del Carbón (GEC)
- Instituto Tecnológico de la Energía.
- Plataforma Española Tecnológica y de Innovación en Geotermia (GEOPLAT). En 2024 ha lanzado su spin-off: Asociación Española de Geotermia (GEOENERGIA)
- Plataforma por un Nuevo Modelo Energético (Px1NME)
- Plataforma Tecnológica Española Fotovoltaica (FOTOPLAT)
- Red Eléctrica de España
- SOLARTYS
- Tecnalia.
- Unión de Petroleros Independientes (UPI)
- Unión Española Fotovoltaica (UNEF).

15 Dinámica. Oportunidades e incertidumbres

1. Un nuevo paso hacia el modelo eléctrico de renovables + almacenamiento

El mix de generación del modelo eléctrico español ha oscilado en los últimos tiempos entre una mayor o menor participación de la nuclear y los ciclos combinados de gas y una mayor participación de renovables. En este debate, han tenido un papel significativo las consecuencias del apagón que tuvo lugar el día 28 de abril de 2025.

¿Qué sabemos sobre el apagón del 28 de abril y cómo influye sobre el futuro del sistema energético?

Según el informe de ENTSO-E, la causa principal del apagón en España y Portugal del 28 de abril fue una **"cascada de sobrevoltaje" (alta tensión).**

Este evento fue catalogado como **"único en el mundo"** y el incidente más grave en el sistema eléctrico europeo en más de 20 años, ya que el colapso fue provocado por un aumento descontrolado de la tensión, y no por el motivo "clásico" de baja tensión.

El informe es de carácter factual, describe hechos, no hay atribución de culpables ni identifica todavía una causa raíz. La investigación sigue y el panel publicará conclusiones causales en el informe final.

Es importante destacar que según el informe el apagón **no se produjo por "exceso de renovables"**; el foco está en **problemas de control de tensión** y en cómo respondió/actuó la generación ante esas condiciones. También hay que destacar el descarte sobre la causalidad de la inercia el control de la frecuencia que tuvo protagonismo en medios durante las semanas posteriores al apagón.

Fallos en el control de tensión y la regulación

El informe pone el foco en los problemas para controlar la tensión del sistema:

- **Mecanismos insuficientes:** Los mecanismos de control de tensión existentes no fueron capaces de controlar las variaciones rápidas de voltaje que se produjeron.
- **Generación convencional:** Se constató que las instalaciones de generación convencional programadas en España no controlaron la tensión del sistema como estaba previsto.
- **Limitación de renovables:** Las instalaciones de energía renovable (solar y eólica), a pesar de estar preparadas técnicamente, **no pudieron participar en la regulación del voltaje** debido a que el procedimiento operativo (el PO 7.4 español, que data del año 2000) no estaba actualizado en ese momento para permitir su contribución activa al control de tensión.

Factores desencadenantes inmediatos

El proceso que condujo a la "cascada de sobrevoltaje" incluyó:

- **Oscilaciones previas:** Se produjeron oscilaciones locales de tensión y frecuencia. Las medidas tomadas por los operadores (como reducir los flujos con Francia) para mitigarlas, aunque protocolarias, **elevaron aún más la tensión** en el sistema ibérico.
- **Desconexiones masivas de generación:** El pico de sobretensión provocó la desconexión repentina de aproximadamente **2.200 a 2.500 MW** de generación, principalmente plantas renovables (eólica y solar) en el sur de España (Andalucía, Extremadura, etc.), a partir de las 12:32, debido a sus sistemas de protección por alto voltaje.
- **Fallo de defensa del sistema:** Los mecanismos automáticos de defensa (como el corte de carga) se activaron, pero no fueron suficientes para contener el colapso.

Primeras consecuencias para el sistema energético

- Ha permitido debatir públicamente el modelo de sistema eléctrico dejando patente la viabilidad de un modelo de renovables y almacenamiento.
- A corto plazo, está perjudicando al ritmo en la penetración de renovables y en su despliegue, debido a las incertidumbres y a la operación de REE favoreciendo opciones conservadoras (ciclos combinados de gas). Se deteriora la operación de las empresas gestoras de eólica y fotovoltaica y disuade a nuevos inversores.
- Ha impulsado el interés por el almacenamiento en la red, tanto en soluciones de hibridación como de instalaciones específicas.
- Provoca la necesidad de abordar cuanto antes la regulación del control de tensión y su retribución, incorporando a la generación renovable en la función estabilizadora.

2. El hidrógeno procedente de renovables como combustible para movilidad de tráfico pesado y para industria

La sustitución de los combustibles fósiles que actualmente se utilizan para vehículos de transporte terrestre, marítimo y aéreo es un reto no resuelto. En este empeño en investigación y desarrollo el hidrógeno verde concita el mayor interés por parte de todo tipo de agentes y especialmente por los programas públicos en muy diversos países. Este mismo combustible es el candidato preferido para sustituir al fósil en la industria química, o algunos sectores industriales que consumen más energía en elevadas temperaturas (como el acero y el cemento), la aviación y el transporte marítimo.

El Gobierno Español ha aprobado la "Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde" donde declara que "se posiciona como uno de los principales vectores energéticos en el largo plazo debido a que su producción y consumo es neutral climáticamente y no genera emisiones contaminantes. A diferencia de otros vectores energéticos renovables, el hidrógeno tiene la capacidad de ser almacenado, como gas a presión o en estado líquido, lo que permite un mayor grado de gestionabilidad.

Este documento identifica como oportunidades:

- Eliminar las emisiones de contaminantes y de gases de efecto invernadero al medio ambiente
- Desarrollar las cadenas de valor de la economía del hidrógeno y posicionar a España como referente tecnológico.
- Permitir la penetración de un mayor porcentaje de energías renovables en el sistema eléctrico, propiciando un mayor grado de gestionabilidad.
- Disminuir la dependencia energética nacional y del entorno europeo.
- Convertir a España en una de las potencias europeas de generación de energía renovable.
- Favorecer la descarbonización de los sistemas energéticos aislados, con especial atención a los territorios insulares.
- Potenciar la I+D+i energética española.

El programa tiene objetivos ambiciosos que están condicionados por la superación del diferencial de precios existente con la tecnología disponible hasta el momento. Sería preciso lograr una evolución madurativa del proceso de obtención del hidrógeno verde, su transporte y distribución en condiciones viables y seguras para que estos objetivos pudieran lograrse. La situación actual es de incertidumbre tecnológica.

3. Nuevas formas de satisfacer las necesidades energéticas y nuevas formas de necesidades con la energía disponible

Es probable que todos los esfuerzos aplicados a los distintos componentes del sistema no sean suficientes para la descarbonización del sistema energético construido durante décadas contando con el combustible fósil como soporte. Ello quiere decir que será conveniente revisar los fundamentos del bienestar proporcionado a la ciudadanía y los fundamentos energéticos del sistema productivo.

En este sentido, la aplicación de los principios de "Autosuficiencia conectada" y de "Proximidad" aportan unos nuevos fundamentos de organización de la sociedad y de la satisfacción de necesidades y aspiraciones. La primera condición es contar con los recursos disponibles, especialmente la energía renovable en sus diversas formas, y a partir de la evaluación de disponibilidad construir el sistema de bienestar y de producción, sumando además la aportación del resto del planeta y las relaciones de intercambio equilibradas. El nivel actual de intercambio de bienes y servicios globalizado es difícil de mantener en un escenario de carencia de combustible fósil.
Cuando se habla de transición es preciso tener en cuenta este horizonte, porque no se trata solo de electrificar para

poder integrar un enorme volumen de energía generada por tecnologías renovables. Se trata, de evolucionar hacia un sistema mundial sin combustible fósil o con una aportación reducida y esto implica un cambio de modelo y de estructura.

Bibliografía

Agencia Internacional de la Energía. *Net Zero y 2050.*

Asociación Empresarial Eólica (AEE). (2024). Catálogo de la Industria Eólica Española.
https://www.aeeolica.org/publicaciones/catalogo-industria-eolica-2024/#p=1

Banco Mundial. Transición Justa en el Sector del Carbón y otros Combustibles Fósiles.

Comisión Europea. Energy Efficiency First principle: Recomendación (UE) 2021/1749 de la Comisión de 28 de septiembre de 2021 sobre el principio de “primero, la eficiencia energética”: directrices y ejemplos para su aplicación en la toma de decisiones en el sector de la energía y más allá.

Grahan, Kailin; Shultz, George P.. Evaluación de la distribución de la vulnerabilidad del empleo a la transición energética utilizando la huella de carbono del empleo. Centro de Investigación de Políticas Energéticas y Ambientales del MIT

IDAE. (2023). Guía “La bomba de calor en la rehabilitación energética de edificios”.

Instituto Tecnológico de la Energía. (2024, 21 de maig). El Instituto Tecnológico de la Energía pone en marcha un sistema pionero para el reciclaje de baterías. Energías Renovables.
https://www.energias-renovables.com/almacenamiento/el-instituto-tecnologico-de-la-energia-pone-20240521.

Joint Research Centre, European Commission. Perpiña Castillo, C. y otros, Renewable energy production and potential in EU rural areas, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, doi:10.2760/458970 (online).

Joint Research Centre, European Commission. Carrara S., Alves Dias P., Plazzotta B. and Pavel C., Raw materials demand for wind and solar PV technologies in the transition towards a decarbonised energy system, EUR 30095 EN, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-16225-4, doi:10.2760/160859, JRC119941

Joint Research Centre, European Commission. Mikkonen, I., Gynther, L., Matschoss, K., Koukoufikis, G., Murauskaite-Bull, I., & Uihlein, A. (2020). Social innovations for the energy transition: an overview of concepts and projects contributing to behavioural changes, and increased well-being, Publications Office.
https://data.europa.eu/doi/10.2760/555111

Martínez, Á. de A., & Redondo, A. N. (2014). Los cambios en la cadena de valor del sector de la automoción por la llegada del vehículo eléctrico. Anales de Mecánica y Electricidad, 8. Retrieved from
https://revista-anales.icai.es/web/n_26/seccion_3.html

Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana. (2020). Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España. ERESEE 2020.
https://www.mivau.gob.es/el-ministerio/planes-estrategi-cos/estrategia-a-largo-plazo-para-la-rehabilitacion-energetica-en-el-sector-de-la-edificacion-en-espana/eresse2020

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2021). Estrategia de Almacenamiento Energético.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/prensa/estrategiaalmacenamiento_tcm30-522655.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2022). Hoja de Ruta del Biogás.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/es-es/Novedades/Documents/00HR_Biogas_V6.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2022). Hoja de Ruta del Hidrógeno.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/es-es/Novedades/Documents/00HR_Biogas_V6.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2024). Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (actualización 2023-2030).
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/pniec-2023-2030/PNIEC_2024_240924.pdf

Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. (2021). Estrategia de movilidad segura, sostenible y conectada 2030. 1–204.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030.

Ministerio Para La Transición Ecológica y El Reto Demográfico, Gobierno de España, 25.

Ponce, J., & Confederación Instaladores. (2022). La energía del presente y del futuro: bomba de calor ambiente con apoyo de energía solar fotovoltaica. 21.

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Sistema de Información de Reactores Nucleares.

Requejo, Juan; Jiménez, Domingo. Autosuficiencia conectada. Ajustarnos a lo que tenemos.
https://www.20minutos.es/lainformacion/opinion/autosuficiencia-conectada-ajustarnos-que-tenemos-5586542/

Unión Española Fotovoltaica (UNEF). (2024). Informe Anual Fotovoltaica 2024 - Forjando la transformación hacia la sostenibilidad.

alinnea

CATALYZING TRANSFORMATIVE IDEAS

Con sede en

ie UNIVERSITY

Con el apoyo de

European Climate Foundation