



Noviembre 2021

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta

Materia adscrita: La lucha contra el cambio climático



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Participantes en el proyecto

Mariano Sidrach de Cardona Ortín. Catedrático. Universidad de Málaga

Raquel Paule Martín. Directora General de la Fundación Renovables

Fernando Martínez Sandoval. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables

María de Melque de la Peña Delgado. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables

Marcos Ruíz Escudero. Área Técnica. Fundación Renovables

María del Pilar Sánchez Valverde. Área Técnica. Fundación Renovables

Manuel Abeledo Losada. Área Técnica. Fundación Renovables

Meritxell Bennasar Casasa. Responsable de Relaciones Institucionales e Internacionales. Fundación Renovables

Carolina Primo Prados. Área de Relaciones Institucionales e Internacionales. Fundación Renovables

Ismael Morales López. Responsable de Comunicación. Fundación Renovables

Alexandra Llave Moreno. Área de Comunicación. Fundación Renovables

Maribel Núñez García. Gerente. Fundación Renovables

Período y lugar de ejecución

Este proyecto se ha llevado a cabo de enero a noviembre de 2021 en Madrid.



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual (CC BY-NC-SA).

Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte de este siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia.

Fundación Renovables

(Declarada de utilidad pública)

Pedro Heredia 8, 2º Derecha

28008 Madrid

www.fundacionrenovables.org





VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Este proyecto ha sido subvencionado por el Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico.



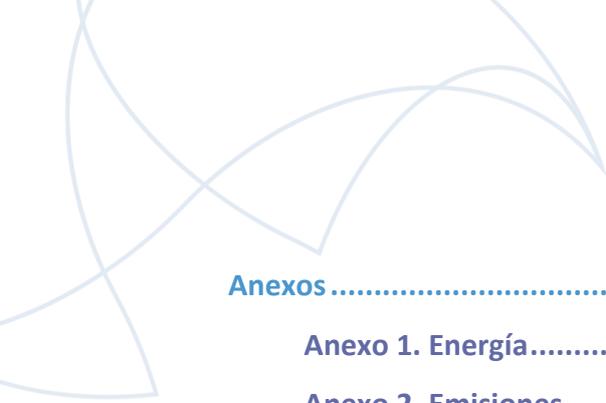
Índice

Justificación. Necesidad de la investigación	8
Objetivos del proyecto	10
Fases del proyecto.....	12
1. Documentación.....	12
2. Construcción de Escenarios	12
3. Realización de la hoja de ruta de electrificación a 2030 y 2050.....	12
Panorama actual	14
Informe IPCC	14
Dependencia energética de los combustibles fósiles	18
A nivel global	18
A nivel nacional.....	21
Marco normativo	26
Acuerdo de París.....	26
La Unión Europea y el Paquete “Fit for 55”	27
Fit for 55	28
Marco Estratégico de Energía y Clima.....	29
Plan Nacional de Energía y Clima	30
Ley de Cambio Climático y Transición Energética	31
Objetivo	34
Hoja de ruta para la electrificación de la demanda	34
Avance de la electrificación de la demanda	34
La importancia de las ciudades.....	37
Desarrollo de Escenarios.....	42
Elaboración y comparación de Escenarios	42
Contexto nacional actual	43



Evolución de emisiones por sectores	43
Diagnóstico energético.....	45
Escenario 1: Compromisos del Acuerdo de París alcanzados	58
Sector producción energía eléctrica	60
Sector transporte.....	65
Sector industrial	70
Sector residencial	75
Sector servicios.....	81
Escenario 2: Tendencial con los objetivos actuales	85
Sector producción energía eléctrica	86
Sector transporte.....	90
Sector industrial	91
Sector residencial	93
Sector servicios.....	95
Propuesta de política energética y líneas de actuación a 2030.....	98
Comparativa entre escenarios.....	98
Sector producción energía eléctrica	100
Sector transporte	103
Sector industrial.....	104
Sector residencial.....	106
Sector servicios	107
Bases generales de nuestra política energética.....	108
Objetivos y líneas de actuación para la electrificación	109
El papel de la Administración Pública	110
Sector producción energía eléctrica	111
Sector transporte	113
Sector industrial.....	115
Sector residencial.....	115
Sector servicios	116





Anexos	118
Anexo 1. Energía	118
Anexo 2. Emisiones	120
Anexo 3. Bombas de calor	121
Eficiencia energética de las bombas de calor eléctricas	121
Tipos de bombas de calor eléctricas	124
Índice de figuras y tablas	126
Índice de figuras	126
Índice de tablas	130
Bibliografía	133



Justificación. Necesidad de la investigación

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Justificación. Necesidad de la investigación

La transición ecológica y el cambio de modelo energético tienen como base principal de actuación la electricidad. **La electrificación de la demanda es clave para conseguir los objetivos climáticos fijados en el Acuerdo de París**, al ser el único vector energético que garantiza una plena penetración de las energías renovables, cuyas tecnologías más eficientes, baratas y de las que más recurso disponemos son eléctricas, además de ser una medida de eficiencia en sí misma, pues los motores eléctricos son hasta tres o cuatro veces más eficientes que los térmicos.

Pero no sólo eso, **la electrificación es fundamental para la democratización de la energía**, pues la única herramienta que permite la entrada masiva de la ciudadanía en el sector energético, y con ello la diversificación de agentes, es la energía fotovoltaica que transforma la energía procedente del sol en energía eléctrica. Y todo ello sin emisiones.

Otro punto a tener en cuenta es que **la electrificación es el único camino para solucionar el problema de dependencia energética que tenemos en nuestro país**, que ahora se sitúa en más del 80%. Aumentar la autosuficiencia y dejar de depender de países geopolíticamente complicados será una gran ventaja para nuestra balanza de pagos. España no es conocida por sus combustibles fósiles, pero sí lo es por su sol. Tenemos la suerte de que nuestras principales fuentes energéticas son el sol y viento, los recursos renovables más baratos a nivel mundial.

Actualmente en España el 25% de la energía que se consume es eléctrica, cifra que debemos aumentar considerablemente en los próximos años, electrificando demandas que hasta ahora se realizan con combustibles fósiles. **Muchos sectores transversales a toda la población son susceptibles de electrificarse**, lo que se traduce en una medida de gran impacto en nuestro sistema energético y por tanto en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para ello, **es necesario trazar una hoja de ruta de electrificación a 2030 y a 2050 que sirva de guía para la estrategia energética a llevar a cabo**. Dicho documento debe realizarse desde la garantía del cumplimiento de los objetivos marcados en el Acuerdo de París, por lo que se hará a partir de la construcción del Escenario más ambicioso.

A día de hoy carecemos de una guía de este tipo, que se nos antoja esencial para construir la estrategia energética que debemos marcar en esta presente década.



Objetivos del proyecto

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**



Objetivos del proyecto

Estamos ante la década clave. Entre 2020 y 2030 nos jugamos conseguir los objetivos firmados en el Acuerdo de París porque después de 2030 todo lo que hagamos para mitigar los efectos del cambio climático será inútil y ya no tendremos vuelta atrás. Nos quedan ocho años para actuar por lo que no podemos perderlos con medidas poco ambiciosas o con tecnologías con una curva de desarrollo por realizar.

El lado bueno de esto es que contamos con la tecnología para lograrlo, la electrificación de la demanda es la medida más efectiva, barata y rápida. Y, además, tiene a su favor que favorece la democratización de la energía haciéndola más inclusiva y social, y todo ello con una tecnología ya desarrollada, a la espera de que se implante. Para llevarlo a cabo es necesaria una hoja de ruta que guíe la estrategia de actuación principal, las medidas más importantes y, por supuesto, unos objetivos ambiciosos para su éxito.

El objetivo del presente proyecto es la elaboración de esta hoja de ruta que sirva de herramienta y guía a la hora de trazar la transición ecológica de esta década.

Pretende ser un documento de apoyo para todas las administraciones públicas, en especial para el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.



Fases del proyecto

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**



Fases del proyecto

1. Documentación

La primera fase corresponderá a la búsqueda de información con el fin de reunir toda la documentación necesaria para la realización de los Escenarios.

2. Construcción de Escenarios

Se realizarán dos Escenarios: uno en el que se cumplan los objetivos climáticos del Acuerdo de París y otro tendencial con los datos actuales. El objetivo de realizar ambos Escenarios es evaluar cómo de desviados estamos respecto a los 2°C de aumento global de temperatura y, en ese caso, cual es la ambición extra que debemos implementar.

3. Realización de la hoja de ruta de electrificación a 2030 y 2050

Una vez realizados ambos Escenarios se procederá a redactar la hoja de ruta de electrificación de la demanda bajo el cumplimiento de los objetivos climáticos pactados en el Acuerdo de París. Dicha hoja de ruta establecerá una estrategia de actuación con una serie de medidas a llevar a cabo y, por supuesto, unos objetivos a cumplir a medio y largo plazo (2030 y 2050).



Panorama actual

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Panorama actual

En el año 2019 se alcanzaron unas concentraciones medias anuales de gases de efecto invernadero (GEI) de 410 ppm de dióxido de carbono, de 1.866 ppm de metano y de 332 ppm de óxido nitroso ppm respectivamente. Como señala [el AEMET](#), estas concentraciones han ido a más, alcanzando el récord de dióxido de carbono con 419,7 ppm en mayo de 2021, a pesar de la pandemia. Para hacernos una idea, en 1984 estaban en 345 ppm.

Debido a este incremento gradual producido desde inicios de la revolución industrial, y causado por la quema de combustibles fósiles y su liberación de GEI a la atmósfera, se están produciendo efectos de distorsión de los patrones meteorológicos y climáticos que ya estamos viviendo a nivel global y también de manera más localizada. Los fenómenos meteorológicos extremos de olas de calor y de lluvias torrenciales han incrementado su frecuencia e intensidad, se está produciendo el retroceso de los glaciares de los polos y de las cordilleras de mayor altura, así como el calentamiento de los océanos, con el consiguiente continuo aumento del nivel del mar y los fenómenos de acidificación y pérdida de la capacidad de absorción de CO₂, colapsando un sumidero de emisiones que hasta ahora mantenía estable los incrementos de este gas.

Informe IPCC

El pasado agosto de 2021 se presentó la primera entrega del [Sexto Informe de Evaluación del IPCC \(AR6\)](#) [1], elaborada por científicos del Grupo de Trabajo I (de los tres que conforman el IPCC), encargados de establecer las bases físicas del cambio climático. En dicho informe se analiza la situación climática que tenemos hoy en día y la que podríamos tener en un futuro si no alcanzamos los objetivos propuestos para detener las consecuencias más graves del cambio climático. Para ello analiza 5 Escenarios en los que estudia los cambios que se producirían en el clima a corto (2021-2040), medio (2041-2060) y largo plazo (2081-2100) y se han comparado todos ellos con respecto a 1850-1900.

El Escenario SSP5-8.5 se ajusta a parámetros donde las emisiones de GEI son muy elevadas según las tendencias actuales y no se aplicarían medidas de reducción. El SSP3-7.0 hace referencia a unas emisiones elevadas, pero ambos Escenarios valoran la duplicación de las emisiones de GEI y CO₂ actuales para 2050 y 2100. Posteriormente, se ha realizado un Escenario de emisiones de GEI intermedias, el SSP2-4.5, donde las emisiones se mantienen en los niveles actuales hasta 2050. Finalmente, el SSP2-1.9 y SSP1-2.6 con emisiones muy bajas y bajas, reduciéndose a cero a mediados de siglo,



seguidas de emisiones netas negativas en niveles con alta variabilidad. Las variaciones de las emisiones responden a los supuestos socioeconómicos planteados, las medidas de mitigación al cambio climático y los controles de contaminación atmosférica sobre todo aerosoles y metano.

Las siguientes gráficas muestran las estimaciones elaboradas en los diferentes Escenarios respecto a las emisiones de CO₂, NO_x, SO_x y otros GEI, así como el aumento de la temperatura media terrestre a nivel global durante todo este siglo.

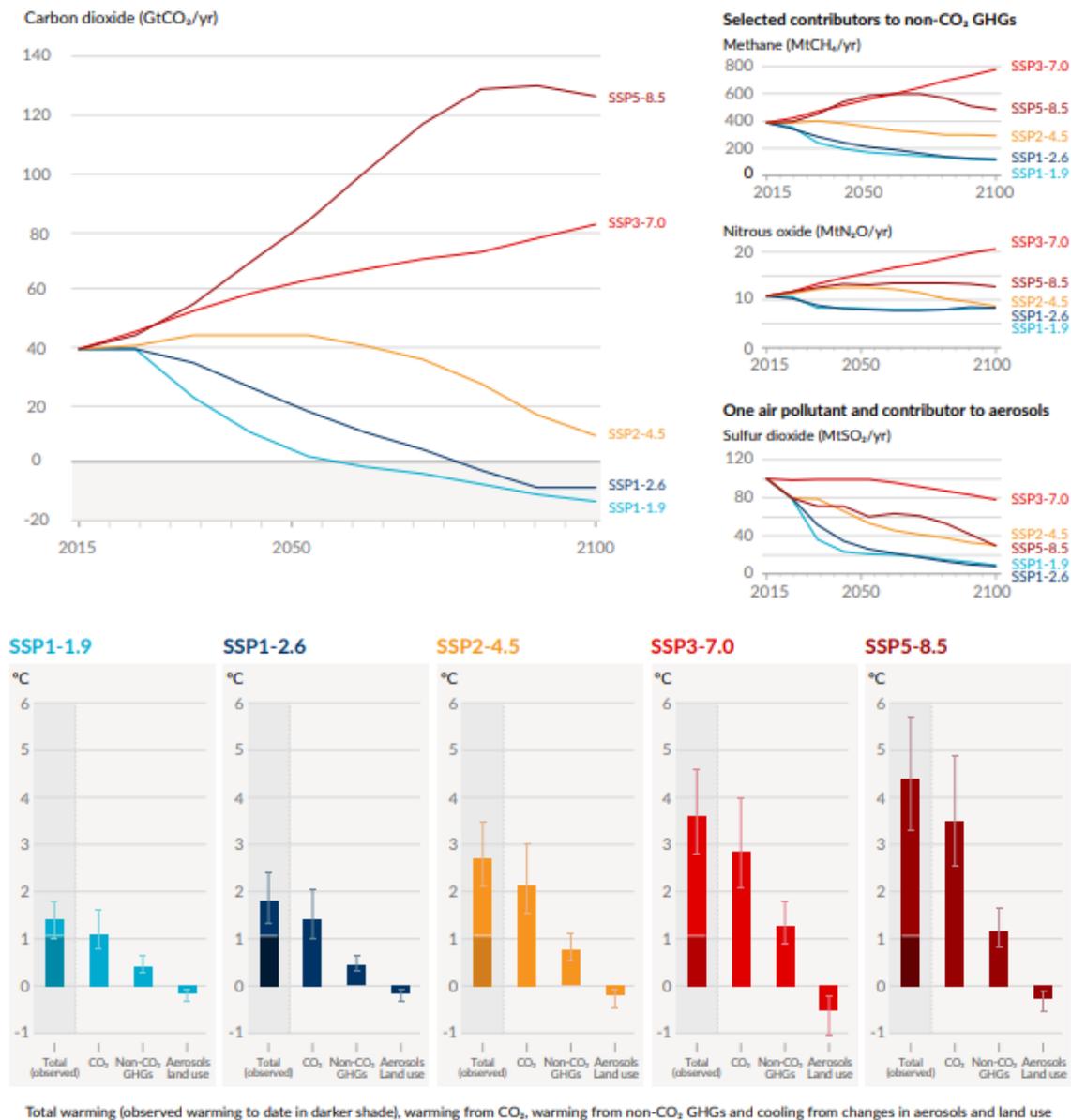


Figura 1. Variación de las diferentes emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, otros gases de GEI y derivados del uso del suelo) y aumento de la temperatura terrestre evaluado en los diferentes Escenarios del nuevo informe del IPCC.

Fuente: [AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis](#).





En la gráfica superior se muestra la evolución estimada de emisiones antropogénicas de CO₂ anuales, en los diferentes Escenarios durante el periodo 2015-2100. En las gráficas de la derecha también se puede observar la evolución de las emisiones de metano, óxido nitroso y dióxido de azufre en el mismo periodo de tiempo.

Se alcanza una mayor cantidad de emisiones de dióxido de carbono, superior a los 120 GtCO₂ anuales en el Escenario SSP5-8.5, mientras que el resto de las emisiones contaminantes alcanzan su máxima concentración en el Escenario SSP3-7.0. Se estima que se alcance en el año 2100, 800 Mt de metano, 20 Mt de óxido nitroso y 80 Mt de dióxido de azufre.

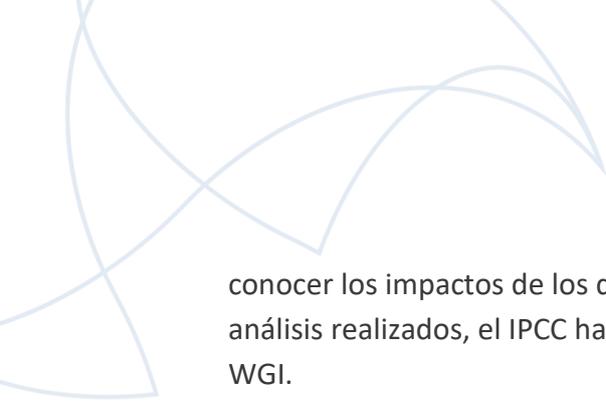
En las gráficas inferiores se puede ver la influencia de cada una de las emisiones en el aumento de la temperatura terrestre, en los cinco Escenarios. Las emisiones de CO₂ tienen un papel predominante en el aumento de la temperatura global, siendo el principal responsable de ello. En el Escenario SSP5-8.5 de previsiones muy altas de gases de efecto invernadero, el CO₂ causaría un incremento de temperatura de 3,5 °C aproximadamente, de los 4,5 °C totales estimados.

Para finales de este siglo las estimaciones oscilan entre el incremento de 1 °C en el Escenario SSP1-1.9 y una subida de 5,5 °C en el SSP5-8.5. Sin embargo, en todos los Escenarios se concluye que, si no se consiguen reducir en gran medida estas emisiones contaminantes (sobre todo el CO₂), la temperatura media terrestre seguirá en aumento hasta mitad del presente siglo XXI, sobrepasando el incremento de los 1'5 °C e incluso superando los 2 °C.

Sobre si estamos en camino de cumplir el Acuerdo de París, los Escenarios donde se han aplicado modelos de estimación sitúan que en el Escenario SSP2-4.5 es “muy probable” que se superen los 2 °C en 2050, mientras que en el SSP1-1.9 es “extremadamente improbable”. Señalan que, **si de verdad existiese una estructura política estricta, coordinada y ambicioso para llegar a alcanzar las emisiones netas cero, alcanzaríamos un incremento de 1,4 °C para 2100 en el mejor de los Escenarios.**

Las patrones meteorológicos y climáticos sufrirán cambios simultáneos en todas las regiones del planeta, en mayor o menor medida en función de su vulnerabilidad climática. Por este motivo es necesario saber qué variaciones experimentarán, y en qué magnitud los patrones climáticos influirán en el clima a diferentes escalas, así como los efectos que puedan llegar a provocar en cada una de ellas. Con ello se podrá determinar y desarrollar una evaluación de los riesgos que tendremos y podremos ser más capaces de adaptarnos a ellos, tanto a nivel mundial como a nivel regional. Para





conocer los impactos de los diferentes Escenarios en tipo real y a escala regional de los análisis realizados, el IPCC ha desarrollado la herramienta del Atlas interactivo del IPCC WGI.

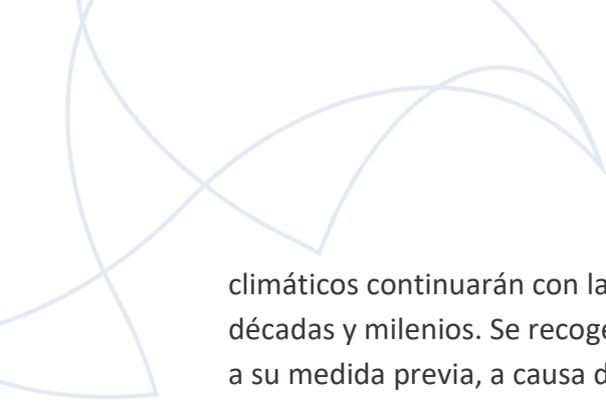
Como consecuencia directa, los fenómenos extremos de lluvias torrenciales (ciclones, huracanes, DANAs, etc.) en los cinco Escenarios aumentarán en un 7% por cada grado de calentamiento global y el Ártico, durante el periodo de 2021 a 2050, estará libre de hielo al menos una vez al año, durante el mes de septiembre según los Escenarios analizados. En el caso de las precipitaciones medias, se prevé que la media anual aumente entre un 0-5% en el Escenario de emisiones de GEI muy bajas (SSP1-1.9) y un 1-13% en el Escenario de emisiones de GEI muy altas (SSP5-8.5) para 2081-2100 en relación con 1995-2014.

Respecto a la capacidad de absorción de los grandes sumideros naturales de carbono, el IPCC también las ha analizado y estima como “alta probabilidad” que, durante los próximos 60 años, los bosques y océanos habrán eliminado cada año de la atmósfera en torno al 56% de las emisiones de CO₂ procedentes de las actividades humanas (calentamiento de los océanos y pérdida de masa forestal en bosques tropicales). Sin embargo, esta capacidad de absorción se verá reducida en un futuro a causa de la acción antropológica directa en ellos. Acorde a las proyecciones elaboradas, en los Escenarios con emisiones de CO₂ elevadas se prevé que los sumideros de carbono oceánicos y terrestres sean menos eficaces para frenar la acumulación de CO₂ en la atmósfera. Si entre 1850-2019 los sumideros terrestres y oceánicos absorbieron 1.430 GtCO₂, es decir, el 59% de las emisiones, en 2100, en un futuro donde las emisiones estén disparadas, la capacidad de retención sería solo del 38%.

Desde una perspectiva general, el IPCC indica la necesidad de limitar las emisiones acumuladas de CO₂, alcanzando las emisiones netas y reduciendo de manera paralela las emisiones de los demás GEI. Estas reducciones deben de ser fuertes, rápidas y sostenidas en el tiempo, al igual que las de CH₄ y de aerosoles, con la consecuente mejora de la calidad del aire. Para conseguir estos objetivos, los gobiernos deben tomar medidas más drásticas, eliminar el uso de combustibles fósiles, ofrecer apoyo financiero a los países más pobres y a los más afectados por la crisis climática, ayudándoles en su transición hacia energías limpias y mejorar sus planes climáticos con las tecnologías que ya tenemos a nuestra disposición.

Es significativo la valoración que realiza este informe sobre que, aunque se logaran y mantuvieran las emisiones globales netas negativas de CO₂, el aumento de temperatura medio global se invertiría gradualmente. Sin embargo, otros cambios





climáticos continuarán con la tendencia actual, a causa de los impactos realizados, por décadas y milenios. Se recogen que el nivel del mar tardaría siglos y milenios en volver a su medida previa, a causa de los flujos de agua inducidos por el deshielo. A pesar de ello, si se consiguiesen los objetivos del acuerdo de París sí que se podría revertir la acidificación de los océanos, al disminuir la concentración de CO₂ disuelto y permitiendo volver a su pH previo.

Dependencia energética de los combustibles fósiles

A nivel global

La pandemia del Covid-19 supuso un antes y un después a nivel mundial en todos los sectores productivos, incluido el energético a escala global. Se produjo la paralización temporal de numerosos edificios y equipos del sector industrial junto con la implantación de restricciones horarias de movilidad internacional, nacional, municipal y de acceso perimetral, ocasionando una disminución drástica y repentina del consumo de combustibles fósiles debido al menor desplazamiento de vehículos. Es decir, hubo una caída de la demanda del consumo histórica para el siglo XXI. Debido a esto, en el 2020 se registró una disminución del consumo global de energía primaria del 4,5%, y una reducción récord de las emisiones de CO₂ del 6,3%. Según los datos contenidos en el informe de [BP Statistical Review of World Energy 2021](#) [2], el consumo de petróleo sufrió una caída del 9,3%, el gas natural del 2,3% y el carbón, del 4,2%.

Esto tuvo su lado positivo en el ámbito de las energías renovables, ya que experimentaron un gran crecimiento. La energía eólica (terrestre y marina) siguió liderando en el mix energético renovable con 733 GW, con 111 GW instalados en 2020. Le siguió la solar fotovoltaica, que se incrementó con 126 GW nuevos, alcanzando los 714 GW y de la hidroeléctrica, que aumentó en un 1%. A su vez, el uso de las energías renovables para generación eléctrica se incrementó en un 12%, alcanzando su cuota de generación máxima al generar un 29% de la electricidad consumida en 2020. La generación eléctrica con eólica y solar notaron un incremento de 315 TWh a escala mundial, un 15% más que el año anterior.

Pasadas las restricciones de movilidad a causa de la pandemia por la Covid- 19, volviendo a la libre circulación de tráfico nacional e internacional, prácticamente hemos vuelto a nuestro anterior estilo de vida, que posee mayor semejanza con 2019 que a 2020. En el año 2019, el 84% del consumo mundial de energía primaria provenía de combustibles fósiles según el BP Statistical Review 2020. Destaca el petróleo (33%), el carbón (27%) y el gas natural (aunque en menor medida, con un 24%), como los



principales combustibles que abastecían la demanda total de energía primaria, que fue de 14.406 Mtep.

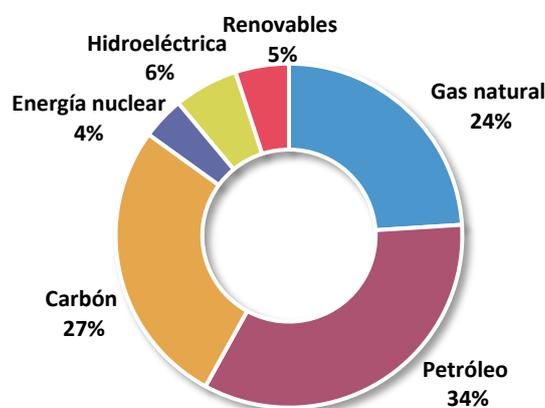


Figura 2. Consumo global de energía primaria, 2019.
Fuente: [BP Statistical Review 2020](#). Elaboración propia.

Los datos contenidos en el [World Energy Outlook 2020](#) [3], elaborado por la Agencia Internacional de la Energía (IEA), coinciden con el estudio de BP. El petróleo y sus derivados predominaban (32%) como combustible para automóviles y otros tipos de medios de movilidad (buques y aviones) en el sector transporte. El gas natural (23%) tuvo una gran presencia en la generación de electricidad y en el sector residencial. El carbón (26%) presentó una clara predominancia como combustible para la producción eléctrica y en menor medida para el sector industrial. Según el Anuario Estadístico Mundial de la Energía 2020 , [este gran protagonismo del carbón fue debido a países como China](#) [4], el mayor productor y consumidor de carbón a nivel mundial, que registró un consumo en 2019 de 2.584 Mtep, un 52% del total global. Aunque muy por detrás, se encuentran países como India, con un consumo de 538 Mtep y Estados Unidos, con 449 Mtep. España, sin embargo, se situó en el grupo de países con menor consumo de carbón en ese año, con un valor de 6 Mtep.

En el año 2018 la demanda de energía primaria por sectores tenía una tendencia muy similar, como indica el World Energy Outlook [2019](#) de la IEA.



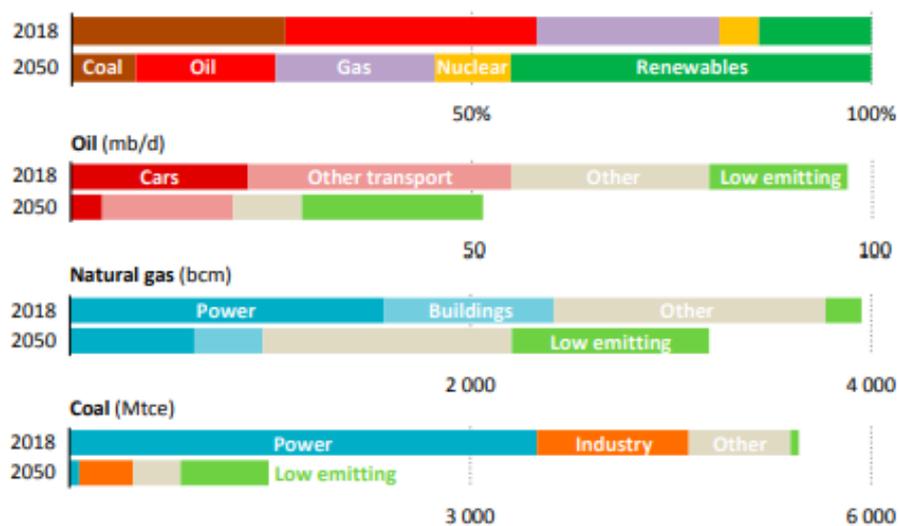


Figura 3. Demanda total de energía primaria por sectores, 2018.
Fuente: [World Energy Outlook 2019](#)

Cabe destacar también que para el periodo 2010-2018, la demanda de petróleo a nivel mundial disminuyó en el sector industrial y en la generación eléctrica, mientras que aumentó en sectores como el de la aviación, el transporte marítimo y el transporte terrestre, además del sector petroquímico. A finales de esta década, el uso del petróleo como combustible para el transporte de automóviles alcanzó su máximo registro.

En **Europa**, según datos de [Eurostat](#) [5] del año 2019, la dependencia energética que teníamos de estos combustibles tradicionales sobre la energía bruta disponible fue del 71,5%, habiéndose reducido con respecto al año 2010, en el que este valor fue del 75,4%. Se destaca Malta como el país que presenta una mayor dependencia y Suecia como el país más independiente energéticamente hablando, con un valor del 31,8%.

A continuación, se muestran los valores de dependencia energética del año 2019 de cada uno de los países que conforman la Unión Europea.



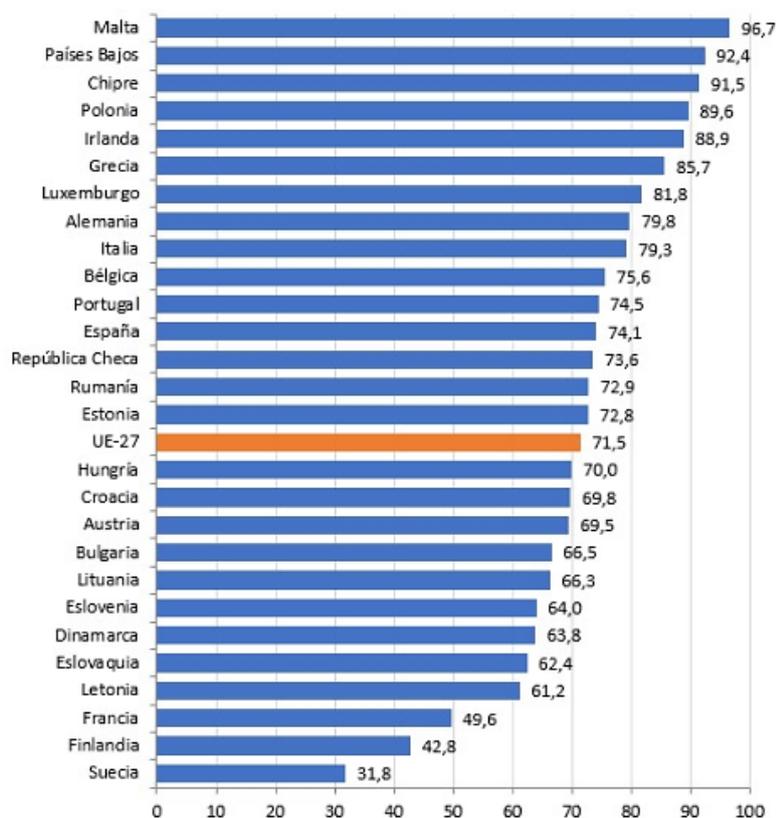


Figura 4. Grado de dependencia de los combustibles fósiles en la UE-27, 2019. (% combustibles fósiles sobre energía bruta disponible)
Fuente: [Eurostat](#).

A nivel nacional

Según Eurostat, en España en el año 2019 se tenía una dependencia energética total de los combustibles fósiles, sin contar la energía nuclear, sobre la energía bruta disponible del 74%. Fue la cifra más elevada desde 2011, cuando sufríamos el impacto de la crisis económica de 2008. Es decir, generamos y consumimos con fuentes renovables autóctonas de nuestro territorio en solamente el 14% de la energía bruta total.

El [informe del sistema eléctrico español 2019](#) [6] elaborado por REE, evidencia que, al finalizar el año 2019, el parque de energía eléctrica de España registró 110.226 MW de potencia instalada, habiendo aumentado en un 6% respecto al año anterior. En cuanto a la generación renovable, aumentó también en un 13% de potencia instalada, llegando a representar el 39% de la generación total. La potencia solar fotovoltaica destacó al haber aumentado en un 88% respecto a la de 2018.



Con respecto a datos del año 2019, en el [año 2020](#) [7] la potencia de generación eléctrica instalada a nivel nacional aumentó en un 0,7% finalizando este año con 110.839 MW. De este total de potencia eléctrica instalada, la correspondiente a instalaciones de energía renovable fue del 54%. Este mismo año se registró el mínimo histórico de emisiones de CO₂ equivalentes procedentes de la generación eléctrica nacional, que fue de 36 millones de toneladas, reduciéndose en un 28% en comparación con el anterior año 2019. En cuanto a generación eléctrica, se produjo un máximo en generación renovable nacional, con una participación en la producción de electricidad del 44%. La energía eólica siguió liderando el mix de generación renovable, siendo responsable del 22% de la producción total, mientras que la energía nuclear fue la única que la superó, alcanzando algo más del 22% del total.

Según el documento [Spain 2021 Energy Policy Review](#), elaborado por IEA [8], en el que se realiza un análisis del consumo final de energía por sectores del año 2019, observamos que en el sector industrial se encuentran el gas natural (36%) y el petróleo (31%) como combustibles principales, en el sector transporte el petróleo (93%) es el que predominaba, así como es la electricidad (53%) en el sector residencial y en el sector servicios. Haciendo un balance de todos los sectores, se concluye que el petróleo (51%) es el combustible más demandado en el consumo final de energía total en España y que el carbón (1%) experimentó la menor participación histórica en la estructura de generación.

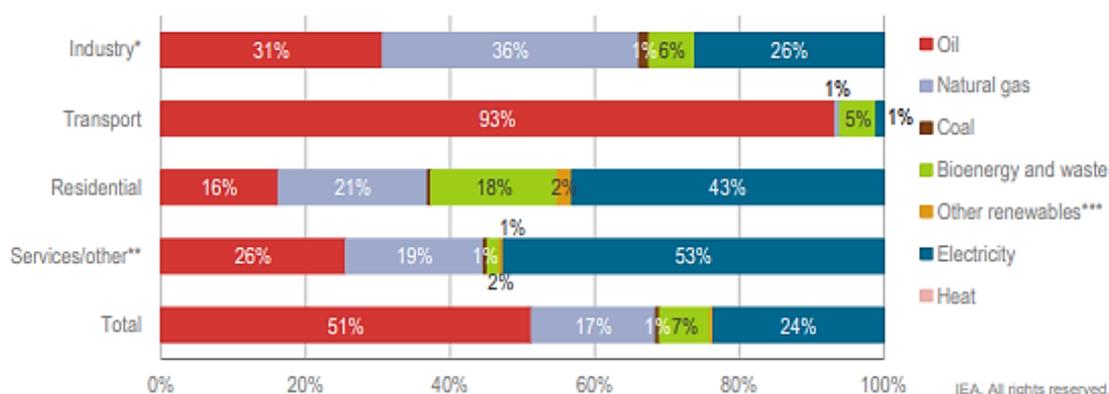


Figura 5. Consumo final total de España por fuente y sector, 2019.
Fuente: [IEA](#)

En el gráfico siguiente se refleja la evolución que se ha tenido del año 2010 al año 2019 en cuanto a capacidad instalada de generación renovable. En este periodo se puede observar que se ha producido un aumento de los 1.300 MW (año 2010) a los casi 2.500 MW de capacidad instalada renovable. El mayor incremento se ha producido en la



energía solar y en la energía eólica y en menor medida en la energía hidráulica y el sector bioenergético.

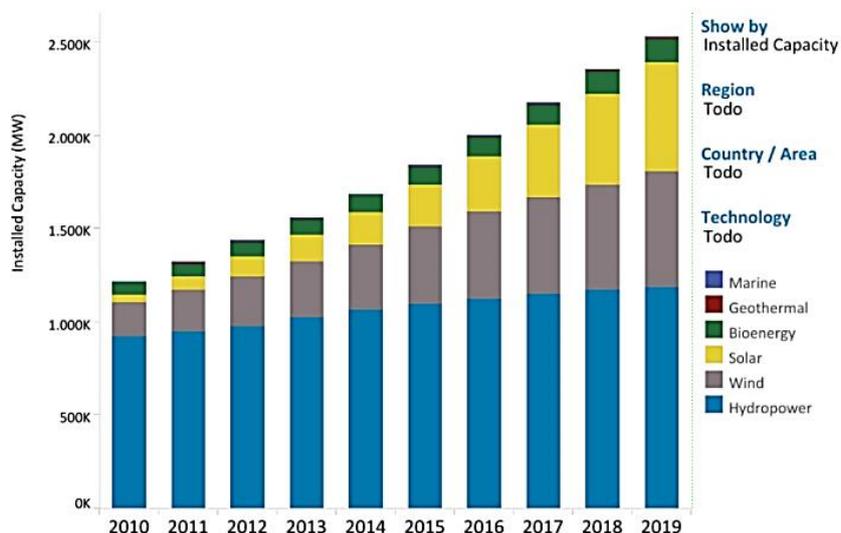


Figura 6. Evolución capacidad renovable España, 2010-2019.
Fuente: [IRENA](#). [9]

En la siguiente gráfica se puede observar la sustitución que se ha realizado de las importaciones de combustibles fósiles del exterior gracias a la generación renovable y el ahorro económico que se ha alcanzado cada año del periodo 2011-2019.

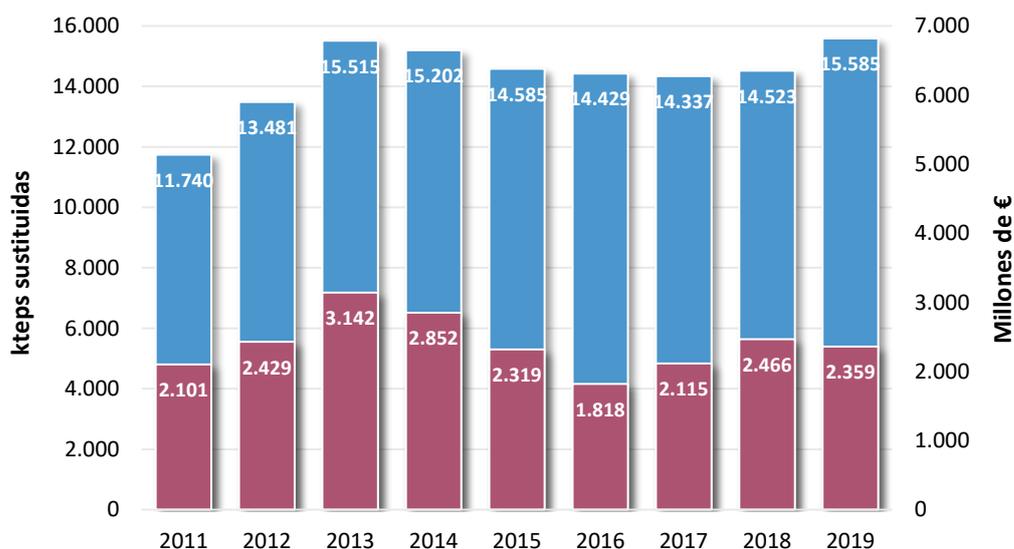
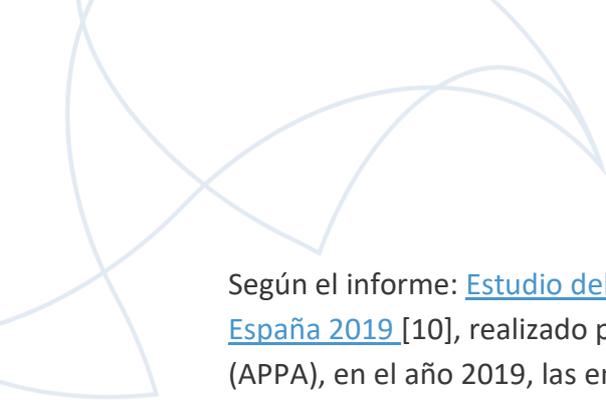


Figura 7. Ahorro energético y económico combustibles fósiles, 2011-2019.
Fuente: [APPA Renovables](#). Elaboración propia





Según el informe: [Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España 2019](#) [10], realizado por la Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA), en el año 2019, las energías renovables (generación eléctrica, térmica y uso de biocarburantes) en sustitución a los combustibles fósiles supusieron un ahorro económico de 8.702 M€, al evitar la importación de 22 Mtep. Estos combustibles fósiles hubieran ocasionado una emisión de 51,6 Mt de CO₂ a la atmósfera, produciéndonos un gasto de 1.282 M€ de derechos de CO₂.

En ese mismo año 2019, la introducción de las energías renovables en el mix de generación eléctrica supuso un abaratamiento del precio del mercado diario de 4.365 M€, suponiendo un ahorro medio de 17,50 €/MWh.



Marco normativo

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Marco normativo

Acuerdo de París

El Acuerdo de París establece un marco global para evitar que se acentúe el cambio climático que llevamos experimentando desde hace décadas. El marco y el acuerdo internacional en la lucha contra el cambio climático está definido entorno a este tratado internacional jurídicamente vinculante que fue aprobado en 2015 y adoptado por 196 partes en la COP21, entrando en vigor en 2016.

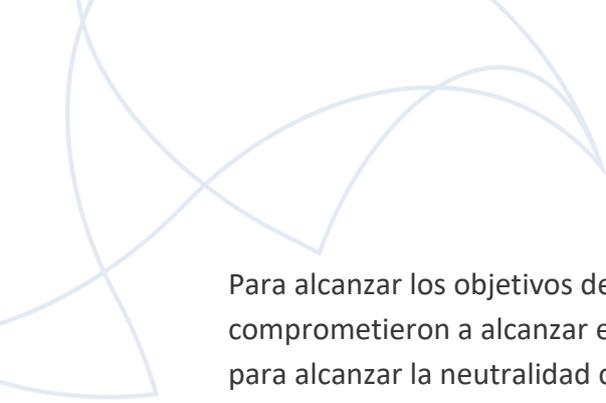
Algunos de los principales objetivos de este acuerdo, referente a limitar el calentamiento global, son:

- Alcanzar la **neutralidad climática para el año 2050**. Se deben de registrar los picos máximos de emisiones lo más pronto posible, para que se produzca una continua disminución gradual en las siguientes décadas. Este proceso será más lento en aquellos países que se encuentren en vías de desarrollo.
- Una vez alcanzada esta neutralidad climática, para la segunda mitad del siglo, periodo 2050-2100, se tendría el objetivo de conseguir un equilibrio entre los GEI emitidos y las absorciones o capturas producidas. Para ello se realizarían reducciones rápidas basándose en los avances científicos más desarrollados e innovadores.
- **Mantener el aumento de la temperatura** media muy por debajo de los 2°C, llegando a limitarlo **por debajo de los 1,5°C**. Con ello se conseguiría reducir de forma muy notable los efectos e impactos producidos por el cambio climático.

Para alcanzar estos propósitos, se acordó mediante las Contribuciones Determinadas Nacionalmente (CDN), **que cada uno de países firmantes del Acuerdo de París presentasen planes nacionales integrales de acción por el clima**, ya que no hay un organismo de gobierno global que establezca medidas para todos ellos de forma centralizada. Estos planes suponen un avance entre la política energética actual y un Escenario con emisiones nulas de GEI, estableciendo sus propias acciones a seguir para conseguir los objetivos a largo plazo.

Todo ello enmarcado por políticas propicias y herramientas que aseguren la coherencia de los flujos financieros con el nuevo modelo de desarrollo descarbonizado y libre de emisiones de GEI, aumentando también la adaptación a los efectos adversos que ya estamos viviendo.





Para alcanzar los objetivos de temperatura, los países que lo ratificaron se comprometieron a alcanzar el pico máximo de las emisiones de GEI lo antes posible para alcanzar la neutralidad climática en 2050. Así, en 2020 el Acuerdo aseveró en la formulación y presentación de estrategias de desarrollo a largo plazo para cada uno de los Estados firmantes. Aunque los resultados hoy en día no son tan prometedores debido a las numerosas asimetrías de ambición política entre los diferentes Estados.

Sin embargo, aunque no hayan sido todo lo ambiciosos que deberían, los años transcurridos han generado flujos de inversiones a tecnologías libres de emisiones, procesos de eficiencia energética y nuevos mercados marcados por la sostenibilidad y la generación de valor económico sin perjudicar el medio ambiente. Cada vez más países, regiones, ciudades y empresas están estableciendo objetivos de neutralidad de carbono. Esta tendencia es más notoria en los sectores de la energía y el transporte al avanzar hacia la electrificación de sus consumos, y ha creado muchas nuevas oportunidades de negocio para los que se adelantan.

La Unión Europea y el Paquete “Fit for 55”

Bajo esta premisa, la Unión Europea (UE) ha sido la principal impulsora de la respuesta internacional frente a la emergencia climática desde 1990. La Comisión Europea (CE) presentó en noviembre de 2016, entrando en vigor en 2018, el conjunto de medidas políticas y técnicas de apoyo a las energías renovables denominado el “[Clean Energy Package](#)”, más conocido como el “Paquete de Invierno”.

Con el fin de impulsar la transición energética, el nuevo marco normativo político y regulatorio aportó certidumbre y estabilidad con objetivos, algunos vinculantes, para 2030:

- 40% de reducción de emisiones de GEI, respecto a 1990, tanto a nivel nacional como del conjunto de la UE. Objetivo vinculante a escala UE, aumentado más adelante al 55%.
- 32% de renovables sobre el consumo final bruto de energía de la UE en 2030. Objetivo vinculante a escala UE, aumentado al 40% por el “Fit for 55”.
- 26% de reducción del consumo de energía primaria de la UE con respecto a 2005. Objetivo no vinculante.
- 20% de reducción del consumo de energía final de la UE con respecto a 2005. Objetivo no vinculante.
- Al menos un 32,5% de mejora de la eficiencia energética con respecto a 2005 a escala de la UE, expresada en consumo de energía primaria o de energía final. Objetivo no vinculante.



- 15% de interconexión eléctrica de los Estados miembros. Objetivo no vinculante.

Fit for 55

Avanzando en su ambición climática, la CE presentó, el 11 de diciembre de 2019, un [Green New Deal](#) [11], un nuevo Pacto Verde Europeo para alcanzar la neutralidad climática y reactivar la economía desde una perspectiva que relegue los combustibles fósiles. Conjuntamente, apuesta por el progreso desde la acción y la creación de valor social y no desde las políticas de austeridad utilizadas, de forma generalizada, para intentar salir de la crisis económica de la última década.

Para darle un nuevo impulso de sostenibilidad tras la pandemia de la COVID 19, la CE **elevó en 2021 su objetivo de reducción de emisiones de GEI en un 55% para 2030** y en julio aprobó su nuevo paquete legislativo “[Fit for 55](#)” [12]. En él se encuentran nuevas herramientas regulatorias y jurídicas, donde destacan por su relevancia, repercusión e innovación:

- Se rebajará el límite global de emisión en el **Sistema de Comercio de los Derechos de Emisión** (ETS, por sus siglas en inglés) y aumentar el ritmo de reducción anual. Además, se hará una eliminación gradual de los derechos de emisión de la aviación, hasta ahora gratuitos, y se incluye, por primera vez, al transporte marítimo en el ETS. Así mismo, se establece un nuevo sistema de derechos de emisiones independiente para el transporte por carretera y el consumo energético de los edificios.
- Un aumento en la cuantía de financiera de los **Fondos de Innovación y Modernización**. Para obtener recursos para los gastos climáticos, los Estados de la UE destinarán la totalidad de sus ingresos por los ETS a proyectos y políticas relacionados con el clima y la energía.
- La Directiva de Energías Renovables **eleva el objetivo de producir el 40% de nuestra energía a partir de fuentes renovables para 2030**. Todos los Estados miembros contribuirán a este objetivo, y se proponen objetivos específicos para el uso de energías renovables en el transporte, la calefacción y la refrigeración, los edificios y la industria.
- La **Directiva de Eficiencia Energética establecerá un objetivo anual vinculante más ambicioso**, por definir, para reducir el uso de la energía a nivel de la UE. En esta línea, el sector público deberá renovar el 3% de sus edificios cada año para impulsar la ola de renovación, crear puestos de trabajo y reducir el uso de energía y los costes para el contribuyente.



- Nuevas exigencias de que las emisiones medias de los coches nuevos se reduzcan un 55% a partir de 2030 y un 100% a partir de 2035 en comparación con los niveles de 2021. Como resultado, **todos los coches nuevos matriculados a partir de 2035 serán de emisiones cero**. Además, el Reglamento revisado sobre la infraestructura de los combustibles alternativos exigirá a los Estados que instalen puntos de carga y repostaje a intervalos regulares en las principales carreteras: cada 60 kilómetros para la carga eléctrica y cada 150 kilómetros para el repostaje de hidrógeno.
- Una **revisión de la Directiva sobre fiscalidad de la energía propone alinear la fiscalidad de los productos energéticos** con las políticas energéticas y climáticas de la UE, fomentando las tecnologías limpias y eliminando exenciones obsoletas y tipos reducidos que actualmente fomentan el uso de combustibles fósiles.
- Nuevo **Mecanismo de Ajuste en la Frontera del Carbono** pondrá un precio al carbono en las importaciones de una selección específica de productos para garantizar que la ambiciosa acción climática en Europa no dé lugar a una "fuga de carbono".

Marco Estratégico de Energía y Clima

España, con el [Reglamento de Gobernanza](#) [13] contenido en el “Paquete de Invierno”, estableció el procedimiento de planificación necesario para cumplir los objetivos y metas, así como para garantizar la coherencia, comparabilidad y transparencia de la información presentada por la UE y sus Estados miembros a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). En ese sentido, se elabora el [Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 \(PNIEC\)](#) [14], y la [Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo \(2050\)](#) [15].

Consecuentemente, el pasado 21 de enero de 2020 el Consejo de Ministros aprobó la Declaración de Emergencia Climática y Ambiental, con la que el Gobierno se comprometió a adoptar **30 líneas de acción prioritarias, cinco de ellas durante los primeros 100 días de gobierno**. Esas cinco líneas están integradas por:

- **Ley de Cambio Climático y Transición Energética (LCCyTE)** que, con diferentes anteproyectos realizados desde 2018, pretende ser el eje regulatorio de una treintena de los puntos contemplados en la declaración. Fue aprobada el 13 de mayo de 2021.
- El **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC)** reclamado por la CE, en virtud del Reglamento de Gobernanza; y la Estrategia de



Descarbonización a Largo Plazo 2050 (ELP), como sendas para asegurar el objetivo de neutralidad climática en 2050.

- El **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)** aprobado por el Consejo de Ministros el pasado 22 de septiembre, con el objetivo de invertir y reconfigurar un país menos vulnerable y más adaptado frente a los riesgos generados por el cambio climático.
- La creación de la [Asamblea Ciudadana del Cambio Climático](#) [16] con el fin de reforzar, mejorar e integrar a la ciudadanía en procesos de participación y toma de decisiones en materia de clima y energía. El 8 de octubre de 2021 se hizo pública su creación y conformación por 100 personas representativas de la sociedad civil española.
- **Los Convenios de Transición Justa**, aprobados en abril de 2020, con objeto de apoyar, acompañar y transformar el modelo industrial, agrario y de servicios, favoreciendo su cambio hacia la sostenibilidad, generando empleo de calidad, potenciando la economía local, la eficiencia y la innovación.

Plan Nacional de Energía y Clima

Aprobada su versión final el 16 de marzo de 2021, identifica los retos y las oportunidades a lo largo de cinco niveles energéticos: la descarbonización del sistema económico, la eficiencia energética, la seguridad del suministro, el mercado interior de la energía y una mejora en la innovación y la investigación. Entre sus objetivos más destacados se incluye:

- **La reducción del 23% de las GEI para 2030 respecto a los niveles de 1990**, pasando de los 288 MtCO₂eq emitidos en dicha fecha a los 222 MtCO₂eq. Los sectores difusos contribuyen, sobre el total del objetivo, en una reducción del 39% y los que están sujetos al comercio de derechos (generación eléctrica y grandes industrias) de emisión lo hacen en un 61% respecto a los de 2005.
- Alcanzar una **mejora de la eficiencia energética del 39,5%**, lo que se traduciría en un consumo de energía primaria de 98,5 Mtep en 2030. Esto equivaldría a una a una reducción del consumo de energía primaria de un 1,9% anual desde 2017, mejorando la intensidad energética primaria de la economía del 3,5% anual.
- Las **renovables alcanzarán en 2030 el 42%** del uso final de la energía, considerando los usos energéticos el transporte, la climatización y la electricidad.
- Pretende alcanzar un **74% de generación eléctrica renovable** en 2030 a través de subastas, inversión internacional y planes estratégicos regionales



que faciliten la instalación de renovables. Establece que debemos tener instalados para entonces en nuestro territorio 50.333 MW de eólica, 39.181 MW de solar fotovoltaica, 14.609 de hidráulica y 7.303 MW de solar termoeléctrica para cumplir con los objetivos previos.

- El peso de la **electricidad sobre el mix energético, desde la base actual del 25,3%, para 2030 será del 27%.**

Ese objetivo de electrificación solo apuesta por un incremento de 1,7% para los próximos nueve años, una evidencia de que la política energética de nuestro país no avanza decididamente hacia la electrificación de todos los consumos energéticos. Es un hecho de que se sigue apostando por los procesos de combustión térmica, lo que supone que los efectos locales en la mala calidad del aire continúen en la próxima década. Mantener una alta presencia de las energías renovables y una baja electrificación pone en duda la racionalidad y la factibilidad de los objetivos fijados a 2030 dado que, tecnológicamente y a nivel de caracterización y disponibilidad de recursos, la generación de electricidad con fuentes renovables debe ser la base de nuestro sistema, por economía, por eficiencia, por idoneidad y porque permite integrar a la ciudadanía de forma activa en el sistema eléctrico del futuro.

Ley de Cambio Climático y Transición Energética

Entrando en vigor el 20 de mayo de 2021, **tiene como objetivo facilitar y dotar de las herramientas jurídicas necesarias para la descarbonización de la economía, su transición a un modelo circular para racionalizar el consumo de recursos naturales.** Conjuntamente, permite aumentar la adaptación a los impactos del cambio climático y la implantación de un modelo de desarrollo sostenible. Los objetivos a 2030 ligados a la energía son similares a los del PNIEC, por los que destacamos otros como:

- **Antes de 2050** y en todo caso, en el más corto plazo posible, alcanzar la neutralidad climática para dar cumplimiento a los compromisos internacionalmente adquiridos.
- **Revisión al alza en 2023** de los objetivos de reducción de emisiones de GEI y de penetración de energía renovable en el consumo de energía final para 2030.

En cuanto a los artículos más destacables respecto a energía, destaca el Artículo 9 donde *“no se otorgarán en el territorio nacional, incluido el mar territorial, la zona económica exclusiva y la plataforma continental, nuevas autorizaciones de exploración, permisos de investigación de hidrocarburos o concesiones de explotación”*.





Respecto a la movilidad eléctrica, el **Artículo 14** *“para que los turismos y vehículos comerciales ligeros nuevos, excluidos los matriculados como vehículos históricos, no destinados a usos comerciales, reduzcan paulatinamente sus emisiones, de modo que no más tarde del año 2040 sean vehículos con emisiones de 0 g CO₂/km de conformidad con lo establecido por la normativa comunitaria.”* Además, los municipios de más de 50.000 habitantes, aquellos de más de 20.000 que sobrepasen los límites de contaminación y los territorios insulares adoptarán antes de 2023 planes de movilidad urbana sostenible y el establecimiento de zonas de bajas emisiones antes de 2023.

Estas son las más relevantes, pero van acompañadas por un gran número de medidas de actuación a futuro, donde destaca una revisión de la fiscalidad verde, una mejora del transporte ferroviario, la electrificación de puertos para la recarga en buques eléctricos, desinversión en productos de origen fósil, etc.



Objetivo

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Objetivo

Hoja de ruta para la electrificación de la demanda

La electrificación de la demanda es la única estrategia de política energética que garantiza la descarbonización total de nuestro modelo energético y asegura la máxima capacidad de penetración de energías renovables en los diferentes sectores de consumo energético. Las energías renovables abaratan el precio de la electricidad, el coste de generación de la solar y la eólica es el más bajo de todas las energías y resulta que disponemos de un gran recurso de ambas en nuestro país, lo que nos dota además de una autosuficiencia energética. A su vez, la electrificación de la demanda es una medida de eficiencia energética en sí misma, lo que repercute directamente en una reducción de la demanda energética.

La cobertura de las necesidades energéticas con electricidad supone emisiones cero en destino y si esa electricidad es generada con fuentes de energía renovables, también en origen. Asimismo, la electrificación de los consumos energéticos permite una apuesta por la autonomía e independencia del consumidor hacia un modelo activo, eficiente, distribuido y 100% eléctrico.

El objetivo de este documento es obtener un análisis de cómo y dónde debemos de actuar para obtener un 50% de electrificación de la demanda de energía final a 2030. Para ello trazaremos dos Escenarios con el objetivo de obtener una hoja de ruta de electrificación a 2030 que nos permita implantar y llevar a cabo una estrategia energética donde se prioriza una alta penetración de electricidad en todos los sectores y acelere el abandono de los combustibles fósiles

Avance de la electrificación de la demanda

En el año 2019, el consumo de energía final total en todos los sectores productivos en España fue de 86,2 Mtep. En la siguiente gráfica se hace una distinción de los diferentes valores de consumo en función de las diferentes fuentes energéticas.



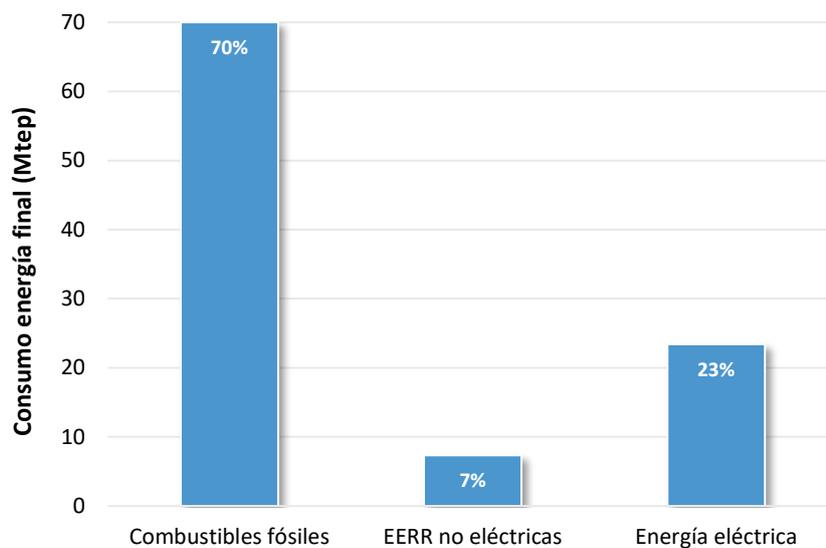


Figura 8. Consumo de energía final por fuente de energía en España, 2019.
Fuente: [Statista. Business Data Platform.](#)[17] Elaboración propia.

Casi el 70% de la demanda fue abastecida por combustibles fósiles. Los productos petrolíferos (derivados del petróleo) tuvieron presencia en más de la mitad del consumo de energía final, alcanzando los 44 Mtep (un 53% del total), seguido de la electricidad, con 20 Mtep (23%). El gas natural tuvo un total de consumo de 14 Mtep (17%). En el caso de las energías renovables no eléctricas (solar térmica, geotermia, biomasa, biogás, biocarburantes, carbón vegetal y residuos sólidos urbanos renovables), el consumo ascendió hasta las 6 Mtep, correspondiendo al 7% aproximadamente. El consumo de carbón fue testimonial, 1 Mtep, a causa de su paulatino abandono para generación de electricidad.

La cuota de electrificación del consumo final de energía de España en el año 2019 era de un 23,4% respecto al total, dato que podemos encontrar en el [Anuario Estadístico Mundial de la Energía del 2021](#). España se encuentra entre los diez países con una mayor cuota de electrificación de la demanda, aunque todavía se sitúa posicionada muy por detrás de países con abundantes recursos hidrológicos como Noruega, donde ya se alcanzaba el 47,4% o Suecia, con un 32,6%.

A continuación, se muestra una gráfica donde se puede ver la evolución que ha tenido España en cuanto al porcentaje de electrificación del consumo final de energía, durante el periodo 2010-2019.



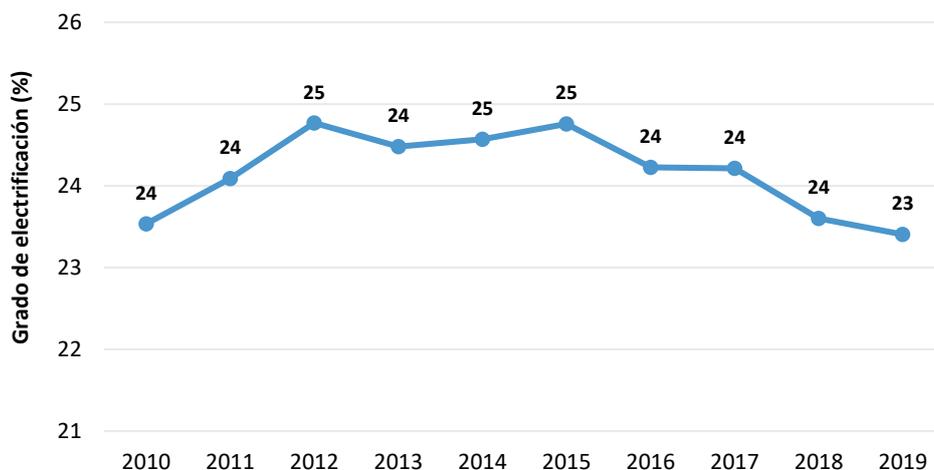


Figura 9. Evolución electrificación de la demanda en España, periodo 2010-2019.
Fuente: [Libro de la Energía en España 2018, MITECO](#). [18] Elaboración propia.

Como se puede observar, el pico máximo de electrificación de la demanda se alcanzó en los años 2012 y 2015, con una tasa de electrificación del 24,8%. Con esta cifra, en el año 2015 se superó en 2,6 puntos a la electrificación media de Europa. **Pero esta cifra se alcanzó, no por una mayor utilización de electricidad en los diferentes sectores, sino por la caída del consumo de energía bruta total a causa de la crisis económica.** A nivel mundial, en la mayoría de los países y regiones la tendencia va en aumento, a causa de cubrir un mayor porcentaje a partir de electricidad, en los sectores residencial, industrial y servicios, y poco a poco también en el sector transporte.

En la gráfica siguiente, se puede observar la evolución que ha tenido tanto el consumo de energía eléctrica como el consumo de energía final de España en la última década.

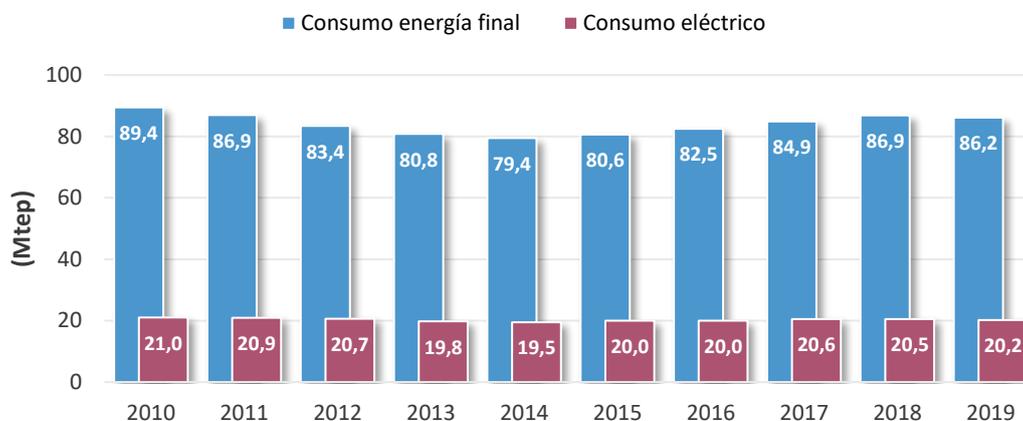


Figura 10. Evolución del consumo de energía final y eléctrica en España, periodo 2011-2019.
Fuente: [Libro de la Energía en España 2018, MITECO](#). Elaboración propia.



En este periodo de tiempo, se observa que la demanda eléctrica prácticamente no cambia, mientras que la demanda energética total presenta una mayor variación. La mayor disminución de la demanda total se produjo en el año 2014, siendo un 11,2% inferior a la del año 2010, mientras que la variación de la demanda eléctrica final en ese mismo año fue de solo un 7,3%.

Según la base de datos de consumo final del [IDAE](#) [19] y haciendo referencia a los sectores productivos, en el año 2019 el **sector terciario** es el que presentó un mayor grado de electrificación de los tres, con un 63% del total del consumo final de energía procedente de la generación eléctrica. El sector secundario a su vez tiene un 32% de la electrificación de la demanda, estando el gas natural presente en un 41% del consumo de energía y, por último, en el sector primario, la cuota de electrificación solo fue de un 16%, estando los productos petrolíferos en un 74% del consumo final de energía. En cuanto a otros sectores consumidores, destaca el sector residencial, en el que la generación eléctrica tuvo una presencia del 43% en el consumo final de energía. Para el sector de la agricultura y pesca se obtuvo un 16% de electrificación y por último el sector transporte, en el que solamente el 1% del consumo final fue eléctrico. En el siguiente gráfico puede apreciarse una comparativa del consumo de electricidad frente al consumo de energía final para cada sector:

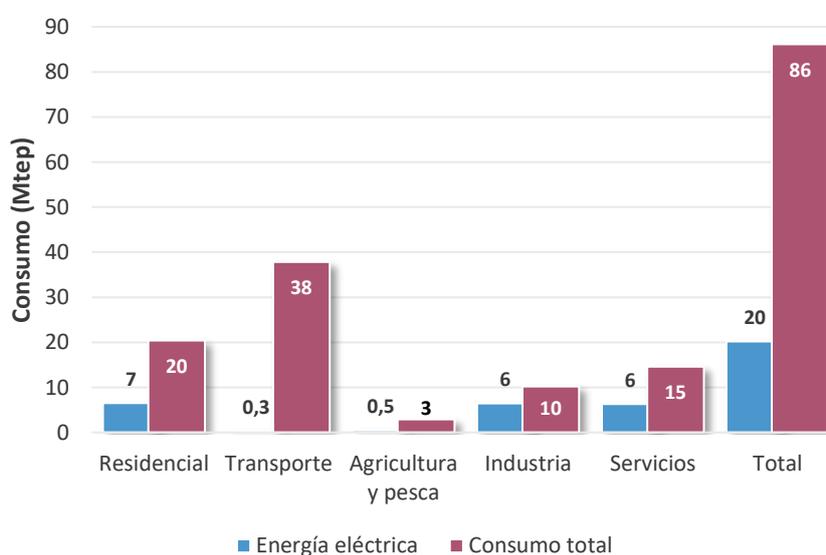
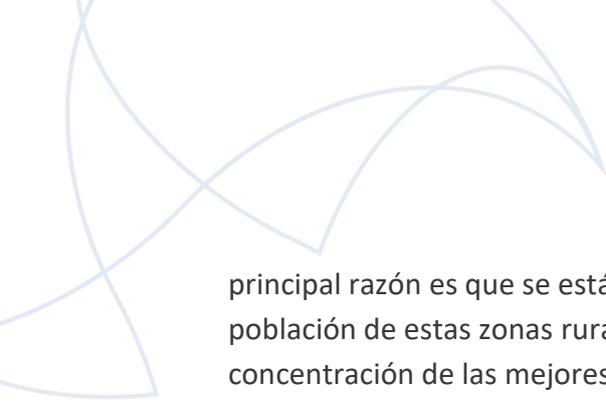


Figura 11. Consumo de energía eléctrica final en comparación con el consumo total para cada sector en 2019. Fuente [IDAE](#). Elaboración propia.

La importancia de las ciudades

Alrededor del 55% de la población mundial ya vive en ciudades. En España esta cifra asciende a un 80% si nos referimos a ciudades de más de 10.000 habitantes. La





principal razón es que se está produciendo un desplazamiento cada vez mayor de la población de estas zonas rurales a las grandes urbes o ciudades, debido a la concentración de las mejores oportunidades formativas y laborales que se ofrecen en ellas. El resultado es una despoblación de las zonas rurales, la llamada actualmente “España vaciada”. Este aumento de la concentración de la población en las zonas urbanas está ocasionando un incremento rápido del consumo energético en ellas, convirtiéndose en los principales sumideros de energía y de emisiones de nuestro país. Este hecho, sumado a que apenas producen su propia energía, hace que tengan una dependencia energética del exterior casi total, cercana al 98%.

Este gran consumo de energía, que recordemos que en gran medida es abastecida por combustibles fósiles, provoca grandes impactos en la salud. Según datos registrados por la OMS, anualmente a nivel mundial se producen siete millones de muertes prematuras debido a la contaminación del aire, provocada por las altas emisiones de GEI. En nuestro país se registran cada año más de 30.000 muertes prematuras en episodios de alta contaminación.

Debido a esto, el pasado mes de septiembre la OMS estableció nuevas directrices aumentando los límites admitidos de determinados gases contaminantes. En el caso de las partículas en suspensión con un diámetro inferior a 2,5 micras (PM_{2,5}) el límite ha bajado a 15 microgramos. En cuanto a las partículas en suspensión con un diámetro de hasta 10 micras (PM₁₀), se ha bajado su límite hasta los 45 microgramos por metro cúbico de aire. Estos dos tipos de partículas son las más nocivas para la salud, siendo las primeras las más perjudiciales debido a su menor tamaño. Estas partículas tienen origen en la quema de combustibles fósiles en diferentes sectores como el transporte, el residencial o el industrial.

A nivel mundial, en el año 2019 más del 90% de la población estaba situada en zonas con concentraciones de PM_{2,5} superiores a las fijadas por la OMS en el año 2005. Si se redujera principalmente la concentración de este tipo de partículas, se evitaría que se produjera aproximadamente el 80% de las muertes prematuras, ocasionadas principalmente por cardiopatías o accidentes cerebrovasculares. A menor nivel de contaminación del aire, más se protegerá la salud de la población.

Este problema es debido principalmente a que las ciudades están diseñadas para el transporte de vehículos privados, en las que se produce un uso masivo de ellos, por encima de cualquier otro tipo de movilidad más sostenible y limpia. **Es el principal foco de contaminación a día de hoy en las ciudades, ya que supone más de un 40% del consumo final de energía, al provenir principalmente de derivados del petróleo, por**



lo que es el principal responsable de su mala calidad del aire. El sector transporte es el mayor emisor de CO₂ en nuestro país, junto con las partículas en suspensión que ya hemos citado anteriormente.

La movilidad y el transporte constituyen la columna vertebral del desarrollo de las ciudades y las interrelaciones entre la ciudadanía, por lo que, para combatir este problema de contaminación, las ciudades del futuro deberán disponer de una amplia oferta de transporte público eléctrico. Aquí se destaca la gran importancia que tienen las ciudades en el avance hacia una transición energética, así como el papel de los ayuntamientos y de la propia ciudadanía. Una decena de Comunidades Autónomas no tienen elaborados Planes de Mejora de la Calidad del Aire, a pesar de que estos sean obligatorios y en otros casos, aunque existen, son inefectivos por falta de voluntad política.

En el año 2020, en principales ciudades de España como Madrid, Barcelona y Valencia, [se produjo una disminución del 83% de la contaminación](#) [20], debido a la pandemia del Covid-19, una media del 26-28% en todas las ciudades. Con la entrada en vigor del estado de alarma, se produjo un gran descenso del tráfico en cada una de las zonas geográficas del país.

En los siguientes mapas se puede observar la gran reducción de la contaminación con respecto a los valores de NOx (procedente de los vehículos diésel), que se produjo con respecto al año 2019 en las ciudades con mayor contaminación. Según datos del año 2020 de la [Agencia Espacial Europea](#) [21].

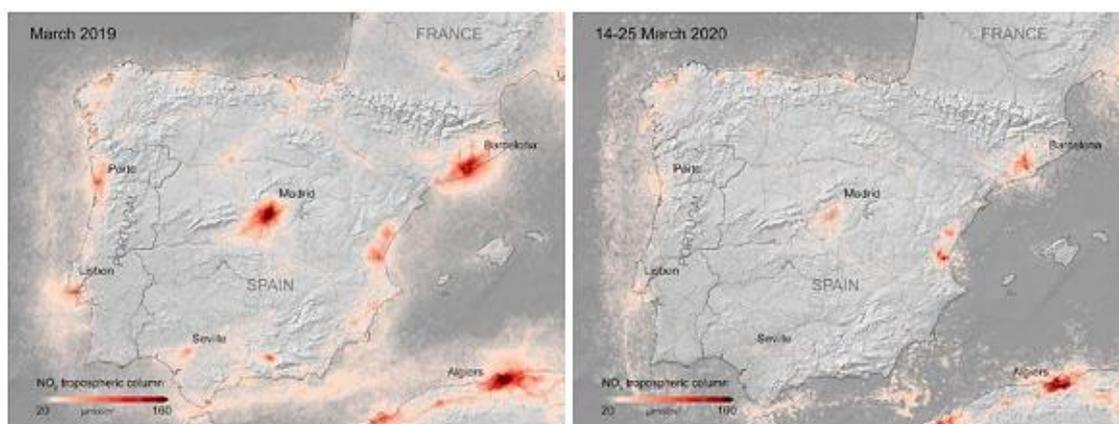


Figura 12. Mapas reducción contaminación NOx. Comparación marzo 2019 y marzo 2020.

Fuente: [Ecologistas en Acción. Informe "Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España"](#). [22]



Hay numerosas ciudades en nuestro país que presentan elevados niveles de concentración de dióxidos de nitrógeno, dióxidos de azufre y partículas en suspensión a pesar de la pandemia. Las ciudades con mayor grado de contaminación de NOx son las siguientes:

Concentración anual NO ₂	(µg/cm ³)
Coslada	39,16
Granada	39,11
Mollet del Vallès	38,39
Leganés	35,89
Madrid	35,1
Murcia	34,88
Terrassa	34,76
Granollers	34,19
Getafe	33,88
Barcelona	32,28
Alcalá de Henares	30,03

Tabla 1. Ciudades con mayor grado de contaminación en España en la actualidad.

Fuente: [Ecologistas en Acción. Informe "Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España"](#).

Liderando el grupo se encuentra Coslada, seguida de Granada, que también se sitúa entre las ciudades con peor calidad del aire por las altas concentraciones de ozono y partículas en suspensión.

Según datos facilitados por el [informe de evaluación del MITECO](#) [23], en ese año, solo se superó la concentración límite de NO₂ en Madrid, la localidad de Avilés fue la única en la que se superó el límite máximo de partículas PM10 y se redujeron a 28 las zonas en las que se registraron niveles elevados de ozono.

En este sentido, hay que reconocer la importancia que tienen los ayuntamientos para el cambio del modelo energético actual ineficiente y medioambientalmente insostenible, pues dada su capacidad para poner en marcha planes y actuaciones, los convierten en un actor principal e indispensable.



Desarrollo de escenarios

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Desarrollo de Escenarios

Elaboración y comparación de Escenarios

En este estudio hemos construido 2 Escenarios con el fin de **examinar el desarrollo y comprobar la tendencia de descarbonización del sector energético hasta 2030**. Con ello, obtendremos los datos necesarios para elaborar una hoja de ruta para la electrificación de la demanda y las medidas de actuación en los sectores energéticos específicos.

El **Escenario 1** es aquel con el que se cumplirían con los objetivos del Acuerdo de París para 2030, nos permitirá comprobar el ritmo y la ambición que es necesaria en la descarbonización de los diferentes sectores. Para ello utilizaremos la electrificación de la demanda como base y eje principal de actuación. La idea es obtener la visión principal y unas proyecciones en las diferentes ramas del consumo de energía, incluido la cantidad de emisiones de CO₂ a reducir a 2030.

El **Escenario 2** evalúa el Escenario tendencial con las políticas de estrategia energética de mitigación aprobadas y vigentes hasta 2030. Nos permitirá obtener cual es el nivel de ambición de las medidas actuales y que sectores cumplirán con los compromisos de descarbonización en una mayor o menor proporción. Con los objetivos ya anunciados podemos obtener un Escenario tendencial sectorizado, donde se contemplen las mismas variables del Escenario 1, que nos permita ver cuales se cumplirán en su totalidad y cuales necesitan aumentar y reforzar su ambición en la próxima década.

Con la **comparativa de ambos**, teniendo el Escenario en el que queremos estar (1) y al que nos dirigimos (2), podemos obtener un análisis de la diferencia entre los parámetros y objetivos de electrificación y descarbonización. Con esto queremos tener una base para construir una hoja de ruta hacia la electrificación de la demanda y priorizar líneas de actuación en los sectores con mayor dependencia de combustibles fósiles.



Contexto nacional actual

Evolución de emisiones por sectores

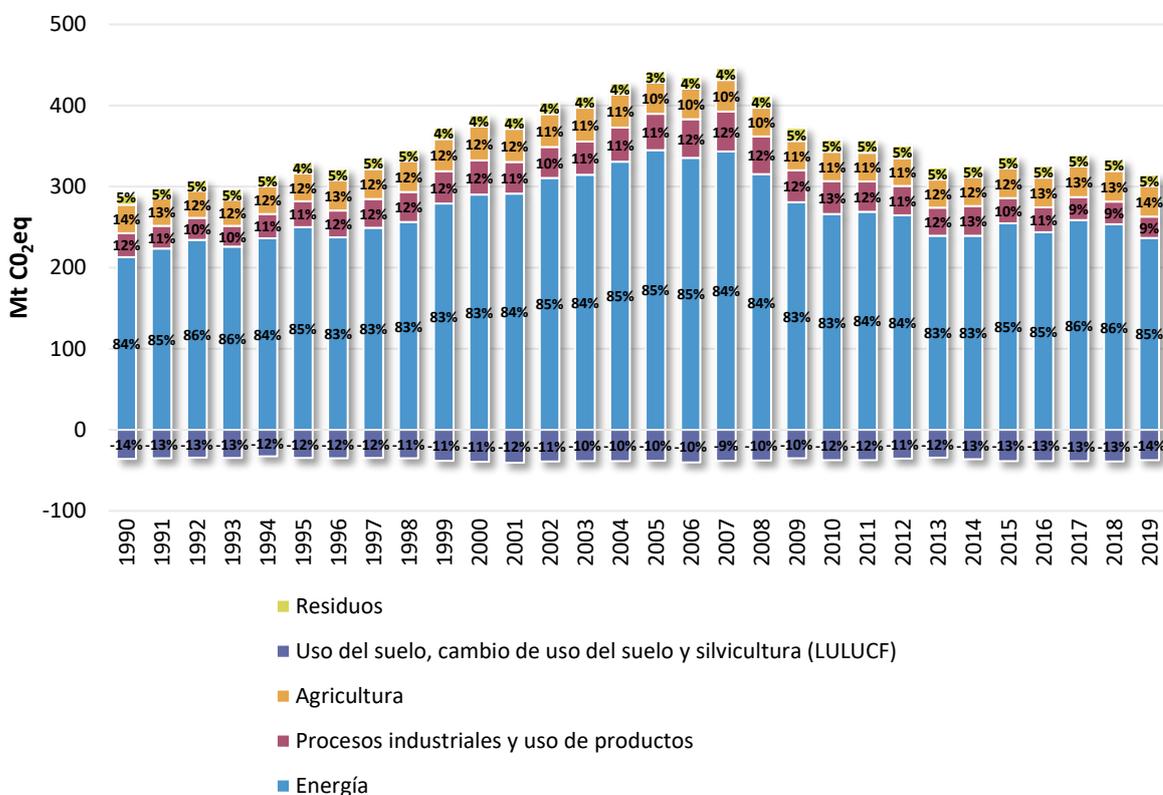


Figura 13. Evolución emisiones por actividades en el periodo 1990-2019 en España.
Fuente: [Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero](#). [24] Elaboración propia.

En la gráfica se ve claramente como las emisiones están directamente ligadas al crecimiento económico. Se incrementan desde 1990 hasta la crisis de finales de 2007, alcanzando en ese mismo año un máximo con casi 450 MtCO₂, un 54% más que en 1990.

A lo largo de estas tres décadas no hay demasiado cambio en el peso de cada uno de los sectores. El sector de la energía es el que mayor volumen de emisiones produce cada año, no bajando nunca del 83% su contribución.

Si nos fijamos ya en los últimos años, en 2019 las emisiones disminuyeron un 5,6% respecto al año anterior, principalmente por la reducción del carbón en la producción eléctrica y por el ascenso de las energías renovables haciendo que, en conjunto, el sector de la energía acumulase un descenso del 6%, que junto con las reducciones asociados a procesos industriales y uso de otros productos (-1%) suponen



los principales contribuyentes de la variación interanual como puede apreciarse en la siguiente figura:

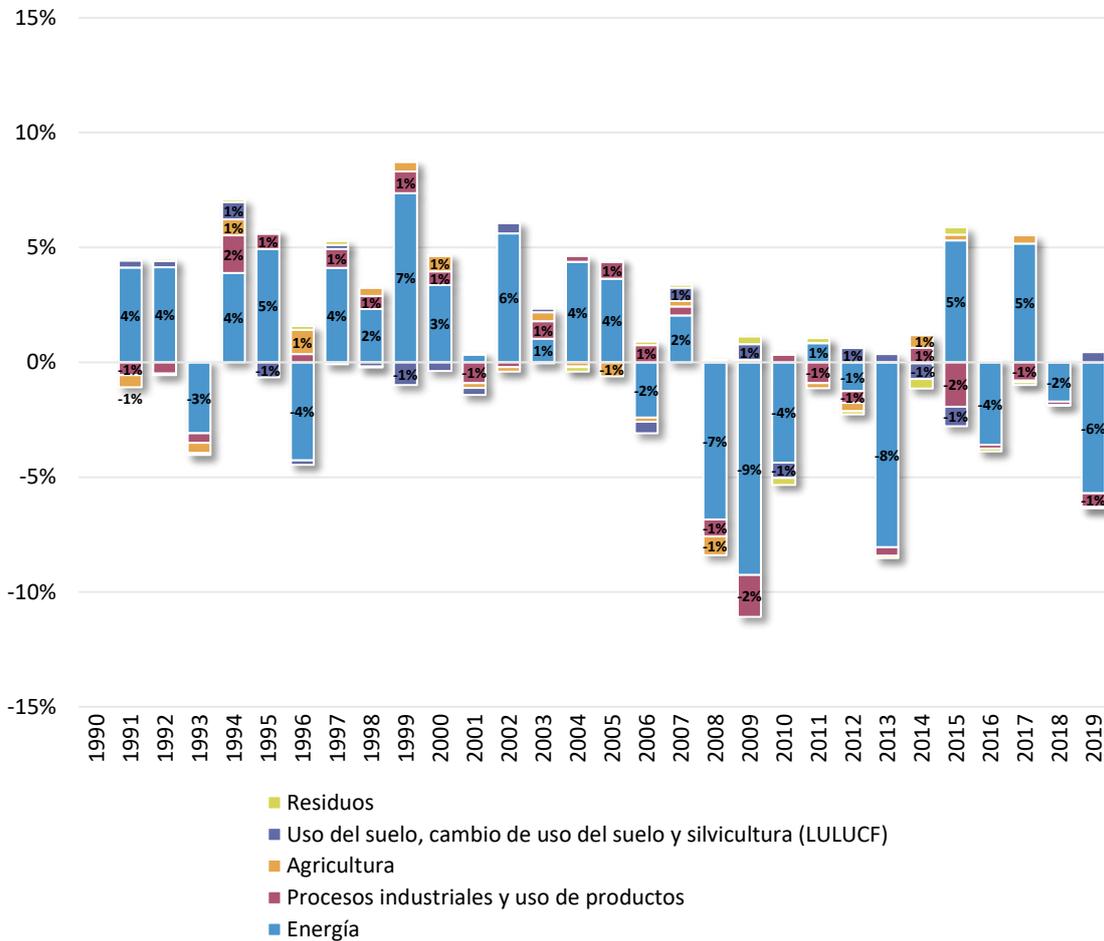


Figura 14. Evolución de la variación interanual de emisiones totales por actividades durante el periodo 1990-2019 en España.

Fuente: [Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero](#). Elaboración propia

Al estar asociadas las emisiones al crecimiento económico resulta interesante su análisis respecto al PIB.



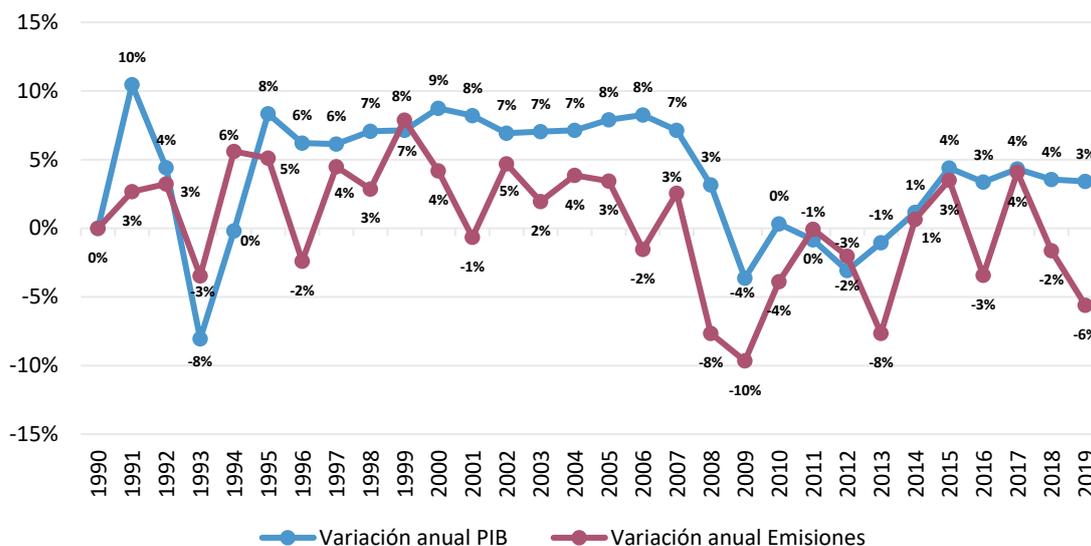


Figura 15. Evolución porcentaje anual del PIB y el porcentaje de variación interanual de emisiones desde 1990 hasta 2019 en España.

Fuente [INE](#) [25] e [Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero](#). Elaboración propia.

Desde 1990 hasta la crisis financiera del 2008, el PIB creció a una media de casi un 3% anual, destacando el crecimiento continuo del período de 1993 a 2007, durante el cual se experimentó un crecimiento medio del 3,5%. Podemos apreciar como este período, corresponde con los picos de mayor variación anual de emisiones, destacando el correspondiente a 1999. **Sólo a partir de 2017 parece que empieza a desligarse la influencia del crecimiento del PIB sobre las emisiones finales.** Esto se debe principalmente a las medidas de eficiencia, al incremento de la generación eléctrica con fuentes de origen renovable y a la disminución en el uso de combustibles fósiles como el carbón entre otros. Por ello, la electrificación de la demanda y la progresiva descarbonización del sector eléctrico, juegan y jugarán un papel fundamental para el desarrollo de una economía sostenible y libre de emisiones.

Diagnóstico energético

Por fuentes de energía

La energía es el motor fundamental para el funcionamiento de las cosas y para el desarrollo de la vida. Un bien de primera necesidad imprescindible para el progreso de la sociedad y la economía, cuya disponibilidad debe estar por encima del poder adquisitivo de las personas, pues el bienestar de una sociedad depende estrechamente del consumo energético.

El binomio energía y sociedad es tal que el modelo energético de un país determina el tipo de sociedad que lo conforma. Dadas sus numerosas implicaciones a nivel global



sobre el conjunto de la sociedad y el planeta, su descarbonización, genera una serie de desafíos que trascienden a los actores individuales y los ámbitos nacionales y exigen la búsqueda de soluciones comunes. Los problemas de la energía, por tanto, deben ser entendidos y resueltos de manera holística en términos de factores medioambientales, tecnológicos, económicos y sociopolíticos, siendo una de las prioridades de la agenda científica, social, política y económica.

En el siguiente gráfico, puede apreciarse el consumo de energía primaria por fuente de energía para el período de estudio definido anteriormente:

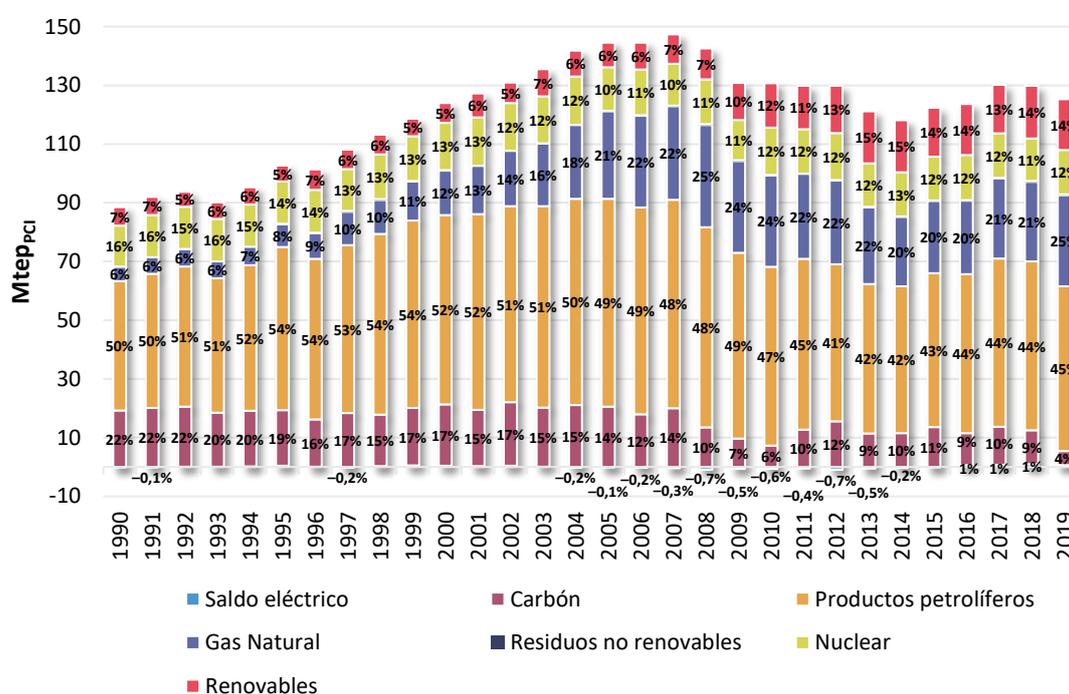


Figura 16. Evolución consumo de energía primaria por fuente de energía en base al PCI para el período 1990-2019 en España.

Fuente: [Libro de la Energía en España, Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero](#). Elaboración propia

El consumo de energía ha aumentado de forma constante y continúa haciéndolo, en la medida en que el nivel de vida de nuestra sociedad ha crecido. Podemos apreciar como a partir de 2007, se produjo un descenso del consumo, debido a la Crisis financiera global, aunque esta tendencia se ha ido frenado conforme ha ido evolucionando la fase de recuperación económica. Es importante apreciar el porcentaje de distribución por fuentes de energía durante el periodo de crisis, ya que, aunque se redujo el consumo de energía, esto no ha significado una mejora sustancial en la distribución de las diferentes fuentes de energía.



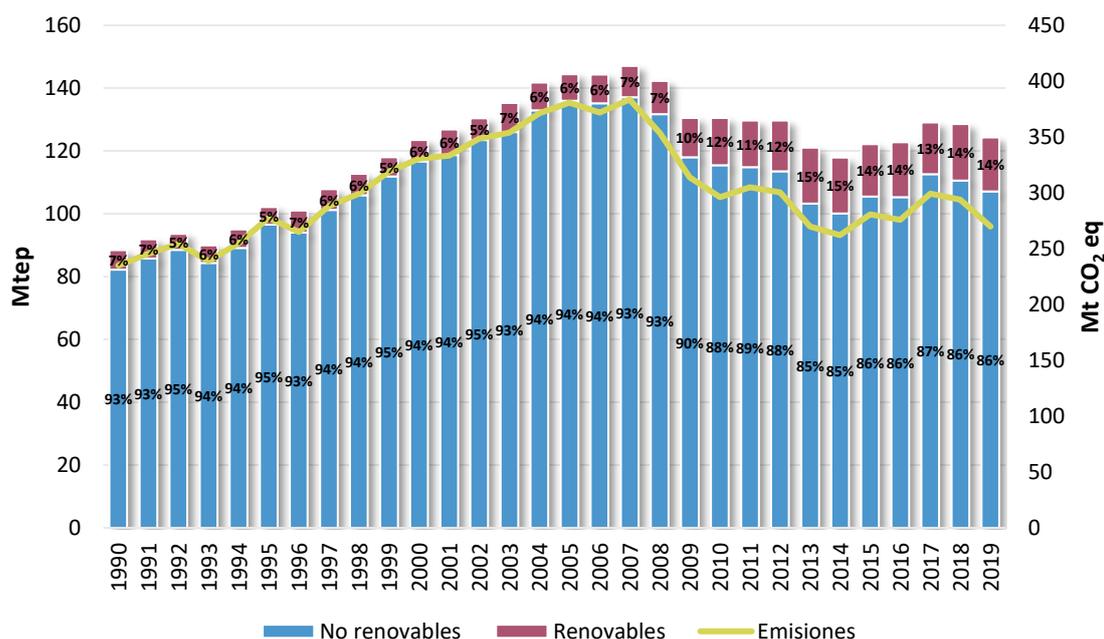


Figura 17. Evolución del consumo de energía primaria y sus emisiones asociadas desde 1990 a 2019 en España. Fuente: [Libro de la Energía en España](#), [Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero](#). Elaboración propia.

En el gráfico anterior, podemos apreciar como la reducción de emisiones, a partir de 2007, se debe principalmente a la disminución del consumo y por tanto de combustibles fósiles, contribuyendo en menor proporción la cobertura con fuentes renovables. La parte no renovable libre de emisiones a la atmósfera se debe al consumo de energía nuclear, sin embargo, son las fuentes de energía renovables, las protagonistas del cambio de modelo energético y las que finalmente cubrirán el 100% de la energía primaria consumida, si queremos cumplir con las exigencias climáticas.

Con los datos anuales de 2019, podemos apreciar de una manera más visual como en siguen predominando los combustibles fósiles (86%) frente las fuentes de energía renovable (14%). Además de los problemas ambientales intrínsecos a su uso también acarrear un déficit económico importante para el país, asociado a la dependencia energética externa, al tratarse de un recurso importado, dada la nula riqueza disponible de combustibles fósiles en nuestro país.

A continuación, en la siguiente gráfica puede apreciarse la evolución del grado de dependencia energética de España. Matizamos que en ella no se incluye la energía nuclear a pesar de que contribuye a la dependencia energética pues el mineral de uranio no procede de nuestro país, sino que lo importamos, lo que nos hace alcanzar más del 80%.



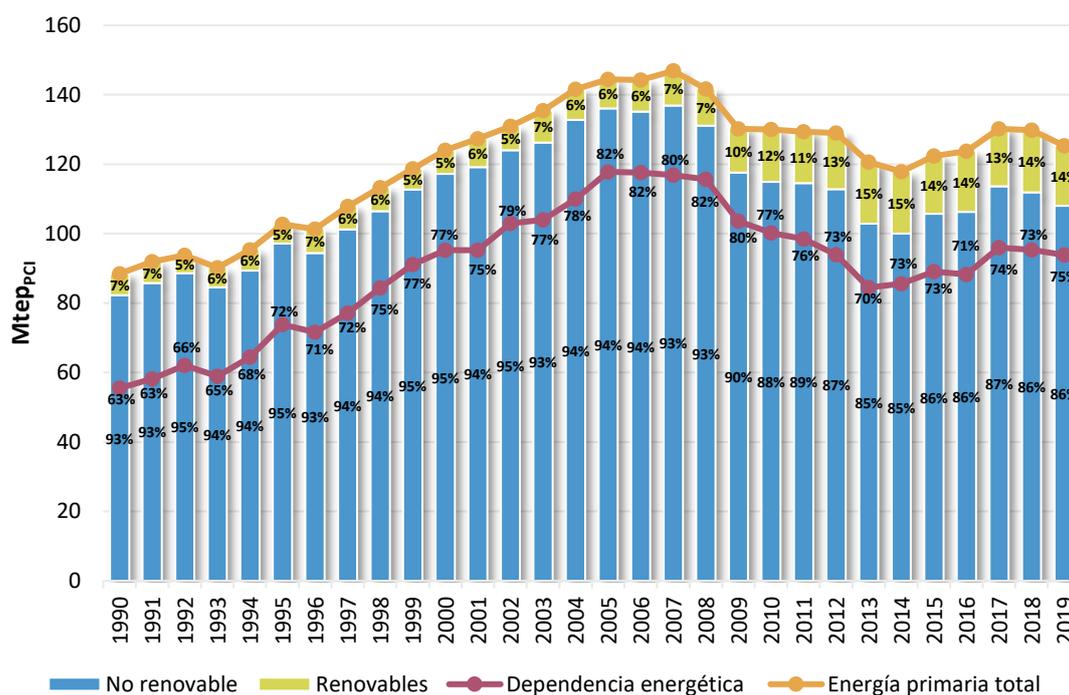


Figura 18. Evolución consumo de energía primaria en base al PCI y grado de dependencia energética para el período 1990-2019 en España.

Fuente: [Libro de la Energía en España](#), [Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero](#) y [Eurostat](#). Elaboración propia.

Según el último [Libro de la Energía en España](#) el déficit económico asociado a las importaciones energéticas ha supuesto en 2018 el 74,3% del saldo total del comercio exterior, así como el 2,2% del PIB, un total de -20.721,2 M€ asociados a productos energéticos según el [INE](#). Es impenable que para revertir esta cifra hay que apostar por las fuentes energéticas de las que sí tenemos recursos, como el sol y el viento, cuya progresiva penetración en el sistema energético junto con los avances en eficiencia energética, contribuirán a mejorar el grado de autoabastecimiento nacional, minimizando el saldo negativo del comercio exterior, sin olvidarnos de sus múltiples beneficios medioambientales.

El mejor aprovechamiento de las energías renovables para cubrir la demanda final de energía se consigue mediante su transformación en electricidad, por lo que se requiere una mayor participación de la electricidad (sistema eléctrico) dentro del sistema energético, lo que pone de manifiesto la necesidad de seguir apostando por políticas energéticas ambiciosas en términos de electrificación y de eficiencia energética. El escenario energético futuro, será aquel en el que la **electrificación de la demanda de energía es la única vía para lograr un futuro sostenible bajo criterios de eficiencia, de equidad y de respeto al medioambiente**. Electrificar no genera emisiones de gases contaminantes allá donde se consume ni en origen si procede de fuentes de energías



renovables, facilita la penetración de las energías renovables y supone apostar por la autonomía del consumidor y por su papel activo dentro del sistema energético como gestor de su propia energía.

En cuanto a la energía final obviamente vuelven a predominar los productos petrolíferos (gasóleo, gasolina, GLP, queroseno, fueloil y coque de petróleo), seguidos del gas natural y los carbones. Dentro del término de fuentes renovables no eléctricas se engloba la solar térmica, geotermia, biomasa, biogás, biocarburantes, carbón vegetal y residuos sólidos urbanos renovables. En cuanto a la energía eléctrica, se trata del consumo final por lo que no se tiene en cuenta el origen de su generación (que como sabemos cambia cada hora).

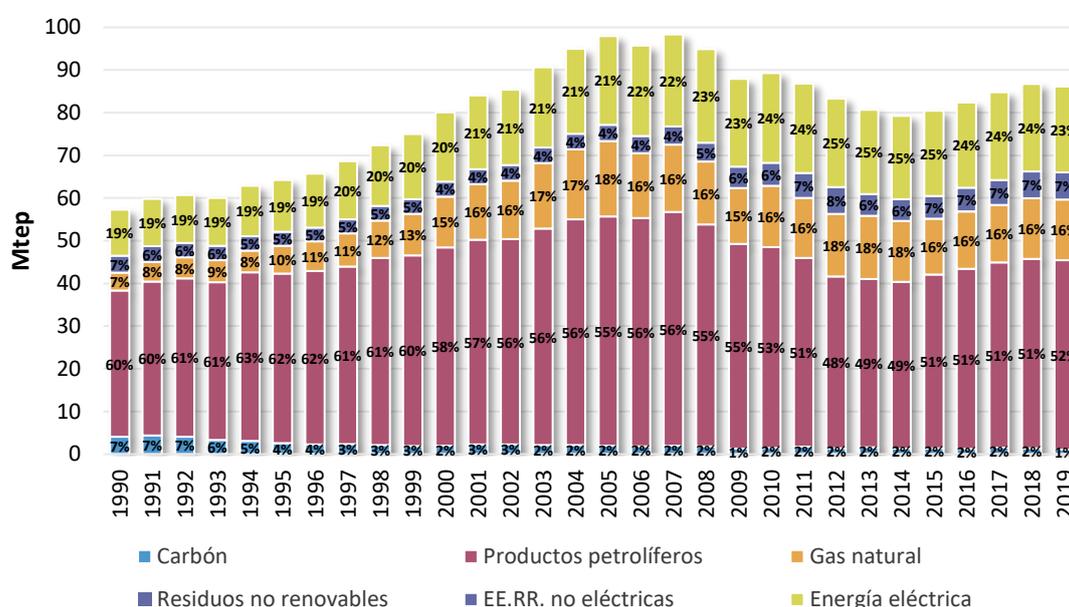


Figura 19. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI para el periodo 1990-2019 en España. Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Podemos apreciar no sólo el muy bajo peso de la electricidad en la demanda de energía final (del 23% en 2019), sino como **en los últimos 5 años ha ido perdiendo peso a pesar de que la política energética debería haber hecho hincapié en la electrificación de la demanda**. Esta reducción es fiel reflejo de una política energética errónea que ha negado la eficiencia energética y la importancia de velar por la calidad del aire en nuestras ciudades.

En 2019, el consumo de energía final en España ha sido de 85,5 Mtep (petróleo 51,3%, electricidad 23,6%, gas natural 17,2%, bioenergía y residuos 7,0%, carbón 0,6%, solar 0,4% y otras renovables el resto).



La intensidad energética, es un parámetro que nos permite determinar la eficiencia energética de la economía de un país y depende del consumo energético de los sectores productivos y de los sectores consumidores que no contribuyen al PIB, como el sector residencial y el transporte privado. A continuación, puede apreciarse la evolución de la intensidad energética en España.

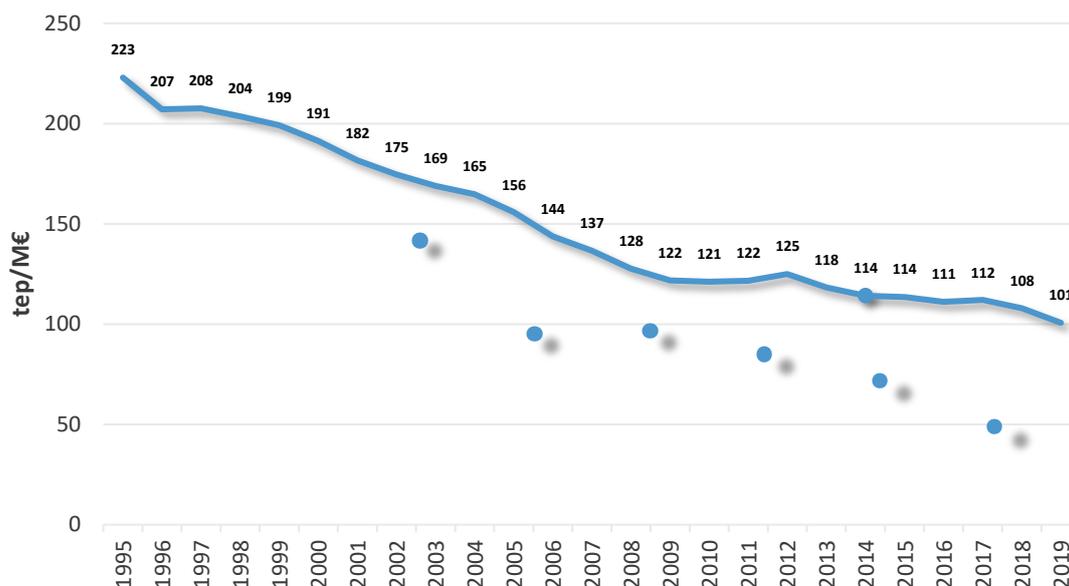


Figura 20. Evolución desde 1995 hasta 2019 de la intensidad de la energía primaria en España.

Fuente [INE](#). Elaboración propia.

Si comparamos 2019 con 1990, vemos como se necesita 122 tep menos de energía primaria para generar la misma riqueza. **Las energías renovables y la mejora de la eficiencia, junto con los cambios sufridos en las últimas décadas entre los sectores secundario y terciario han resultado determinantes en la disminución de la intensidad energética de nuestra economía en casi un 55% con respecto 1990.** Sin embargo, España sigue teniendo una economía energéticamente voraz, pues dada su elevada intensidad energética, consume mucha energía obteniendo un PIB bajo.

Las medidas de eficiencia, las fuentes de energía empleadas y la tecnología asociada a su aprovechamiento final, son determinantes sobre el consumo de energía final. Estas tres herramientas, son decisivas en la intensidad energética y por tanto la eficiencia y sostenibilidad de la economía de un país.

Por sectores

El reparto del consumo de energía final por sectores refleja las costumbres de la ciudadanía y la economía de un país.



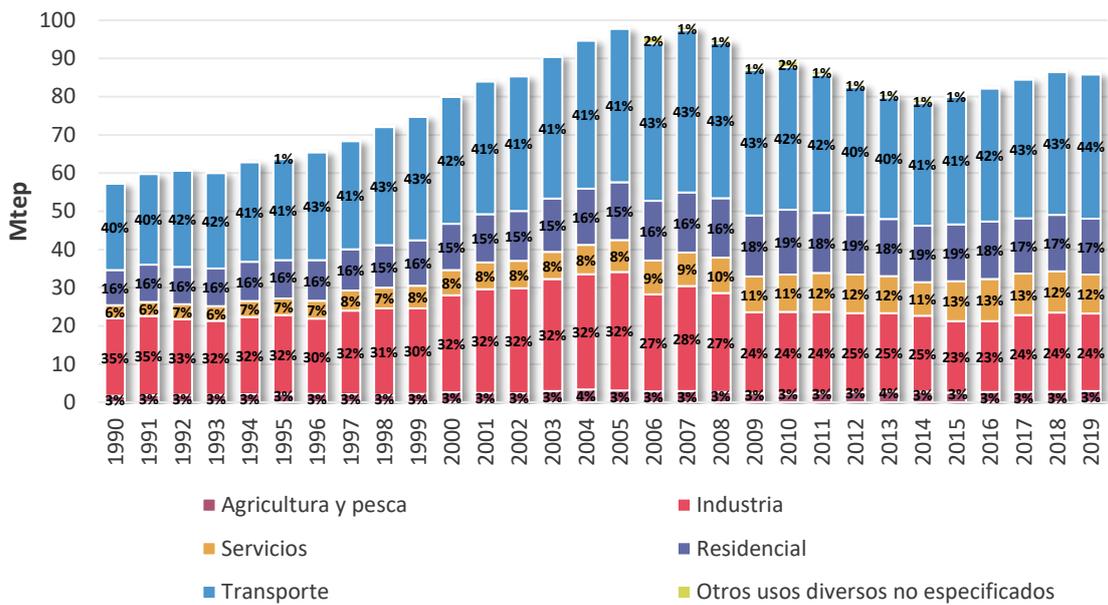


Figura 21. Evolución consumo energía final por sector en base al PCI para el periodo 1990-2019 en España. Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Podemos apreciar como a principios de la década de 1990, la industria incrementó su peso en la demanda final de energía, y como a partir del 2005, el sector terciario ha ido incrementando su peso en el consumo de energía final, en detrimento del sector industrial. Esto es debido a que el sector servicios tiene una menor intensidad energética y al incremento de su peso en el PIB en detrimento del sector industrial.



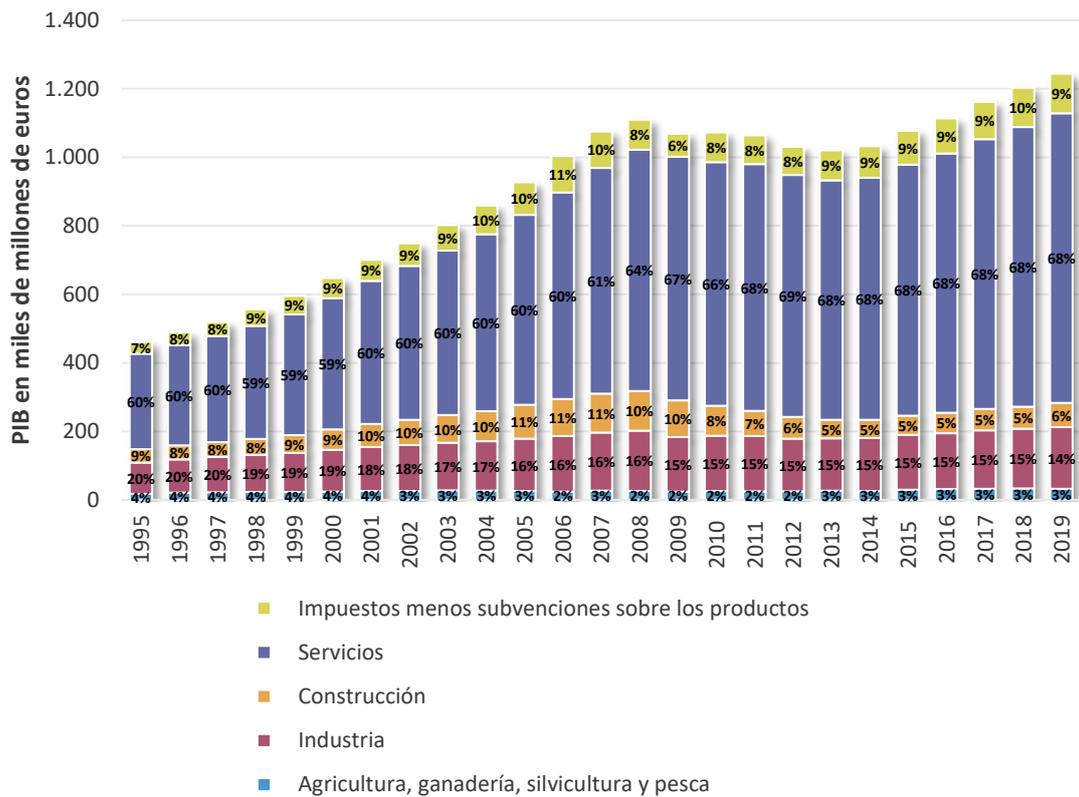


Figura 22. Evolución anual del PIB a precios de mercado según sectores para el periodo 1990-2019 en España. Fuente: [INE](#). Elaboración propia.

Sector transporte

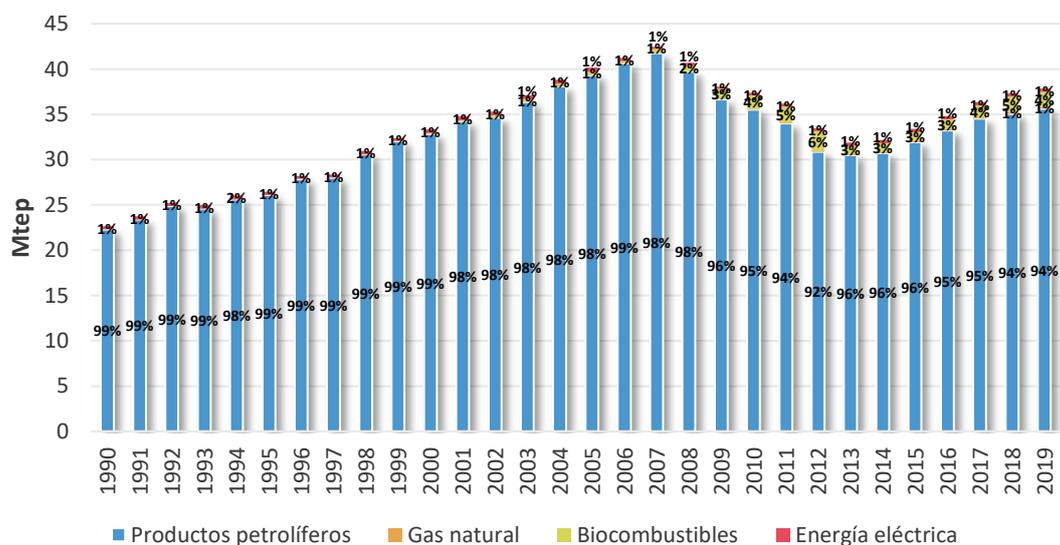


Figura 23. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector transporte en España para el periodo 1990-2019. Fuente: [IDAE](#). Elaboración propia.



Tras la recuperación económica de la crisis del 2008, podemos apreciar como a partir del 2013, el consumo de energía en el sector transporte no ha dejado de crecer. Un hecho preocupante teniendo en cuenta que, en comparación con el resto de los sectores, es el que más depende de combustibles fósiles. Para el último año estudiado (2019) todavía depende en más de un 95% contando con el 1% del consumo del gas natural, otro combustible fósil, en auge en este sector, que demuestra, por razones obvias, una apuesta incorrecta por la descarbonización.

Para evitarlo la estrategia a seguir debe ser avanzar decididamente en la progresiva electrificación de la demanda de energía, pues la electricidad es más eficiente que cualquier combustible fósil y el único vector energético que garantizaría que la demanda se supla mediante energías renovables.

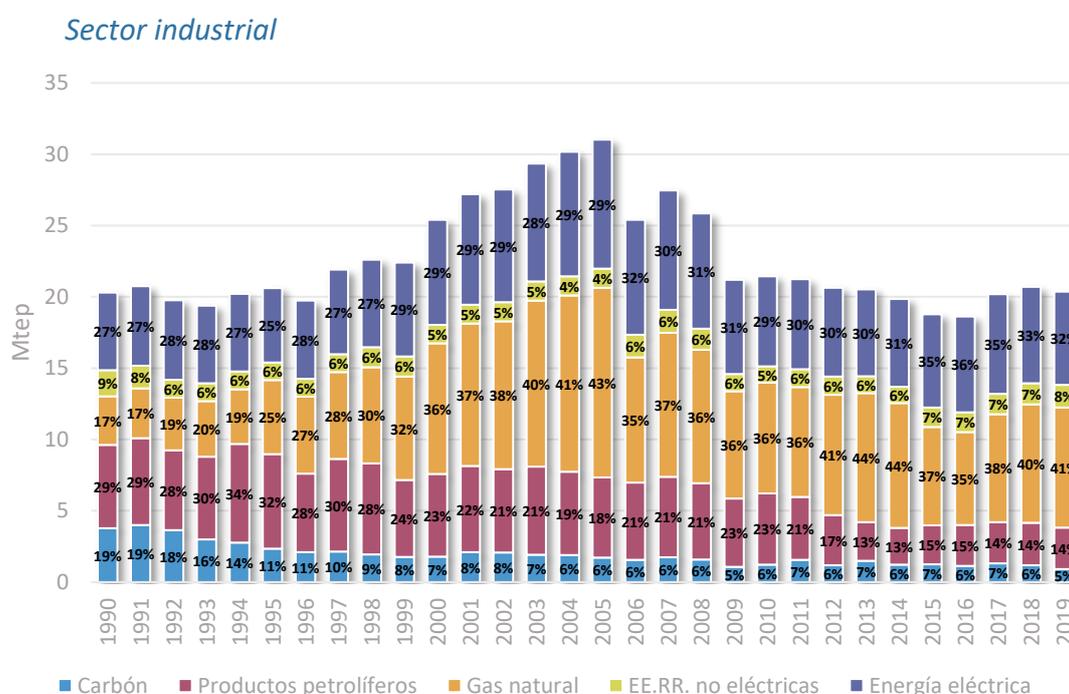


Figura 24. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector secundario en España para el periodo 1990-2019.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.

En la década de 1990 la industria incrementó su peso en la economía y por tanto el consumo de energía en este sector, destacando el consumo de gas natural. Sin embargo, a partir de 2005 la tendencia ha sido en descenso debido a la migración hacia el sector terciario llegando en 2019 a consumir casi la misma cantidad de energía que 1990 (20,3 Mtep), pero cubierta con una mayor cantidad de gas natural (un 24% más), en detrimento de los productos petrolíferos y el carbón, con un ligero aumento del consumo de electricidad del 5%.



Sector residencial

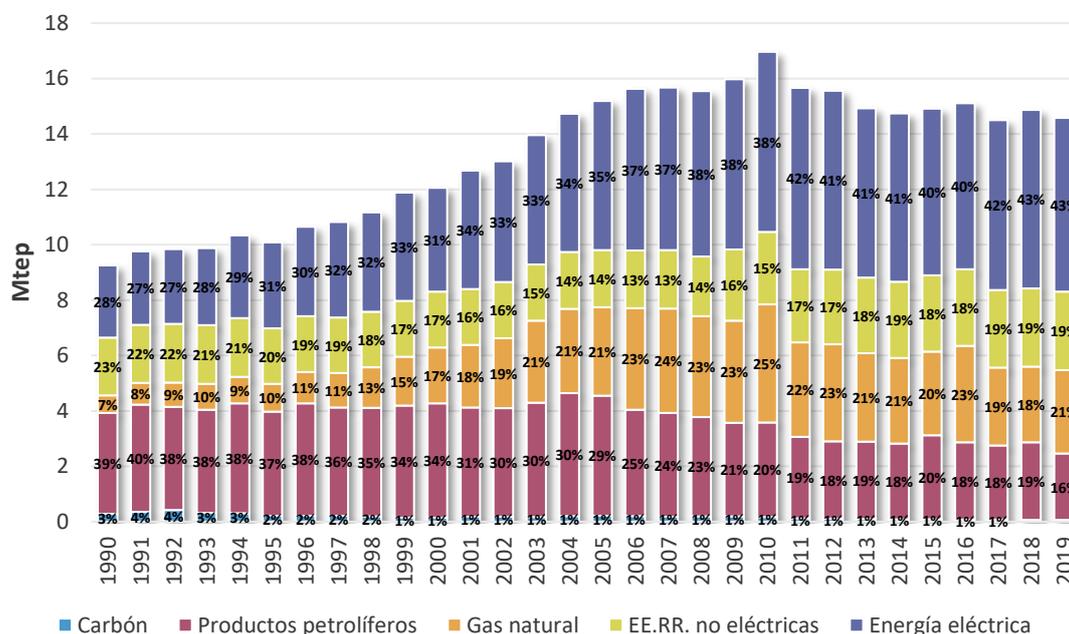


Figura 25. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector residencial en España para el periodo 1990-2019.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Los consumos de energía en el sector residencial se centran principalmente en la iluminación, cocina y climatización, siendo estos dos últimos los que todavía dependen de fuentes de energía fósil y los que se deben erradicar.

Podemos apreciar cómo aumenta la cobertura de la demanda de energía final con gas natural en detrimento del carbón y los productos petrolíferos (gasóleo C, butano, propano), una realidad que explica por qué en 2019, el 37% de la demanda final del sector sigue cubriéndose con fuentes de energía no renovables. Se trata del segundo sector con mayor cobertura con electricidad por detrás del sector servicios y el primero en cobertura con energías renovables no eléctricas, dominadas por la biomasa y la solar térmica.



Sector servicios

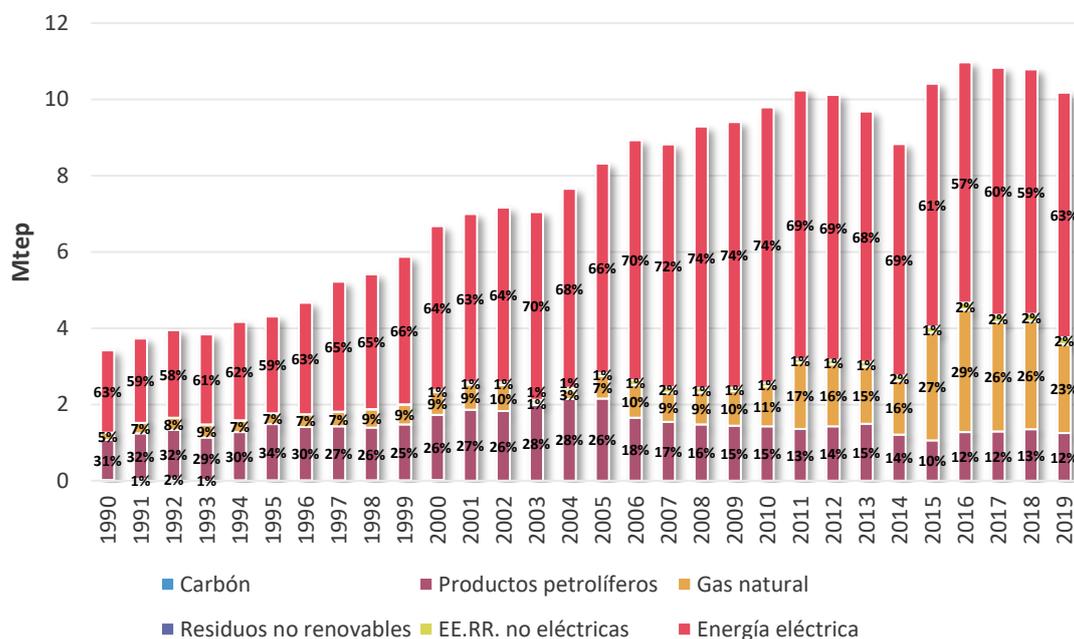


Figura 26. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector terciario en España para el periodo 1990-2019.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Al contrario que con el sector industrial, podemos apreciar como el crecimiento de este sector ha sido prácticamente continuo, en especial gracias a la terciarización del industrial. Esto explica que el consumo de energía durante el periodo de 1990-2019 haya aumentado en 6,8 Mtep, en el que como ya comentamos anteriormente, el gas natural ha sido la fuente de energía que mayor peso de participación ha ganado en detrimento de los productos petrolíferos.

Es con respecto a los demás sectores, el que mayor cobertura de la demanda satisface con la electricidad, al tratarse de un sector, cuyos consumos de energía, se centran principalmente en la iluminación, cocina y climatización, dos consumos fácilmente electrificables de forma eficiente.



Sector agricultura y pesca

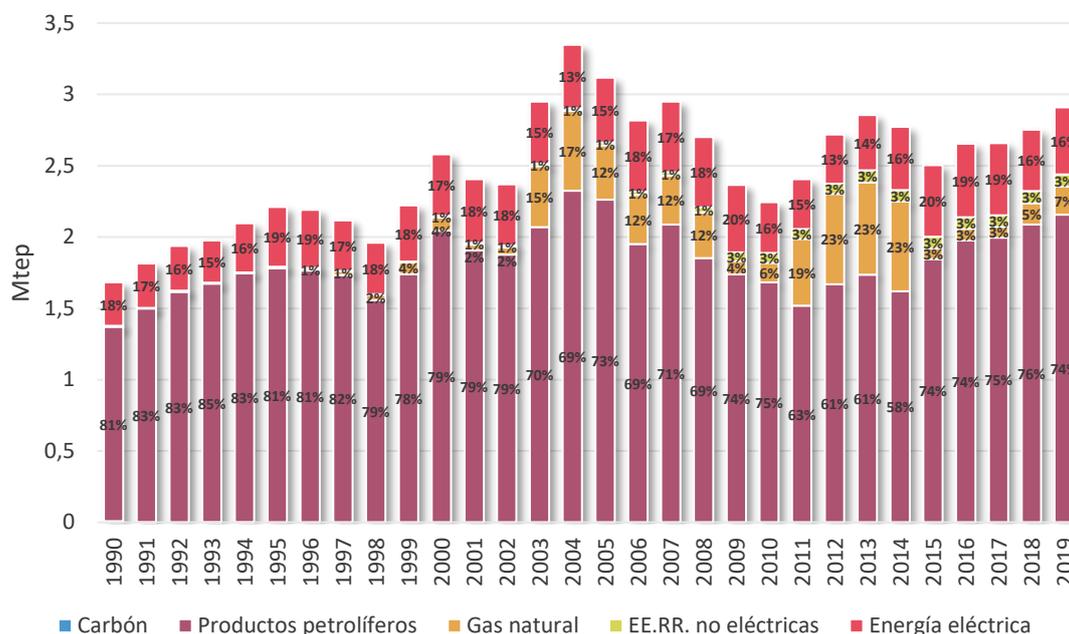


Figura 27. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector primario en España para el periodo 1990-2019.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Desde la década de 1990, el consumo de energía en este sector ha tendido al alza con algunos picos y valles hasta 2019, con algo más de un 72% de consumo de energía final con respecto 1990. Con respecto a la cobertura, vemos que la electrificación ha aumentado en consumo, pero disminuido dos puntos porcentuales respecto al peso con las otras fuentes energéticas. En cuanto al consumo de gas natural, podemos apreciar un descenso acusado en el año 2015, a pesar de que existe un ligero aumento de consumo en los años venideros.

Este diagnóstico energético nos sirve para definir la situación de partida que tenemos a la hora de elaborar los escenarios y las propuestas de actuación.



Escenario 1: Compromisos del Acuerdo de París alcanzados

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Escenario 1: Compromisos del Acuerdo de París alcanzados

Hoy en día se puede confirmar que muchos de los países no están cumpliendo con las metas y compromisos adquiridos tras la firma del Acuerdo de París. A su vez, el [informe sobre la brecha en las emisiones del 2021 publicado por la ONU](#) [26], también confirma que las CDN establecidas en la actualidad no son suficientes para conseguir los objetivos marcados. Es más, para el año 2100 se llegaría con un incremento de la temperatura media terrestre de 2,7°C.

España también fue uno de los países que ratificaron el Acuerdo de París, por lo que persigue el objetivo de reducción del 100% de las emisiones para el año 2050 y de mantener el aumento de temperatura global por debajo de los 1,5°C, pero los objetivos y medidas planteadas en los planes nacionales (PNIEC y ELP50) no son tan ambiciosos como para conseguir estas metas, como el caso de la reducción de emisiones de GEI a 2030.

Debido a esto, vamos a realizar un Escenario con los objetivos que planteamos desde **Fundación Renovables**, cuyas metas son muy similares a las establecidas en el Acuerdo de París.

Desde **Fundación Renovables** apostamos por acelerar el objetivo de reducción de emisiones porque es en esta década cuando tenemos que hacer el mayor esfuerzo para lograr paliar las peores consecuencias del cambio climático. Es por ello, por lo que, ajustándonos al nuevo paquete de medidas Fitfor55, para 2030 planteamos alcanzar una **reducción de emisiones del 55% respecto a 1990 y del 59% respecto a 2019**, es decir pasar de 314 MTCO₂eq en 2019 a 130 MTCO₂eq en 2030, para ello se tiene que **reducir la demanda de energía final en un 30% con respecto a 2019, conseguir una electrificación del 50% de la demanda final de energía** (un tercio más que en 2019), una penetración en el sistema eléctrico **de las renovables del 80%** y de un **50%** en la cobertura de **la demanda final de energía**. Por último, para la consecución de dichos objetivos deberíamos reducir la dependencia energética actual, que se encuentra en un **75% aproximadamente en 2019** (sin incluir la energía nuclear) **a un 50% en 2030**.



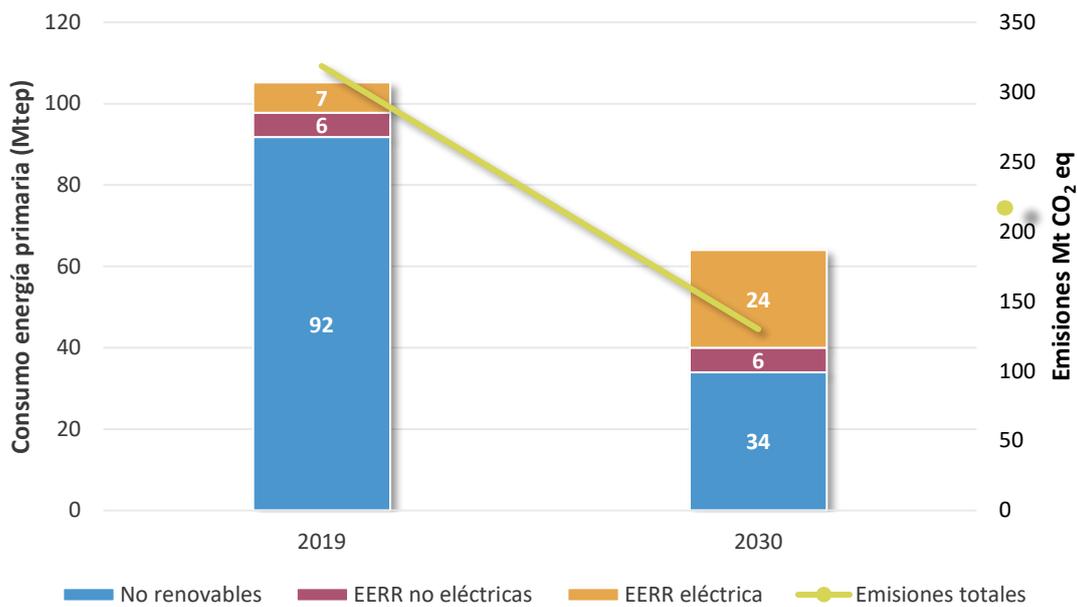


Figura 28. Evolución consumo de energía primaria y emisiones brutas por fuente según el Escenario 1. Fuente: IDAE. Elaboración propia.

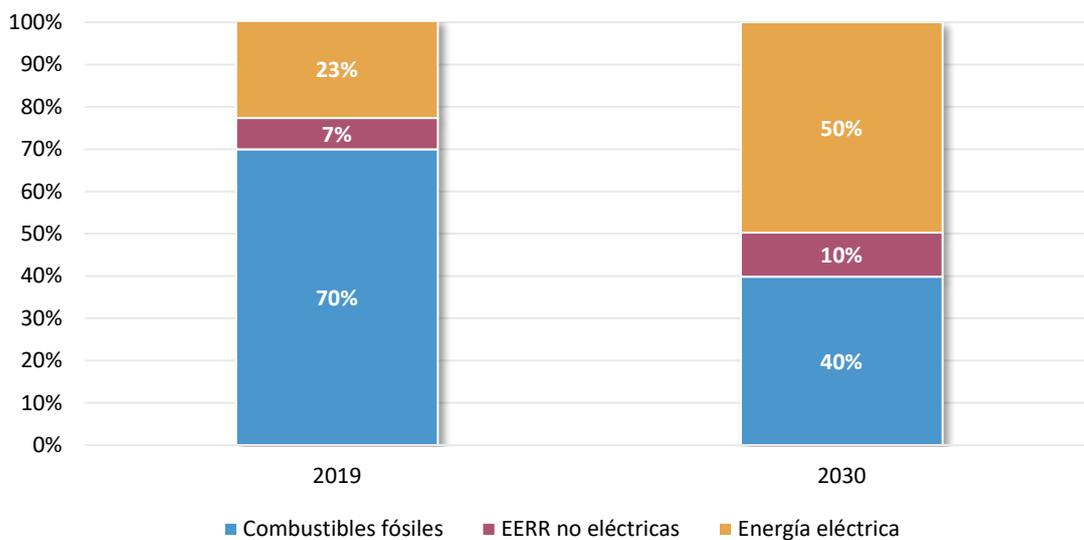


Figura 29. Evolución de la demanda de energía final en función de las distintas fuentes y vectores energéticos según el Escenario 1. Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Dentro de los sectores que tienen que realizar un mayor cambio a nivel de distribución del mix energético, se encuentra el sector transporte, el cual debería pasar de un **94% cubierto por petróleo en 2019** a conseguir que solo esté cubierto por un **63% como máximo en 2030**. En el sector residencial, se apuesta por prescindir de derivados del petróleo reduciendo así la demanda de energía final de aquí a 2030.



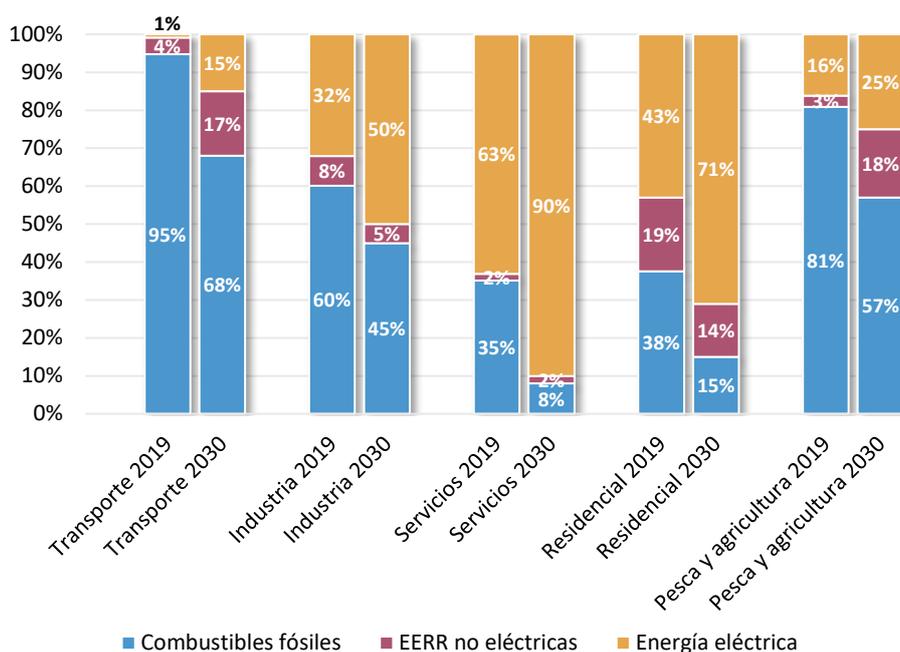


Figura 30. Variación del mix de cobertura de los distintos sectores por fuentes de energía, expresados en porcentaje para 2019-2030. EERR no eléctricas: biomasa, solar térmica, biogás, biocarburantes y geotermia.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Profundizaremos en los diferentes sectores, estableciendo los objetivos específicos de cada uno de ellos para conseguir alcanzar el Acuerdo de París.

Sector producción energía eléctrica

Según datos del año 2019, la generación eléctrica procedente tanto de combustibles fósiles como de energías renovables supuso un 23% del total en el consumo de energía final, registrándose el mayor valor durante el periodo 2012-2015. La mitad del consumo de energía fue a partir de productos petrolíferos (coque de petróleo y gasóleo mayoritariamente en menor presencia del fueloil, el GLP y la gasolina), mientras que las energías renovables no eléctricas (predominando la biomasa y en menor proporción el biogás, los biocarburantes y la energía solar térmica) solo contribuyeron en un 7% aproximadamente.

Para alcanzar el 50% de electrificación de la demanda en el 2030, es decir, 372 TWh, el objetivo fijado es que el 80% de la generación de electricidad sea a partir de energías renovables. Esto significa que la producción eléctrica renovable debe alcanzar un valor de 297 TWh.

Según el informe [Las Energías Renovables en el Sistema Eléctrico Español 2019](#) [27], elaborado por REE, **en el año 2019, España registró el incremento más elevado de**



potencia instalada renovable eléctrica de la última década, casi un 14% respecto al año 2018. Esto corresponde a una nueva capacidad de 6.693 MW. La energía solar fotovoltaica fue la que más aumentó su presencia en el parque de generación, aportando un 63% de esta nueva potencia, seguida de la eólica, contribuyendo con 2.254 MW adicionales. Lo que supuso que, **por primera vez, el 50% de la generación eléctrica de nuestro país correspondió a instalaciones de energía renovable.**

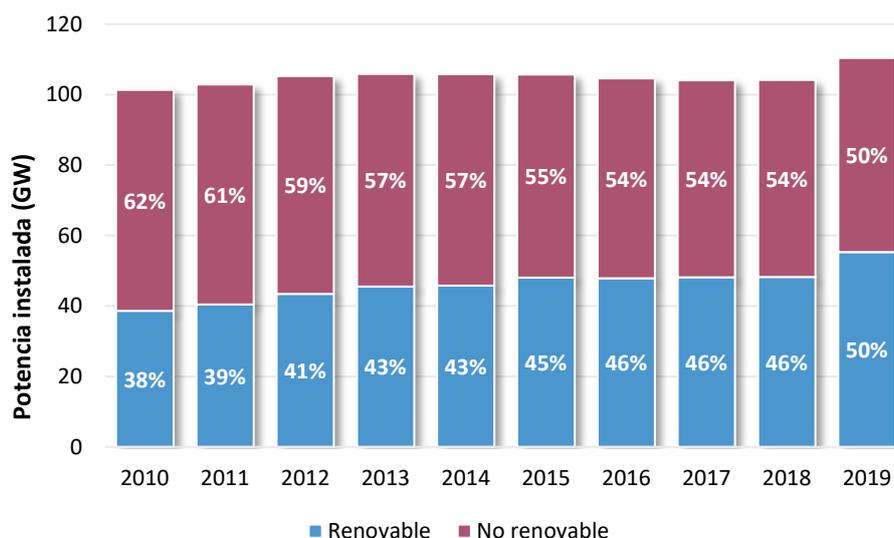


Figura 31. Evolución potencia instalada renovable y no renovable periodo 2010-2019.
Fuente: [Statista](#). Elaboración propia.

Si comparamos los datos del año 2019 con los del año 2010, la potencia instalada no renovable ha pasado de ser un 62% de la potencia instalada total a ser solamente la mitad en el año 2019. La potencia renovable por su lado, consiguió ser la mitad de la potencia total instalada, habiendo aumentado en un 12% respecto al año 2010.

En la siguiente gráfica se puede observar también la evolución en cuanto a la estructura de generación renovable y no renovable del periodo 2010-2019.



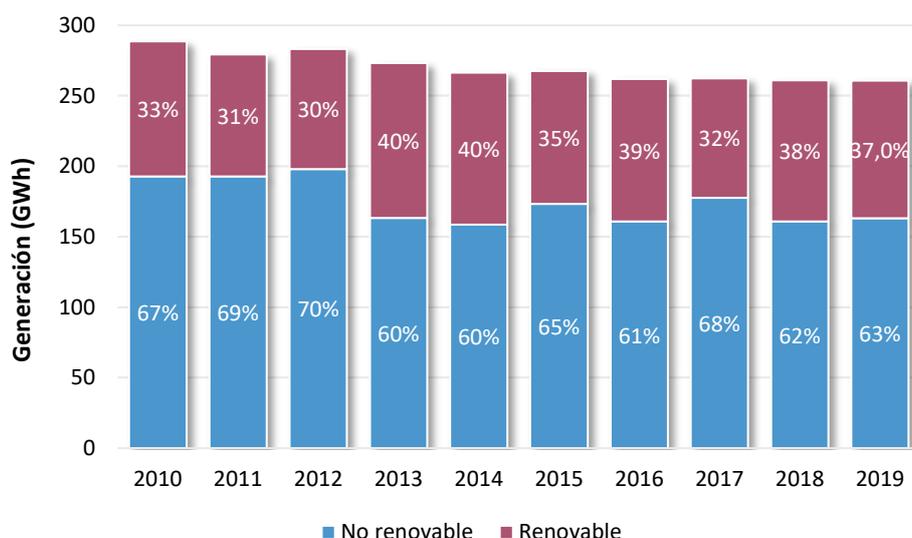


Figura 32. Evolución generación renovable y no renovable periodo 2010-2019.
Fuente: REE.[28] Elaboración propia.

En la gráfica se puede observar que, en estos diez años, la generación renovable ha aumentado casi en un 4% respecto al año 2010.

Teniendo de base las estrategias nacionales, **en el Escenario 1 se ha planteado unos objetivos en cuanto a potencia instalada y generación eléctrica se refiere para el año 2030**. Estos valores de potencia y generación estimados para el año 2030 se pueden consultar en el apartado de Anexos.

A continuación, se muestra una tabla resumen de la extendida que podemos encontrar en el [Anexo 1](#), con los objetivos fijados a 2030 del Escenario 1.

Tecnología de producción	Potencia				Generación			
	2019		2030 Escenario 1		2019		2030 Escenario 1	
	MW	%	MW	%	GWh	%	GWh	%
Renovable	55.348	50	137.170	78	97.886	38	297.600	80
No renovable	55.027	50	38.233	22	162.909	62	74.400	20
Centralizada			83.170	47			186.000	50
Renovable			38.233	22			74.400	20
No renovable								
Total			121.403	69			260.400	70
Distribuida			54.000	31			111.600	30
Renovable								
Total	110.375		175.403		260.795		372.000	

Tabla 2. Comparación potencia instalada y estructura generación 2019 y objetivos 2030 Escenario 1.
Fuente: PNIEC. Elaboración propia.



De la tabla anterior se destaca el cambio en el parque de generación, en el que se produce un aumento de la participación de la potencia renovable en un 28% con respecto a la potencia instalada de 2019, contribuyendo al incremento del 42% en cuanto a generación renovable. A continuación, se ha realizado un comparativo con los datos de potencia instalada y de generación de 2019, según fuentes y vectores energéticos y los objetivos que hemos fijado en el Escenario 1 para 2030.

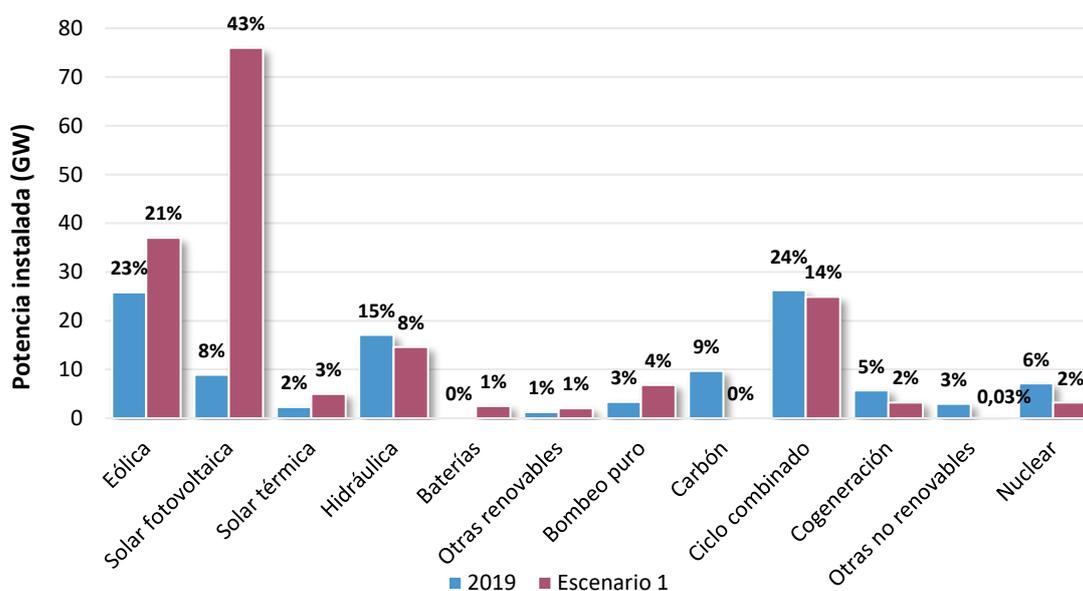


Figura 33. Comparativa potencia instalada en 2019 y objetivos 2030 Escenario 1. Fuente [REE](#) y [PNIIEC](#). Elaboración propia.

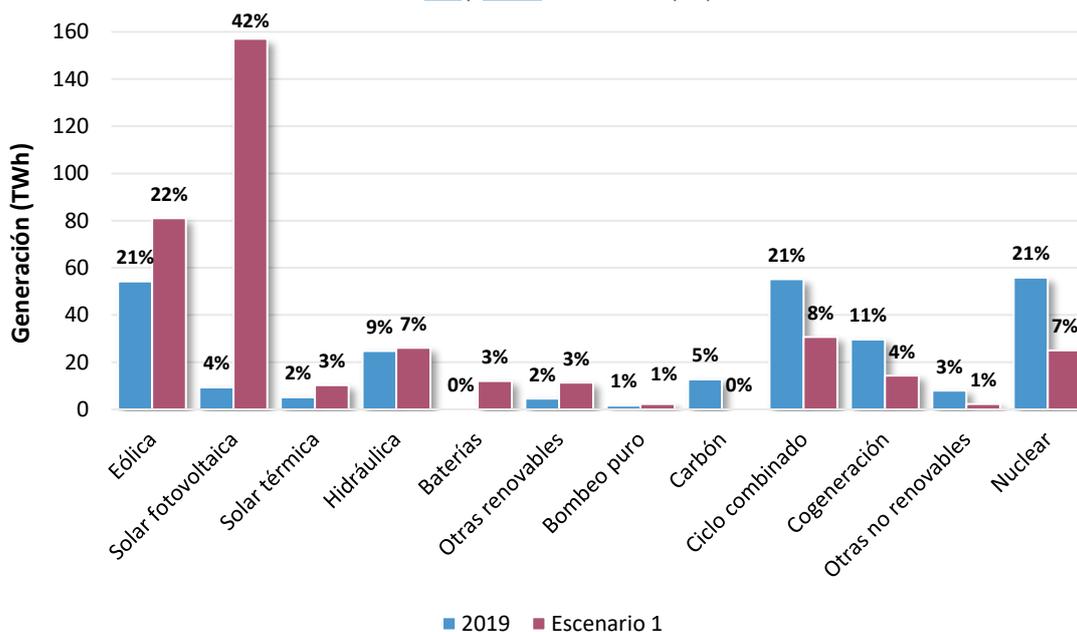


Figura 34. Comparativa estructura generación en 2019 y objetivos 2030 Escenario 1. Fuente [REE](#) y [PNIIEC](#). Elaboración propia.



De las dos figuras anteriores podemos observar que el incremento del 28% de potencia renovable respecto 2019, especialmente viene dado por el crecimiento de la potencia solar fotovoltaica y eólica (6,5 y 1,4 veces más respectivamente).

La energía solar fotovoltaica se sitúa en primer lugar como el tipo de tecnología con mayor potencia instalada en el 2030, siendo un 43% del total. Esta tecnología jugará también un papel decisivo también en la generación distribuida suponiendo una significativa disminución de la demanda final de energía. El autoconsumo y las comunidades energéticas fomentarán la gestión activa, al permitir convertir al consumidor en generador de energía. A su vez la eólica se situará como segunda fuente de energía con mayor potencia instalada estimada para 2030, con un 21% del total.

Este hecho junto con la disminución de la potencia instalada no renovable en un 30,5% con respecto 2019, hace que en 2030 se consiga una estructura de generación de un 80% renovable frente al 38% de 2019, obteniendo un parque de generación con un factor medio de emisión de **0,041 tCO₂ eq/MWh** frente al **0,192 tCO₂ eq/MWh** obtenido en 2019.

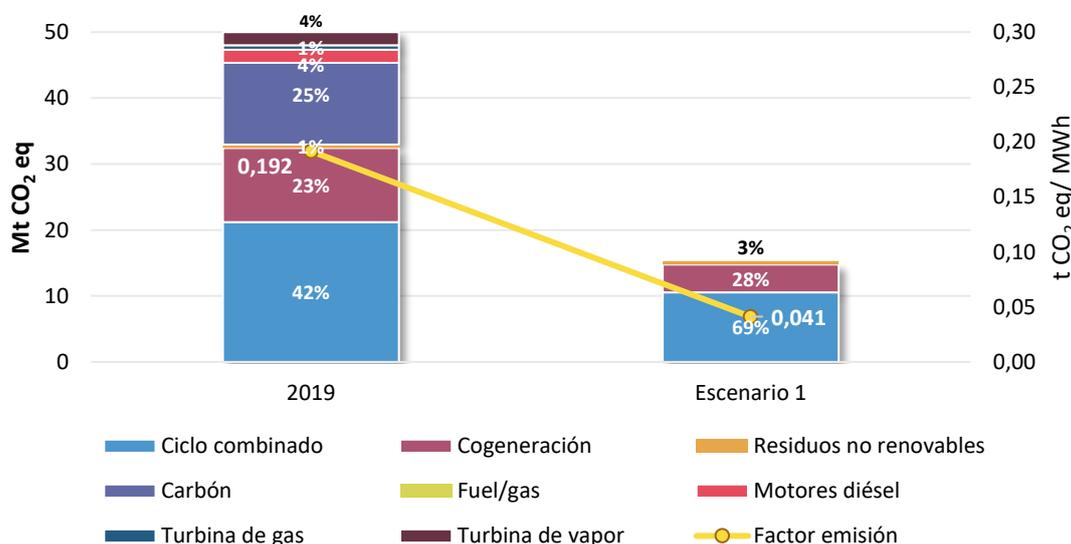


Figura 35. Comparativa emisiones generación y factor de emisión 2019 y objetivos 2030 Escenario 1. Fuente: REE y PNIIEC. Elaboración propia.

De la comparativa anterior deducimos que por cada MWh consumido en 2030, se estaría emitiendo más de cuatro veces y media menos de GEI que lo que se emitía por consumir esa misma cantidad de energía eléctrica en 2019. Si comparamos con las emisiones totales en la generación de electricidad en 2019, para 2030, se evitaría la





emisión de **35 Mt CO₂ eq** y eso que el consumo de electricidad se incrementó en cerca de un 43% más que con respecto ese mismo año. En el [Anexo 2](#), puede encontrarse una tabla más detallada de lo explicado anteriormente.

Por otro lado, la red eléctrica, formada por los sistemas de **transporte y distribución**, también deben adaptarse y reforzar su capacidad para poder transmitir las crecientes necesidades de potencia de punta. La penetración de esta nueva potencia instalada de renovables que proponemos puede tomar ahora un mayor impulso tras la finalización de la moratoria de los permisos de acceso y conexión a la red eléctrica, que tuvo lugar el pasado 1 de julio. Pero a pesar de que el mes de julio no queda muy lejano, ya hay una gran cantidad de nodos de conexión sin disponibilidad de acceso, al quedar cubiertos la inmensa mayoría en ese mismo mes.

Sector transporte

Hoy en día este sector sigue siendo el mayor consumidor de energía (más del 25% del consumo total de energía primaria y cerca del 40% de la energía final). **Prácticamente en su totalidad (más del 90%) proviene de derivados del petróleo, algo que le convierte de facto en el que más emisiones de GEI tiene**, con más del 24% del total y que a su vez representan un 41% de las emisiones totales procedentes de la combustión de combustibles fósiles. Concretamente, **en el año 2019, el 96% del total de las emisiones de GEI derivadas del transporte de mercancías y viajeros a la atmósfera fueron por carretera, frente al 4 % asociados al transporte aéreo nacional y el 0,5% por tracción por ferrocarril.**

Según el último [informe anual del OTLE](#), 2019 continua con la senda de crecimiento de la movilidad iniciada en 2013. El transporte interior de mercancías en su conjunto ha aumentado más de un 4% con respecto el año anterior, siendo fundamentalmente por parte del transporte de mercancías por carretera, con un crecimiento de un 3% y en cuanto al transporte interior de viajeros en dicho año, se sigue encontrando en aumento de un 1%, resultando en un incremento de los viajeros-km en más de un 0,6%.

En términos generales, podemos encontrar el siguiente reparto modal del transporte de viajeros y de mercancías para ese mismo año, en el que, como siempre destaca el transporte por carretera, representando el 85% y el 95% respectivamente:



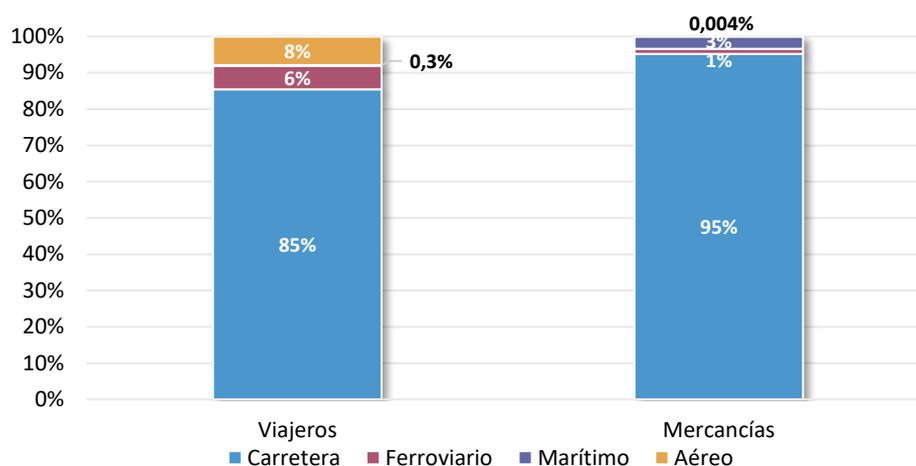


Figura 36. Reparto modal del transporte nacional de viajeros y mercancías para el año 2019 en España.
Fuente [OTLE](#). [29]Elaboración propia.

El transporte, además de ser la principal fuente de consumo y emisiones contaminantes, **es también responsable de la mala calidad del aire de las ciudades y de todos los problemas de salud que implica a su ciudadanía**. Entre otros efectos, y según [la Agencia Europea de Medioambiente](#) [30] causó más de 31.000 muertes prematuras en 2018 en España, principalmente por la concentración de partículas de menos de 2,5 micras (73%), óxidos de nitrógeno (22%) y de ozono troposférico (5%), muy propiciadas por un transporte urbano con una fuerte presencia del diésel.

El objetivo para este sector es la consecución de una movilidad sostenible paralelamente a la consecución de un parque automovilístico cada vez más descarbonizado gracias a la electrificación del transporte. Se ha de dar prioridad a la electrificación directa, dejando a la indirecta mediante baterías electroquímicas para el transporte más pesado.

Para descarbonizar este sector, se presentan los objetivos a cumplir y la reducción de emisiones conseguida:

Modalidad de transporte	Objetivo Escenario 1	Reducción emisiones (Mt CO ₂ eq)
Bicicletas eléctricas	5.000.000	23
Autobuses eléctricos	30.500	1,3
Ferrocarril	100% electrificado	0,2
Vehículos eléctricos	5.000.000	10,7
TOTAL		35,2

Tabla 3. Objetivo electrificación y reducción de emisiones en el Escenario 1 para el sector transporte.
Elaboración propia.



Para el caso de bicicletas eléctricas, si estos 5 millones de bicicletas se cargasen con electricidad 100% renovable y sustituyeran la misma cantidad de turismos propulsados por motores de combustión interna, produciría que en 2030 se prescindiera del consumo de hasta 9.900 litros de combustibles derivados del petróleo suponiendo un vehículo por persona, evitando la emisión de 23 MtCO₂.

En el caso de los autobuses eléctricos, si estos sustituyesen a la misma cantidad de autobuses, pero propulsados por diésel se evitaría la emisión de 1,3 MtCO₂ en 2030.

En cuanto a la consecución de un ferrocarril 100% electrificado, según datos registrados en el último informe [“Declaración sobre la red 2021”](#) de Adif [31], **casi el 64% de la actual red ferroviaria titularidad de Adif, está electrificada, por lo que todavía quedan unos 5.573 kilómetros de vías sin electrificar**, sobre las que discurren actualmente trenes de tracción Diesel.

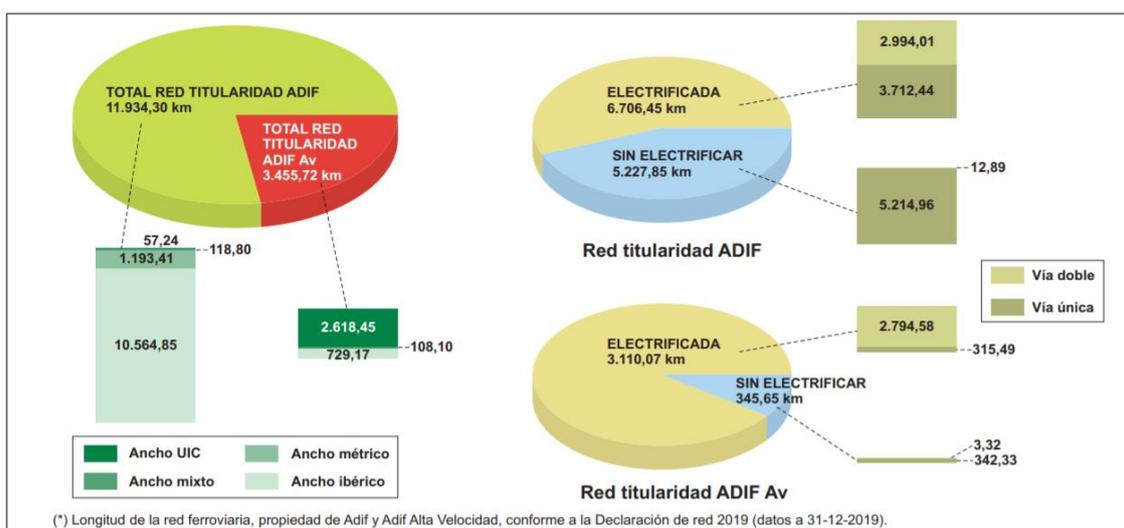


Figura 37. Descripción gráfica detallada de la red ferroviaria española.

Fuente: [Anuario estadístico 2019 MITMA](#). [32]

Estos trenes propulsados por gasóleo tipo B, consumieron 628 GWh de este combustible fósil, lo que supuso la emisión directa por combustión de 226.050 toneladas de CO_{2eq} para ese mismo año, con un factor de emisión de 0,36 kg de CO_{2eq}/kWh de gasóleo consumido, frente a las emisiones indirectas de la tracción eléctrica debido a la generación de energía eléctrica, que para 2019, supusieron 0,17 kg de CO_{2eq}/kWh de energía eléctrica consumida por el ferrocarril. Además de la sustancial reducción de GEI, un ferrocarril eléctrico de 500 toneladas de carga tiene un consumo unitario 3,14 veces menor que el propulsado por gasóleo (14 kWh/km, frente 44 kWh/km respectivamente), con la consecuente ventaja que presenta también, en





términos globales de eficiencia (consumo y transporte de electricidad). **El futuro del ferrocarril está en la utilización directa de electricidad en sustitución del gasóleo, para ellos las rutas han de estar totalmente electrificadas.**

En base a los datos de 2019 comentados anteriormente, si alcanzamos nuestro objetivo de electrificación total de la red ferroviaria y por tanto sus trenes antes de 2030, conseguiríamos erradicar el uso de combustibles fósiles en el transporte ferroviario, disminuyendo el consumo de energía en un 68% (428 GWh), gracias a un aumento de eficiencia asociado al uso de trenes eléctricos, evitando la emisión de 226.050 toneladas de CO_{2eq} suponiendo que la electricidad consumida siga siendo 100% de origen renovable, en un sistema eléctrico, en el que el 80% de la cobertura de la demanda de energía eléctrica final, es cubierta con fuentes de energía renovables.

En el caso de los vehículos eléctricos el objetivo será la conversión paulatina de un parque de vehículos, compuesto, hoy en día, por automóviles con motores de combustión que utilizan combustibles fósiles (coches, autobuses, furgonetas, vehículos de servicios, motos, ...), en otro de **vehículos que funcionen al 100% con electricidad procedente de fuentes renovables y que tengan capacidad de intercambio activo con la red de suministro**, actuando como un vector más para la gestión de la demanda y el almacenamiento.

De acuerdo con lo que también establece en la medida 2.4 dedicada al impulso del vehículo eléctrico del PNIEC, la matriculación de 5 millones de vehículos eléctricos (turismos, furgonetas, autobuses y motos) en 2030 estima ahorros de energía final durante el periodo 2021- 2030, de 3.524,2 ktep, lo que supondría un ahorro aproximado de 10,7 MtCO₂. El parque de turismos electrificados ha ascendido a 86.621 en 2020, aumentando su cuota de mercado en un 5%. Para llegar mínimo a 5 millones de turismos electrificados en 2030, se tendría que multiplicar por 58.

En cuanto a los puntos de recarga, la potencia para la demanda futura del vehículo electrificado sería insuficiente, ya que el 83% son de carga lenta, igual o inferior a 22 kW. En cuanto a los puntos de recarga de acceso público, actualmente se disponen de 11.517, que, si se especifica por millón de habitantes, se estaría hablando de 245 puntos de recarga, unos datos que en comparación con otros países del entorno europeo (567 puntos por millón en Alemania o 4.760 en Países Bajos) son poco esperanzadores para conseguir los objetivos planteados. Por ello, el 90% deben tener puntos de recarga propios y el resto públicos o colectivos. Por ello, paralelamente a la incorporación del vehículo eléctrico, se deberán desarrollar estos sistemas de carga de



tipo bidireccional de forma que, en 2030, se dispongan de 4,5 millones de puntos de recarga propios y 0,5 millones de públicos (aparcamientos y vías públicas).

Hay que destacar también **la utilidad de estos 5 millones de vehículos eléctricos como elemento de almacenamiento para mejorar la flexibilidad del sistema eléctrico mediante la recarga inteligente y el *Vehicle to Grid (V2G)*.**

Según [Electric Vehicle Database](#) [33] la capacidad media de las baterías de los vehículos 100% eléctricos, es de 59,5 kWh. En base al siguiente [estudio](#) [34], sugiere que las baterías de ion de litio que se mantienen en un estado de carga (SoC) entre el 30% y el 50% tendrán una vida útil más larga, por lo que, si un ciclo de conducción diario con un vehículo eléctrico consume entre el 21% y el 38% del SoC, la descarga a la red mediante servicios V2G óptimos para mejorar la salud de la batería se encuentran entre el 40% y el 8% del SoC. Así si establecemos un % del SoC de batería fijo, reservado para cada vehículo eléctrico conectado a la red y destinado a realizar servicios V2G, obtenemos:

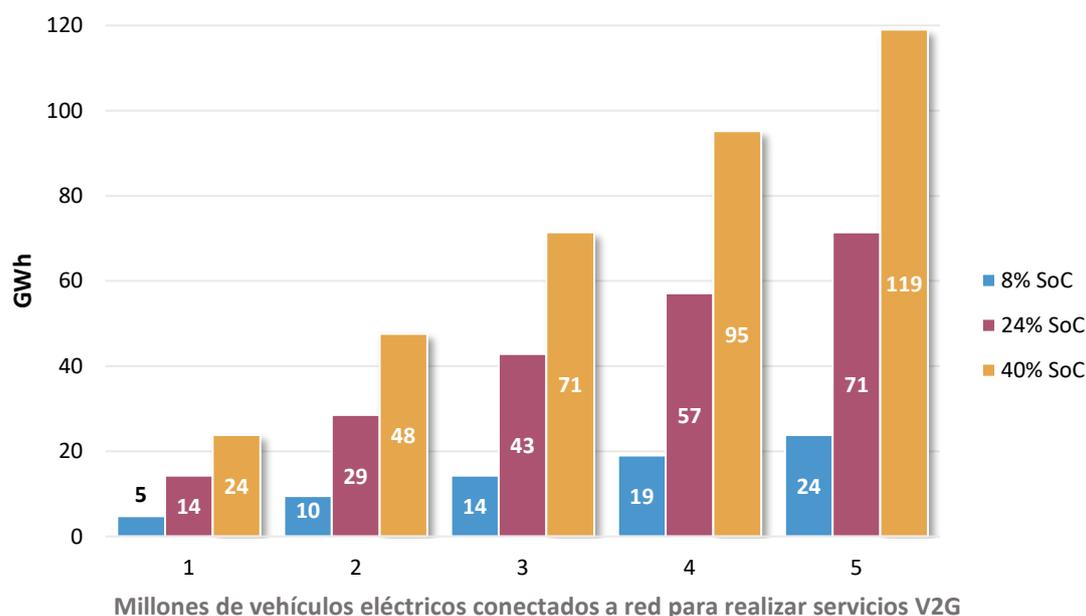


Figura 38. Energía almacenada en las baterías de los vehículos eléctricos reservada para realizar servicios V2G. Elaboración propia.

Podemos apreciar como para un millón de VE con un porcentaje de batería reservado de un 24% del SoC, se obtiene la misma cantidad de energía disponible que el triple de vehículos eléctricos conectados a red con un porcentaje de descarga máximo del 8% del SoC. Esto se debe a que el hecho de añadir 50.000 VE más a la red para realizar servicios V2G, supone lo mismo que mantener el mismo número de vehículos



conectados, pero aumentando en un 1% la energía almacenada en las baterías, destinada para servicios V2G. **Si llevamos a cabo una transición energética de forma inteligente, los vehículos eléctricos no sólo no tendrían un impacto negativo en el sistema eléctrico, sino que podrán desempeñar un papel importante para permitir incorporar más energías renovables en el sistema.**

Sector industrial

Durante todo el periodo 1990-2019, el sector industrial o secundario se ha posicionado como el **segundo sector que mayor consumo energético ha experimentado**. Su pico máximo data de 1990, en el que tuvo una presencia del 35% en el consumo total de ese año. A partir de entonces fue experimentando una disminución hasta ahora.

Según datos del IDAE, **en el año 2019 el sector industrial tuvo una presencia del 24% en el consumo de energía final**, registrando un valor de **20,4 ktep**. Basándonos en datos de este mismo año, se puede ver que **este sector tiene una gran dependencia de los combustibles fósiles**, ya que alrededor del 60% de este consumo tiene origen en fuentes convencionales como es el carbón, los productos petrolíferos y el gas natural.

En la siguiente gráfica se puede ver la distribución del consumo final por fuentes de energía y vectores energéticos del año 2019 y los objetivos de cobertura de la demanda establecidos para el año 2030 en el Escenario 1.

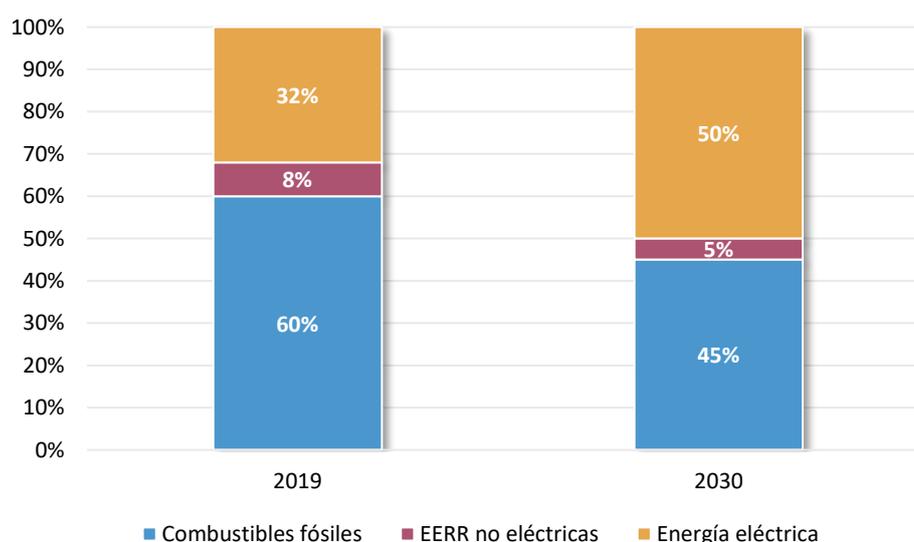


Figura 39. Distribución consumo de energía final por fuentes de energía y vectores energéticos 2019 y objetivo 2030 Escenario 1, sector industrial.
Fuente: [IDAE](#). Elaboración propia.



En el año 2019, el gas natural fue el combustible predominante en el consumo de energía final del sector industrial.

En cuanto a productos petrolíferos, el coque de petróleo y el gasóleo fueron los combustibles principales, mientras que el gas natural fue el único gas combustible presente en el consumo final de energía. Las energías renovables en el sector industrial solo se encontraron en un 8% aproximadamente en este año, refiriéndose a solar térmica, geotermia, biomasa, biogás, biocarburantes, residuos sólidos urbanos de origen renovable y carbón vegetal. **El porcentaje de energía eléctrica que se destinó al consumo de energía final fue de un 32%**, por lo que en el 2019 se tenía esa tasa de electrificación del sector industrial.

Según [el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera periodo 1990-2019](#), en este último año, **el sector industrial fue el responsable del 24% de las emisiones totales que se dirigieron a la atmósfera**. Con el uso continuado de combustibles fósiles no se alcanzará el objetivo de reducción de emisiones, ni aumentará el grado de electrificación del sistema, la eficiencia de los procesos industriales tampoco experimentará un aumento y no se conseguirá la tan deseada independencia energética.

El objetivo para el 2030 es que la mitad de la demanda de este sector sea cubierta mediante energía eléctrica, siempre de origen renovable y que el consumo de combustibles fósiles disminuya en un 15% para el año 2030. Esto se vería favorecido por una disminución de la presencia del petróleo, estando solo en un 5% del total y por la desaparición completa del carbón en el abastecimiento de energía.

A pesar de producirse la electrificación del 50% de la cobertura del sector industrial, el gas natural seguiría teniendo un papel clave en aquellas aplicaciones o procesos difíciles de electrificar. Cada vez se irá aumentando más el grado de eficiencia energética de este sector y la demanda eléctrica experimentará un incremento muy significativo, para poder alcanzar así la futura neutralidad climática.

Siguiendo con el análisis de consumo final de energía, realizamos un estudio sobre la distribución por fuentes de energía renovable no eléctrica del año 2019.



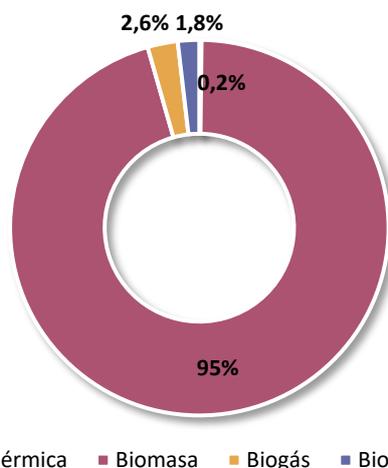


Figura 40. Distribución por fuente de energía renovable no eléctrica en el consumo final del sector industrial (2019).
Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Destacamos que, en la actualidad, la biomasa es sin duda la energía renovable que se utiliza por excelencia para cubrir las necesidades energéticas de los procesos industriales. El biogás se posiciona en segundo lugar, pero en un porcentaje muy bajo.

En cuanto al uso de la biomasa **para aporte térmico**, que es el que se incluye en la gráfica superior, se reservará para aquellas aplicaciones que no tengan una fácil alternativa, al ser un recurso renovable y escaso. Si nos refiriéramos a su utilización **para generación de energía eléctrica**, debe hacerse para aquellos usos en los que se consume en el mismo lugar en el que se produzca o en un entorno cercano, ya que se debe considerarse siempre como una fuente de energía local. De igual forma se priorizaría cubrir la demanda energética a partir de electricidad renovable fluyente, sustituyendo así a la biomasa.

El uso de **gases como el hidrógeno y el biogás, siempre y cuando tengan origen renovable**, se destinarían para cubrir aplicaciones que sean difíciles de electrificar, como los procesos industriales de alta temperatura. El hidrógeno se plantea como la opción más viable, desarrollándose esto en profundidad más adelante en este documento y en el caso del biogás, produciéndose una revalorización de residuos orgánicos procedentes de industrias como la ganadera o la agroalimentaria. La industria agroalimentaria produce residuos que se depositan en aguas residuales urbanas y se dirigen hacia plantas de depuración para su posterior tratamiento, con la consecuente generación de lodos.



En el Escenario 1, se propone para 2030 un objetivo de H₂ para uso industrial de 319.304 t H₂ repartidos en un 47% para su uso como materia prima en la industria, y el 53% restante para la industria de alta demanda calorífica.

Actividad		Objetivo H ₂ Escenario 1	
Industria	Materia prima	150.000	47%
	Vector energético para la industria de alta demanda calorífica	t H ₂ 169.304	53%
Total		319.304	
Consumo anual total electricidad para producción de H ₂		GWh/año	15.965

Tabla 4. Propuesta H₂ Escenario 1.
Elaboración propia.

Producir 150 kt H₂ supondría sustituir el 30% del consumo actual de H₂ producido a partir de gas natural en la industria, se conseguiría un ahorro en emisiones de 1,5 MtCO₂. Con el resto de la producción se podría cubrir el 5% de la energía de origen no renovable que se consume actualmente en la industria de alta demanda calorífica. Si se sustituye de forma prioritaria el uso del carbón en dichas industrias, se podría evitar la emisión de 2 MtCO₂ eq, contribuyendo favorablemente a alcanzar los objetivos marcados por el marco comunitario.

A continuación, se muestra una gráfica donde se puede observar la aportación según el tipo de industria en cuanto a su consumo energético.

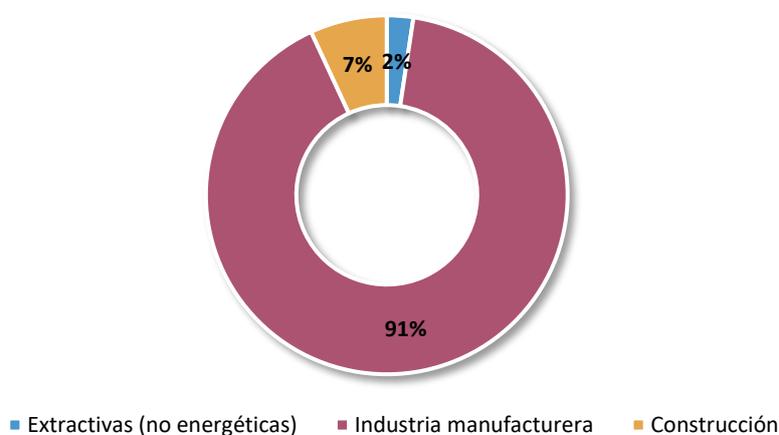


Figura 41. Consumo energético por ramas del sector industrial (2019).
Fuente: IDAE. Elaboración propia.



La industria manufacturera es la que tiene un mayor consumo en el sector industrial, con un valor aproximado de 18.500 ktep. La demanda procedente de esta industria se abastece en un 37% por gas natural, en un 11% a partir de productos petrolíferos (coque de petróleo, gasóleo y fueloil) y en un escaso 7% por energías renovables no eléctricas (principalmente biomasa y biogás, aunque en menor proporción). **Casi la mitad se cubre a partir de combustibles fósiles**, por lo tanto, esta industria es, en gran parte, la responsable de que sigan consumiendo combustibles fósiles en este sector y la rama principal donde hay que plantear otras posibles soluciones o tecnologías renovables que abastezcan la demanda.

En la gráfica siguiente se puede observar el nivel de electrificación de la demanda de cada una de las ramas del sector industrial en el año 2019.

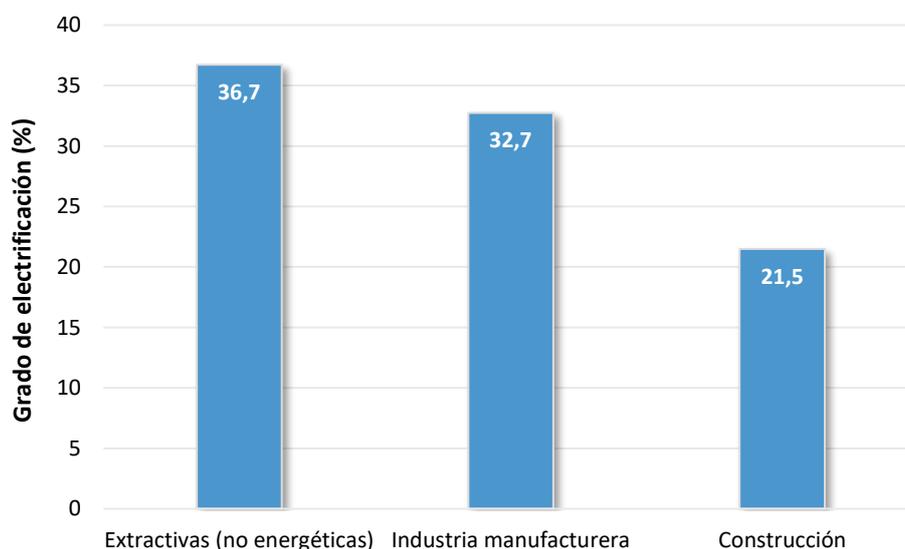


Figura 42. Tasa de electrificación de la demanda ramas del sector industrial (2019).
Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Considerando el porcentaje de la demanda del año 2019 que se cubría con energía eléctrica, se obtiene que las industrias extractivas (no energéticas) tuvieron un porcentaje de electrificación del 36,7%, la industria manufacturera alcanzó una cuota de electrificación del 32,7% y, por último, el sector de la construcción registró una tasa de electrificación de la demanda del 21,5%. Por lo tanto, en vistas a 2030, establecemos el objetivo de que se aumente el grado de electrificación de cada una de las ramas industriales, en mayor medida de la industria manufacturera, al ser la que tiene un mayor consumo de energía y basarse en gran parte en el uso de combustibles fósiles.





Dentro de la industria manufacturera se encuentran sectores como el químico, textil, del papel, metalúrgico... en los que se debe realizar una revisión profunda de su componente energética y en la elaboración de certificaciones medioambientales.

Los procesos de alta demanda calorífica en sectores como el de la metalurgia o el químico, son fuertemente dependientes de los combustibles fósiles. A ellos se le une la industria cerámica, ya que el 98% emplea el gas natural de forma intensiva para cubrir su demanda calorífica. Esta industria tiene un gran consumo de energía térmica, especialmente en las etapas de secado y cocción, en el proceso de producción de pavimentos y revestimientos, siendo la etapa de cocción la que mayor demanda energética tiene.

Para disminuir el gran consumo de estos procesos, las emisiones que generan y la dependencia de combustibles fósiles, sería necesario que se produjera un giro en cuanto a las tecnologías energéticas implicadas, impulsar la introducción de energías renovables, como el hidrógeno y la electrificación de hornos y secaderos. Actualmente ya hay proyectos a escala real que plantean un diseño con el que se producirá la electrificación y la [descarbonización de la industria cerámica](#) [35].

En resumen, donde hay un mayor potencial de electrificación en el sector industrial es en los procesos de alta demanda calorífica de la industria manufacturera. A su vez, una mayor electrificación ocasionará el aumento de la eficiencia de las etapas de transformación de dichos procesos, una mayor penetración de energías renovables y una disminución de la demanda final de energía.

Sector residencial

En el año 2019, según datos tomados del [inventario nacional de emisiones a la atmósfera](#) publicado por el MITERD, los sectores residencial, comercial e institucional fueron los responsables del 8,9% de las emisiones totales, que se redujeron en un 8,6% respecto al año anterior. En el sector residencial se destaca un uso cada vez menor del carbón (motivo principal de que se haya producido una disminución de emisiones en este sector), mientras que la biomasa ocupa cada vez un mayor protagonismo. El problema de la biomasa es que su combustión produce materia orgánica, monóxido de carbono (CO) y otros gases como óxidos de nitrógeno allí donde se consume. A escala residencial, el impacto de estas emisiones es muy importante para la salud. En el 2019, **el sector residencial fue el causante de emitir un total de 27,6 MtCO₂.**

El año 2019 registró un consumo de energía final de 14,6 Mtep. Según datos del MITERD y el IDAE, esto supuso el 17% del consumo final total de este sector. **Un 43%**



fue cubierto por electricidad y cerca del 38% del consumo final de energía fue de origen fósil.

Fuente o vector energético	Consumo (ktep)	Distribución (%)
Carbón	92	0,6%
Productos petrolíferos	GLP	900
	Gasóleo	1.492
	Fueloil	5
Gas natural	3.009	21%
Energías renovables	Solar térmica	276
	Geotermia	11
	Biomasa	2.520
Energía eléctrica	6.275	43%
TOTAL	14.580	

Tabla 5. Distribución por fuente o vector energético del consumo de energía final del sector residencial en 2019.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Las necesidades energéticas de este sector son la calefacción (42%), el agua caliente sanitaria (18%), la iluminación (5%) y el funcionamiento de los electrodomésticos (35%) y equipos de entretenimiento.

Fuente o vector energético	Consumo (ktep)			
	Agua caliente sanitaria	Calefacción	Electrodomésticos	Iluminación
Carbón	4	81	8	0
Gas natural	1.288	1.394	328	0
Productos petrolíferos	123	1.369	0	0
	401	339	161	0
EERR no eléctricas	52	2.441	27	0
	3	5	2	0
Electricidad	255	20	0	0
	469	462	4.607	737
TOTAL	2.594	6.112	5.133	737
Distribución (%)	18%	42%	35%	5%

Tabla 6. Distribución del consumo (en ktep) en función de las necesidades energéticas por fuente o vector energético, del sector residencial en 2019. EERR no eléctricas: biomasa, geotermia y solar térmica.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.

En los sistemas de calefacción y ACS es dónde se concentra la mayor presencia de combustibles fósiles como el gas natural o los productos petrolíferos, aunque también tenemos que añadir un electrodoméstico que todavía no es 100% eléctrico, la cocina, la cual se encuentra electrificada sólo al 52%.



Actualmente, el conjunto de viviendas que cuentan con sistema de calefacción según la [ERESSE](#) [36] es de 16.827.623, que suponen el 89,6% del total en España. De los hogares con servicio de calefacción, aproximadamente el 33% corresponde a sistemas individuales en viviendas unifamiliares, el 56% a sistemas individuales en viviendas plurifamiliares y el 11% a sistemas centralizados en viviendas plurifamiliares. El porcentaje de calefacción eléctrica es solo del 8%, predominando el gas natural y los productos petrolíferos.

Enfocándonos en términos de consumo de energía para calefacción, los hogares unifamiliares consumen aproximadamente el 61% del total, consumiendo el resto los hogares plurifamiliares. El consumo medio de las viviendas unifamiliares triplica el de las plurifamiliares. En 2019, el consumo total de los hogares unifamiliares fue de aproximadamente 4.136 ktep, mientras que el consumo de las viviendas plurifamiliares dotadas con sistemas individuales o colectivos ha sido de 2.331 y 350 ktep respectivamente.

La distribución de dichos consumos se desarrolla en la siguiente tabla.

Fuente y vector energético	Consumo (ktep)		
	Unifamiliar	Plurifamiliar individual	Plurifamiliar colectivo
Carbón	27	16	1
Derivados petrolíferos	761	554	103
Gas natural	784	1.397	241
Biomasa	2.353	0	0
Geotermia	66	84	2
Electricidad	111	280	2
Solar térmica	8		1
Biocombustibles	26		
Total	4.136	2.331	350

Tabla 7. Distribución del consumo de energía en Ktep para calefacción según tipología de vivienda y tipo de sistemas en 2019.

Fuente: [ERESSE](#). Elaboración propia.



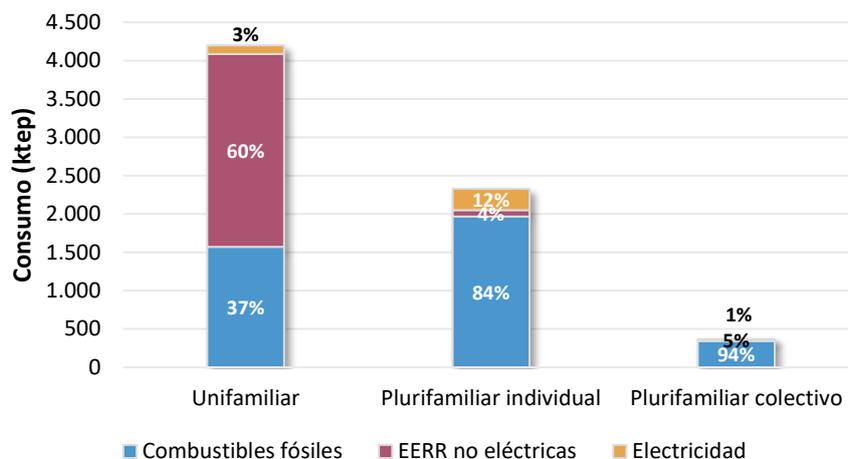


Figura 43. Distribución del consumo de energía en 2019 para calefacción según tipología de vivienda y tipo de sistemas. EERR no eléctricas: biomasa, geotermia y solar térmica.
Fuente: [ERESEE](#). Elaboración propia.

En 2019, se han consumido 44 ktep en equipos de calefacción alimentados a base de carbón y más de 1.400 ktep en equipos alimentados con productos petrolíferos como el gasóleo C. Fuentes muy contaminantes y poco eficientes.

La bomba de calor es el único sistema de calefacción y ACS que no genera emisiones in situ y además el más eficiente. En estos sistemas no se puede hablar de rendimiento porque debido a su ciclo termodinámico supera la unidad, aquí se emplea el término coeficiente de operación (COP), que en la mayoría de los casos ronda los 4, es decir, que produce 4 kWh de calor por 1 kWh de electricidad que consume. En el [Anexo 3](#), podrá encontrarse más información técnica sobre el funcionamiento y los tipos de bombas de calor que existen.

En la siguiente figura se resumen los consumos medios al año por vivienda en función de los equipos que se utilicen y la tipología de la vivienda.



	SISTEMA Y EQUIPOS	MWh/viv 2020		SISTEMA Y EQUIPOS	MWh/viv 2020
Plurifamiliar sistemas colectivos	Paneles solares térmicos	1.488,0	Unifamiliar	Bomba de calor aerotérmica y geotérmica	1.798,6
	Caldera GN	2.171,4		Caldera, termo o radiador eléctrico	2.368,4
	MEDIA Plurif. Sist. colectivos	2.301,1		Caldera Geotermia de uso directo	3.417,8
	Caldera GLP	2.363,2		Paneles solares térmicos	5.375,3
	Caldera Carbón	2.981,0		Caldera GN	6.537,7
	Caldera Gasóleo C	3.006,2		Conectores y Estufas de GN	6.946,4
Plurifamiliar sistemas individuales	Bomba de calor aerotérmica	898,4		Estufas GLP	7.248,1
	Caldera, termo o radiador eléctrico	1.465,8		Calderas Biocombustibles	7.437,5
	Conectores y BdQ de GN	2.692,6		Caldera Gasóleo C	7.550,6
	MEDIA Plurif. Sist. individuales	2.788,2		Calderas y Estufas Carbón	7.569,5
	Caldera GN	3.218,2		Caldera GLP	7.580,1
	Estufas GLP	3.348,8	MEDIA Unifamiliar	8.563,4	
	Calderas y Estufas Carbón	4.068,2	Calderas Biomasa (Leña y Pellets)	8.784,8	
	Caldera Gasóleo C	4.126,0	Estufas, braseros, chimeneas Leña	14.820,7	
	Caldera GLP	4.553,0			
			MEDIA ESPAÑA	4.647,6	

Figura 44. Consumos medios por vivienda en calefacción según tipologías, sistemas y equipos. (MWh anuales) 2020.

Fuente: MITMA e IDAE.

Se puede comprobar que las viviendas que utilizan bomba de calor aerotérmica y geotérmica son las más eficientes, con un consumo de 1.799 MWh/año por vivienda unifamiliar y de 898 MWh/año por vivienda plurifamiliar con sistemas individuales. Este consumo está muy por debajo de la media, **siendo un 79% menor en el caso de las viviendas unifamiliares y un 67% más bajo en el caso de las viviendas plurifamiliares**. De hecho, si se sustituyeran en las viviendas unifamiliares, las calderas que están alimentadas con combustibles fósiles de aquí a 2030 por bombas de calor, sabiendo que la media del consumo en 2019 en calderas de GN, carbón y gasóleo ha sido 7.219 MWh/vivienda se podría reducir el consumo en 5.421 MWh/vivienda al año.

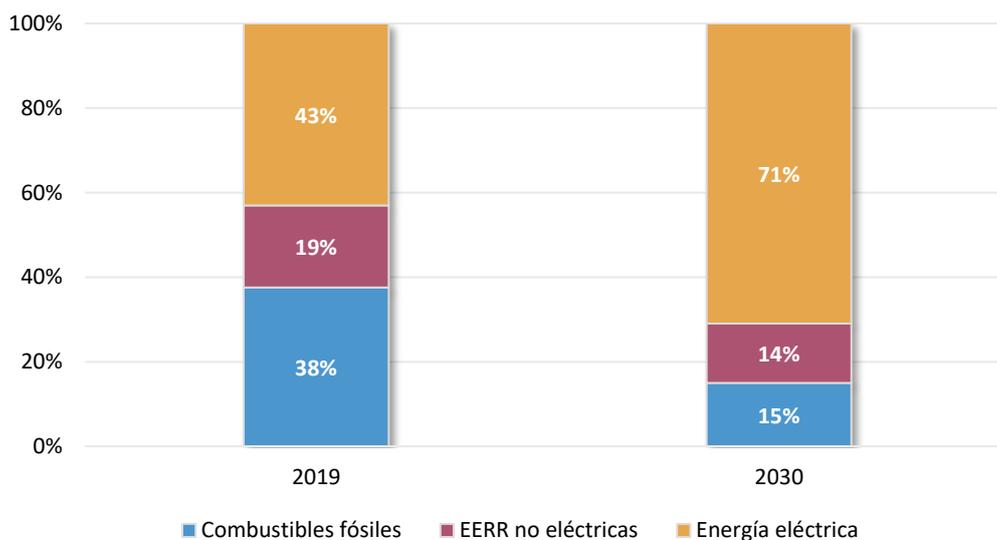


Figura 45. Evolución de la distribución del consumo de energía final en función de las fuentes y vectores energéticos en España respecto a 2019 del Escenario 1 a 2030. EERR no eléctricas: biomasa, geotermia y solar térmica.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.



La calefacción unida al ACS son los servicios que más energía consumen y los menos descarbonizados y electrificados, por tanto, es donde más se debe incidir.

Teniendo en cuenta la distribución de consumos que hay en España en 2019, se proponen las siguientes distribuciones de consumo por fuente de energía y tipo de vivienda 2030. De esta manera se conseguirá reducir el consumo de manera notable (un 40% respecto a 2019) y las emisiones en cerca de 9 MtCO₂ eq, sustituyendo la totalidad de los equipos de carbón, gasóleo y GLP y reduciendo buena parte de calderas de gas natural por bombas de calor.

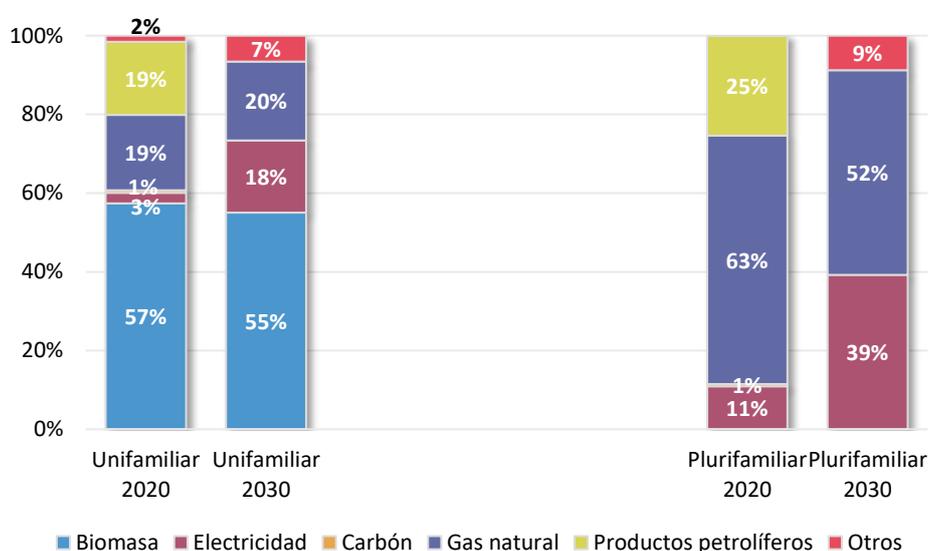


Figura 46. Distribución del consumo de energía en 2019 y tendencial a 2030 según el Escenario 1, para calefacción por fuentes y vectores energéticos, según tipología de vivienda. Otros: geotermia, solar térmica y biocombustibles. Fuente: ERESEE. Elaboración propia.

Se propone una reducción del consumo de energía de 2.648 ktep en 2030 respecto a 2019. En cuanto a las viviendas unifamiliares, para 2030 se reduce el consumo de carbón y de los productos petrolíferos en un 100% (788 ktep en total), seguidos del gas natural en un 57% (335 ktep) y de la biomasa en 47% (1.118 ktep). En consecuencia, el consumo de energía eléctrica es 3,7 veces mayor que el consumo en 2019, seguido de otras energías renovables no eléctricas (geotermia, solar térmica y biocombustibles), cuyo consumo es 2,3 veces mayor que en 2019.

En referencia a las viviendas plurifamiliares, para 2030 se reduce igualmente el consumo de carbón y de los productos petrolíferos en un 100% (674 ktep en total), seguidos del gas natural en un 43% (701 ktep). En consecuencia, el consumo de energía eléctrica es 2,5 veces mayor que el consumo en 2019, seguido de otras



energías renovables no eléctricas, cuyo consumo aumenta en 158 ktep en comparación con 2019.

En base a los cálculos realizados para los sistemas de calefacción, para el ACS, se obtienen los siguientes resultados de distribución de consumo por tipología de vivienda y fuente o vector energético:

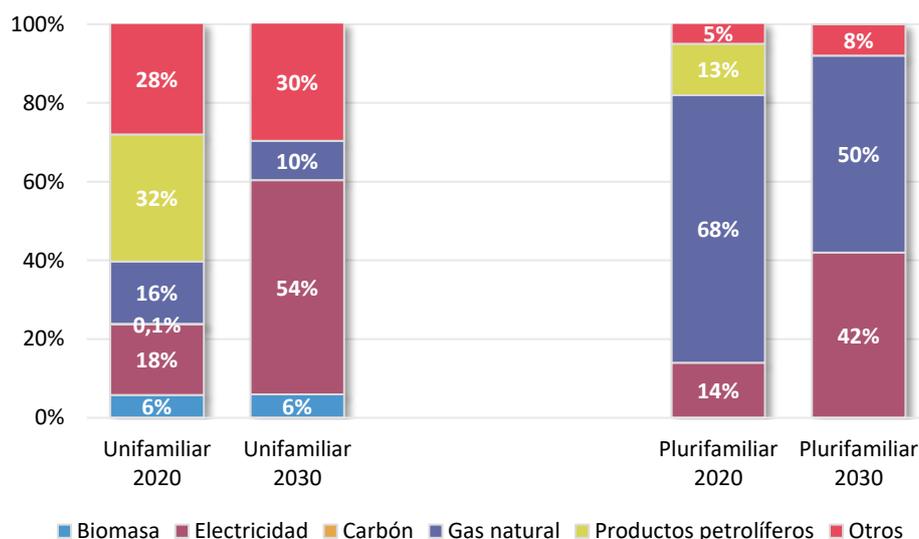


Figura 47. Distribución del consumo de energía en 2019 y tendencial a 2030 según el Escenario 1, para ACS por fuentes y vectores energéticos, según tipología de vivienda. Otros: geotermia y solar térmica.

Fuente: [ERESEE](#). Elaboración propia.

Sector servicios

En el año 2019, el sector servicios experimentó un ligero aumento del **0,3%** en su **demanda eléctrica**, con respecto al año anterior. El **35% de las necesidades energéticas se cubrieron con combustibles fósiles**, mientras que **la electricidad supuso más del 63%**.

Es el sector más electrificado de todos debido principalmente a su composición y necesidades.

Rama	Consumo (ktep)				
	Carbón	Productos Petrolíferos	Gas natural	Energía Eléctrica	EERR no eléctricas
Oficinas	0	403	1.188	2.992	27
Sanidad	0	176	190	450	4
Comercio	0	186	635	1.772	2
Hostelería y Restauración	0	23	69	496	19



Rama	Consumo (ktep)				
	Carbón	Productos Petrolíferos	Gas natural	Energía Eléctrica	EERR no eléctricas
Educación	0	406	91	291	5
Otros Servicios	0	53	149	415	5
TOTAL	0	1.249	2.323	6.417	62

Tabla 8. Consumo de energía final (en ktep) en función de las ramas del sector servicios y de las fuentes y vectores energéticos en 2019.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.

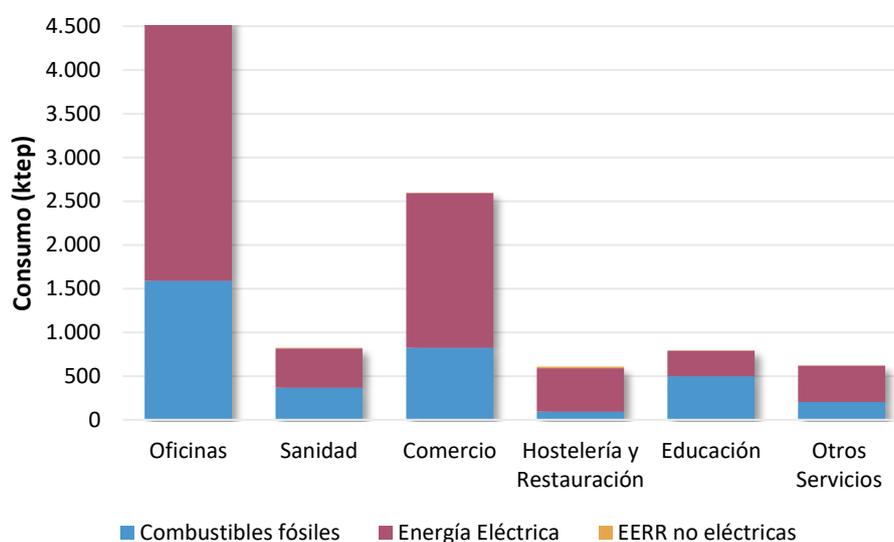


Figura 48. Consumo de energía final (en ktep) en el sector servicios por fuentes y vectores energéticos en 2019.

Fuente: IDAE. EERR: solar térmica y geotermia. Elaboración propia.

En relación al consumo, se distribuye de manera principal en un 46% en oficinas, en un 26% en el sector comercial y porcentajes del 6-8% en las demás ramas. Aun así, el consumo unitario es mayor en los inmuebles destinados a Sanidad teniendo un consumo medio de 0,021 ktep/inmueble en comparación con las oficinas que según el número de inmuebles tiene un consumo unitario de 0,016 ktep/inmueble, según datos del Catastro. Hay que destacar que, en cada una de las ramas, gran parte del consumo de energía proviene de energía eléctrica, a pesar de que habría que reducir todavía el aporte de gas natural tanto del sector empresarial como del sector comercial.

Para cumplir el Escenario 1, es necesario que haya una electrificación de al menos el 90% del sector servicios para el año 2030.

En la siguiente gráfica se realiza una comparación de la cobertura de la demanda que se plantea para este primer Escenario, respecto a los datos de cobertura de la demanda que se registraron en el año 2019.



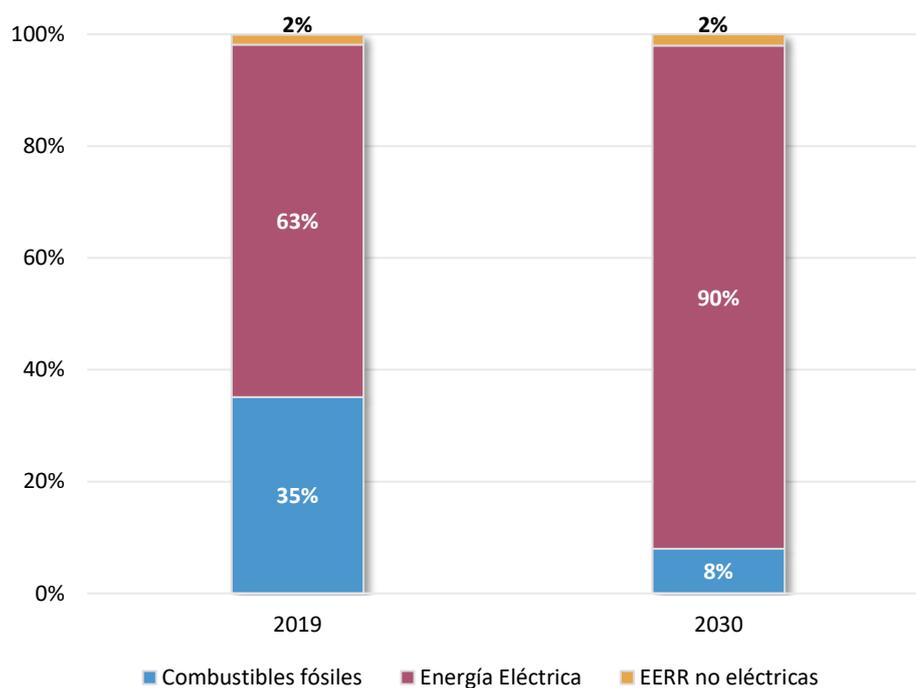


Figura 49. Cobertura de la demanda en el sector servicios en 2019 y tendencial a 2030 según el Escenario 1. EERR no eléctricas: solar térmica y geotermia.

Fuente: IDAE. Elaboración propia.

Para alcanzar estos objetivos, es necesario que se produzca una **actualización de los planes establecidos para cada una de las ramas del sector servicios**. Planes referidos al **aumento de la electrificación de la demanda, de la eficiencia energética y que incluyan una evaluación de impacto ambiental** con propuestas para impulsar la revalorización de los residuos de cada uno de los procesos.



Escenario 2: Tendencial con los objetivos actuales

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Escenario 2: Tendencial con los objetivos actuales

El objetivo de España a largo plazo (2050) es convertirse en un país neutro en carbono (cero emisiones netas de GEI), para ello se ha fijado en la Estrategia a Largo Plazo alcanzar una mitigación de, mínimo, el 90% de las emisiones brutas totales de GEI en referencia al año 1990. Sin embargo, el actual plan para 2030 no contribuye en demasía a alcanzar dicho objetivo y por ello se va a realizar una actualización en 2023 de todos sus objetivos, que recordemos son:

- **23% de reducción de los GEI respecto a los niveles de 1990**, pasando de los 288 MtCO₂eq emitidos en dicha fecha a los 222 MtCO₂eq.
- **39,5% de mejora de la eficiencia energética** lo que se traduciría en un consumo de energía primaria de 98,5 Mtep.
- **42% de cuota de renovables** en el uso final de la energía.
- **74% de generación eléctrica renovable**. 50.333 MW de eólica, 39.181 MW de solar fotovoltaica, 14.609 de hidráulica y 7.303 MW de solar termoeléctrica.
- **27% de peso de la electricidad** sobre el mix energético.

En cuanto a la evolución de emisiones desde el 2019 a 2030 en función de los sectores estudiados.

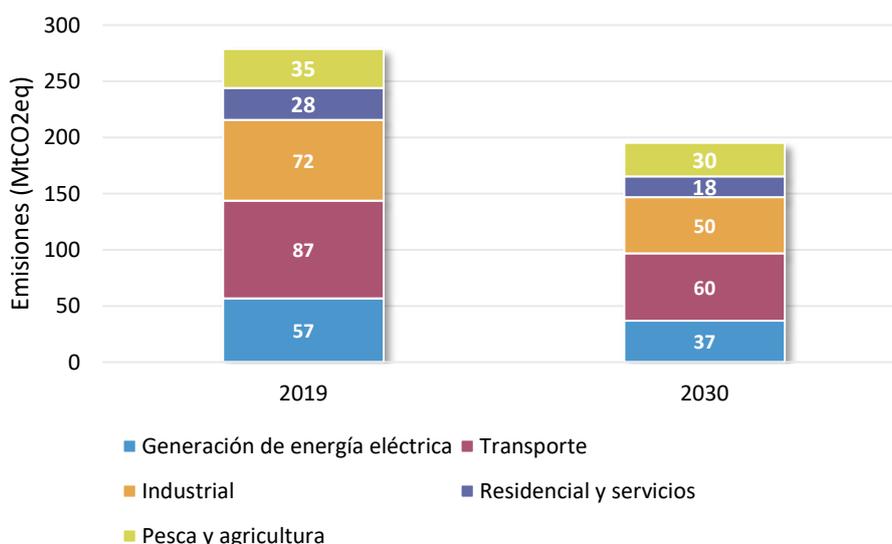


Figura 50. Evolución de las emisiones de CO₂eq por sector según el Escenario 2.

Fuente: [PNIEC](#). Elaboración propia.



La reducción del consumo de energía primaria propuesta en el PNIEC equivale a un 1,9% cada año desde 2017, lo que unido a un incremento anual previsto del PIB durante el mismo periodo en torno al 1,7%, requerirá una mejora de la intensidad energética primaria de la economía del 3,5% anual hasta 2030. Esto estaría muy por encima de la media de la AIE en la última década (y un 0,5% por encima de la tasa de mejora anual del 3% necesaria para alcanzar los compromisos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas o el Acuerdo de París).

La electrificación supone una medida de ahorro energético y por tanto de eficiencia. En la actualidad el peso del sector eléctrico en energía final es de en torno al 23% y el resultado de las políticas puestas en marcha a través del PNIEC supondría que alcanzáramos un porcentaje de la demanda final del 29% excluyendo usos no energéticos (27% incluyéndolos). Este Plan debe ser el instrumento fundamental para permitir una mayor electrificación de la demanda, además de apoyar a las tecnologías renovables en fase de maduración comercial.

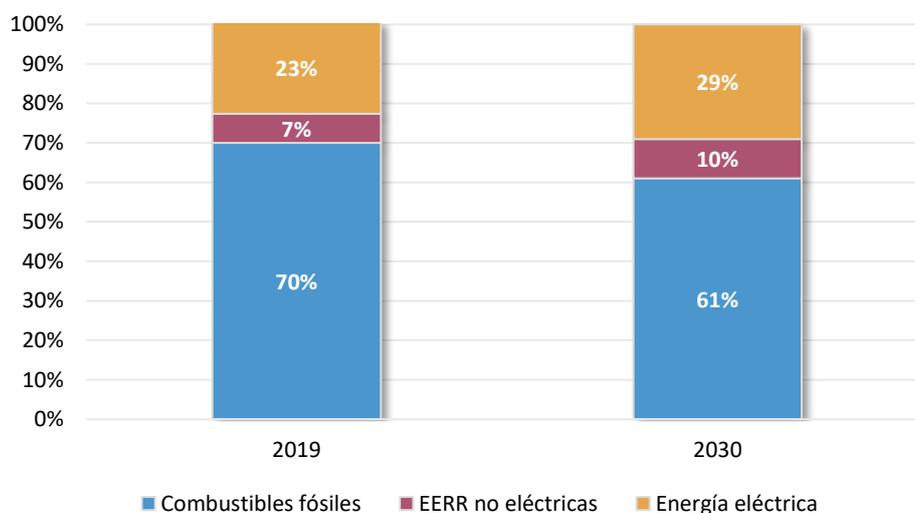


Figura 51. Evolución de la demanda de energía final en función de las distintas fuentes energéticas según el Escenario 2.

Fuente: IDAE y [PNIEC](#). Elaboración propia.

Sector producción energía eléctrica

Según las estrategias nacionales, **para este sector está previsto reducir 36 MtCO₂-eq en 2030 con respecto 2020**. Esta reducción es consecuencia principal de la pérdida sustancial del carbón en la generación eléctrica. Cuando se elaboró en 2019, se pretendía que de las 15 centrales térmicas de carbón que seguían operativas, solo quedaran funcionando al inicio del Plan (2021) seis de ellas.



A continuación, se muestra una tabla resumen de la extendida que podemos encontrar en el [Anexo 1](#), con los objetivos fijados a 2030 del Escenario 2.

Tecnología de producción	Potencia				Generación			
	2019		2030 Escenario 2		2019		2030 Escenario 2	
	MW	%	MW	%	GWh	%	GWh	%
Renovable *	55.348	50	118.579	74	97.886	38	263.846	76
No renovable	55.027	50	42.495	26	162.909	62	82.443	24
Total	110.375		161.074		260.795		346.289	

Nota:

* Se incluyen las baterías dentro de potencia y generación renovable al considerarse que estas, están instaladas en parques de generación renovable para aprovechar los vertidos de electricidad. Por ello, el objetivo de generación renovable es dos puntos porcentuales más que el obtenido en el Escenario Objetivo que se recoge en el PNIEC.

Tabla 9. Comparación potencia instalada y estructura generación 2019 y objetivos 2030 Escenario 2. Elaboración propia.

El Escenario 2 proyecta la instalación de unos 63 GW de nueva potencia instalada renovable hasta 2030, liderados por la eólica y solar. Esto supone un incremento del 24% respecto a 2019. En el caso de la energía solar fotovoltaica, el Gobierno prevé un crecimiento de la capacidad de unos 30 GW situándose como segunda fuente de energía con mayor potencia instalada con un 24% del total, y en cuanto la eólica, se prevé un crecimiento total de 22 GW en 2030 que la sitúa en primer lugar como el tipo de tecnología con mayor potencia instalada siendo un 31% del total. Por otro lado, se espera que para el año 2030, la potencia instalada no renovable se reduzca 13 GW aproximadamente.

Hay que tener en cuenta que, **actualmente, hay 147 GW de potencia eólica y solar con permisos de acceso y 25 GW en tramitación, en total 172 GW, esto significa que el volumen de potencia eólica y solar estará muy por encima de lo recogido en el PNIEC.** Esto es un motivo importante a la hora de fijar un nuevo objetivo en 2023.



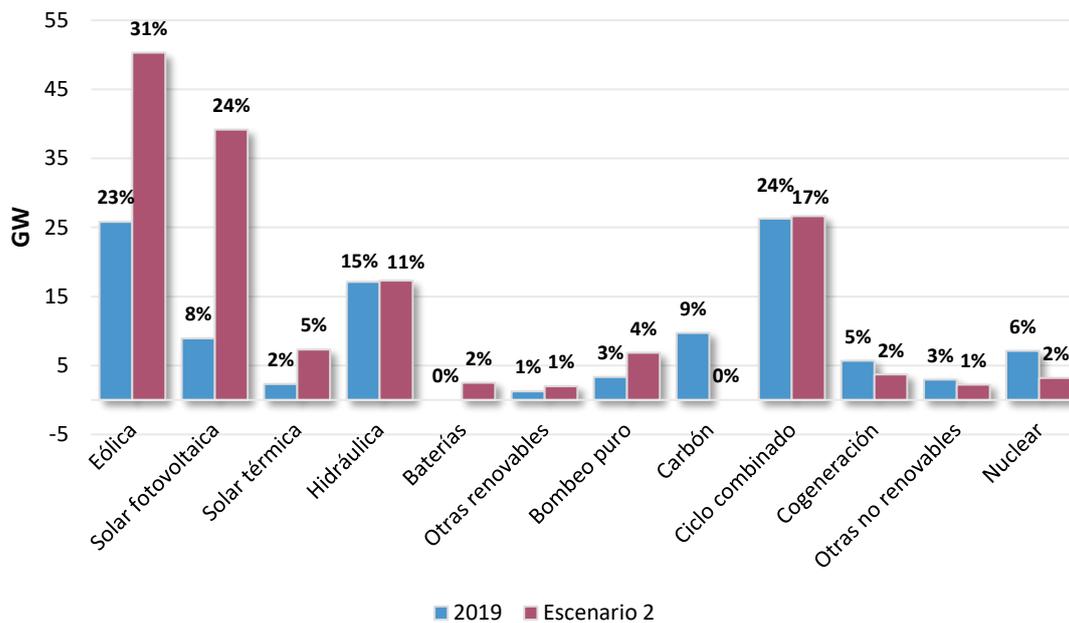


Figura 52. Comparativa potencia instalada en 2019 y objetivos 2030 Escenario 2.
Fuente: REE y PNIIEC. Elaboración propia.

En cuanto a la estructura de generación, el Escenario 2 plantea 166 TWh de nueva potencia renovable, mientras que para la potencia no renovable se espera que se produzca una reducción de 80 TWh repartiéndose de la siguiente forma:

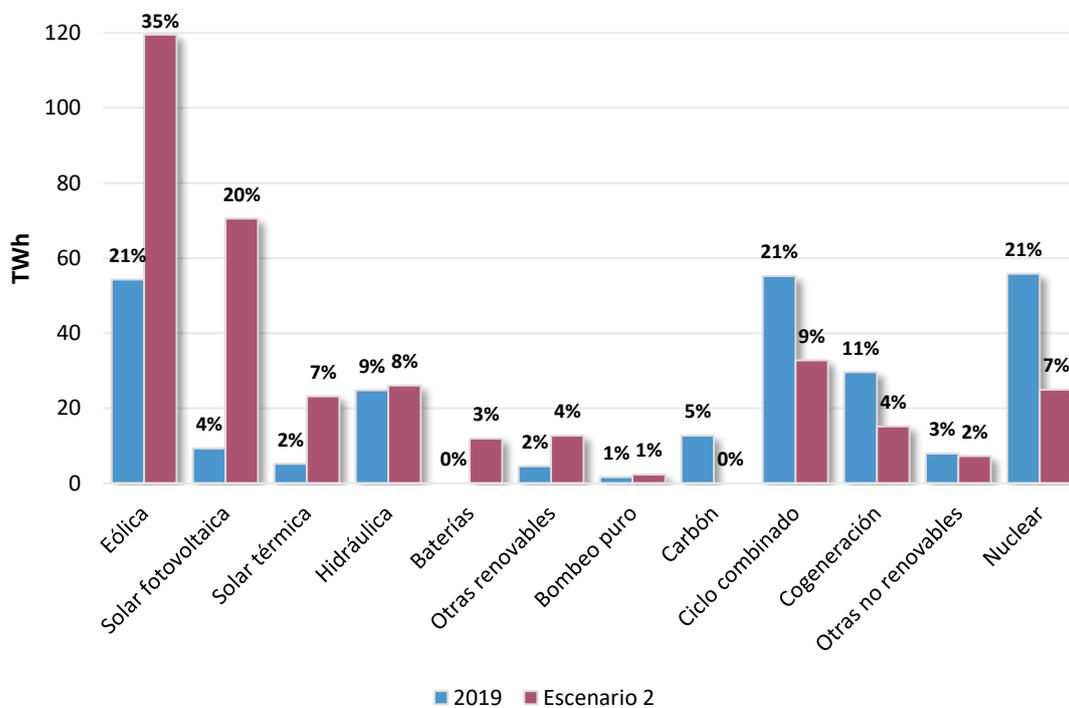


Figura 53. Comparativa estructura de generación en 2019 y objetivos 2030 Escenario 2.
Fuente: REE y PNIIEC. Elaboración propia.



De las dos figuras anteriores podemos observar que el incremento de la participación de la potencia renovable sobre el parque de generación total instalado en un 24% respecto a la potencia instalada en 2019. Especialmente viene dado por el crecimiento de la potencia solar fotovoltaica y eólica (4,4 y 1,9 veces más respectivamente).

Este hecho junto con la disminución de la potencia instalada no renovable en un 24% con respecto 2019, hace que en 2030 se consiga una estructura de generación de un 76% renovable (74% si no se tienen en cuenta las baterías) frente al 38% de 2019, obteniendo un parque de generación con un factor medio de emisión de **0,059 tCO₂ eq/MWh** frente al **0,192 tCO₂ eq/MWh** de 2019.

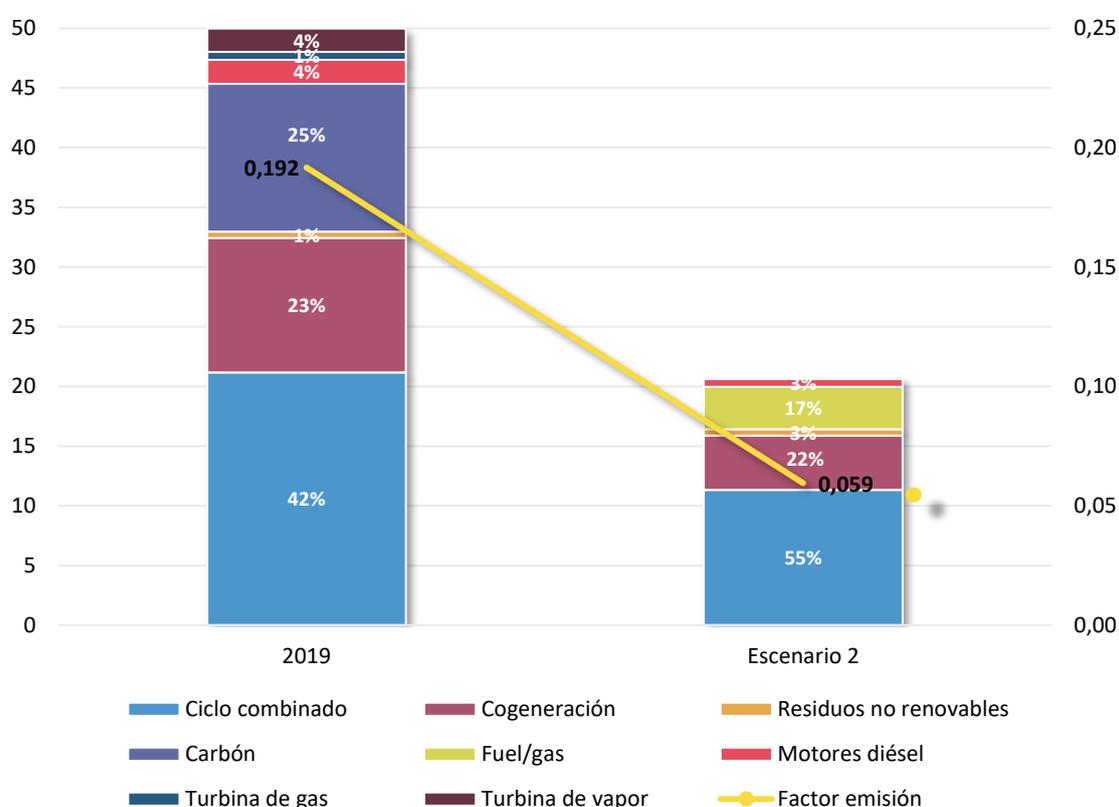


Figura 54. Comparativa emisiones generación y factor de emisión 2019 y objetivos 2030 Escenario 2. Fuente: REE y PNIEC. Elaboración propia.

Si se alcanzasen los objetivos propuestos en el Escenario 2, conseguiríamos que por cada MWh consumido en 2030, se estaría emitiendo 3 veces menos de GEI que lo que se emitía por consumir esa misma cantidad de energía eléctrica en 2019. Si comparamos con las emisiones totales en la generación de electricidad en 2019, para 2030, se evitaría la emisión de **30 Mt CO₂ eq**, teniendo en cuenta además el incremento de consumo de electricidad en cerca de un 33% más que con respecto ese



mismo año. En el [Anexo 2](#), puede encontrarse una tabla más detallada de lo explicado anteriormente.

Sector transporte

Para este sector el PNIEC propone lograr una **reducción de 13.890 ktep** lo que suponen **27 MtCO₂eq en el sector del transporte entre 2020 y 2030**, equivalente a una **reducción del 33% de las emisiones actuales**. La principal fuerza impulsora de la descarbonización es un cambio en el reparto modal hacia modos de transporte con menos emisiones, promoviendo el teletrabajo, el vehículo compartido, el uso de los medios no motorizados y del transporte público colectivo. Se apuesta por una renovación del parque automovilístico, vehículos eléctricos y de bajas emisiones, que afectará según el Plan al 35% de los pasajeros-kilómetro que hoy día se realizan en vehículos convencionales de combustión.

Existen un total de 4 medidas de actuación en el sector transporte en la que, únicamente la 2.4 de Impulso del vehículo eléctrico, propone un objetivo concreto de electrificación del transporte. Al igual que en el Escenario 1, en dicha medida se propone alcanzar **en 2030 cinco millones de vehículos eléctricos**, el **16% del parque automovilístico** total según las estimaciones del propio Plan, que supondrían un **ahorro aproximado de emisiones acumulado de 2021-2030 de 10,7 MtCO₂eq**.

En dicho Plan, se tiene como objetivo que todos los turismos y vehículos comerciales ligeros nuevos, sean de emisiones nulas por kilómetro, es decir, vehículos eléctricos puros y de pila de combustible, como muy tarde en 2040.

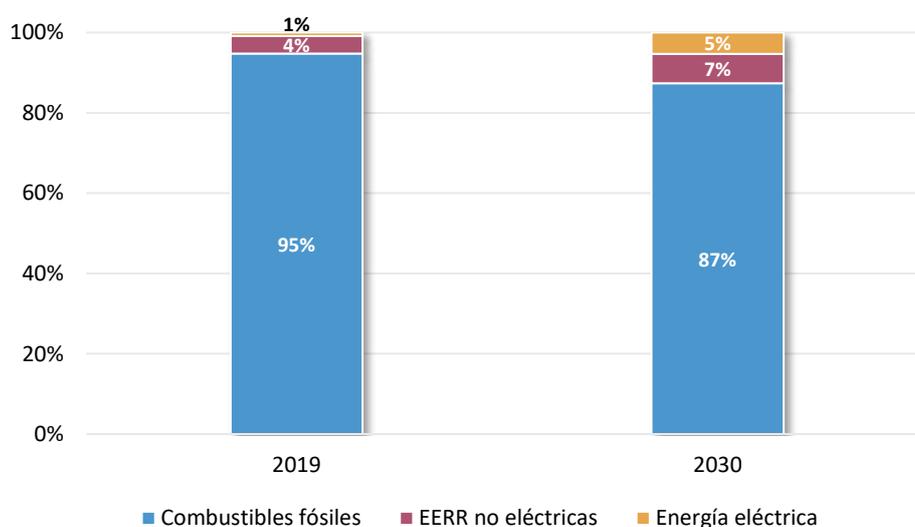


Figura 55. Evolución del consumo de energía final en el sector transporte desde 2019 a 2030 según el Escenario 2.

Fuente: [PNIEC](#). Elaboración propia.



Aun así, para este Escenario se plantea que solo se reduzca el consumo de combustibles fósiles en un 8%, aumentando la electrificación en un 4% con la llegada de los 5.000.000 de vehículos eléctricos que se pretenden matricular en 2030.

En cuanto al número de puntos de recarga, para el Escenario 2, no se establece un objetivo concreto en las estrategias nacionales, sin embargo ANFAC y FACONAUTO han realizado en su estudio [Mapa de Infraestructuras de Recarga de Acceso Público en España](#) [37] una **estimación del número de puntos de recarga de acceso público que deberían desplegarse en base al objetivo de vehículos eléctricos del PNIEC de 340.000 puntos de recarga de acceso público**, 30 veces más de los puntos de recarga que se disponen hoy en día.

Este sector, será según la proyección del escenario objetivo, el que más emisiones producirá en 2030, con un total de 59,8 MtCO₂eq, 1,2 veces más que las emisiones totales del sector industrial. Resulta necesario por tanto una mayor ambición y concreción de las medidas a desarrollar para descarbonizar este sector. Las medidas de eficiencia son prioritarias y fundamentales para llevar a cabo un cambio de modelo de transporte, sin embargo, resulta necesario seguir avanzando en la electrificación de aquellos medios de transporte, más demandados en la movilidad para poder mejorar la calidad del aire que respiramos y adecuar este sector, a las exigencias climáticas del Acuerdo de París.

Sector industrial

Según datos aportados en el PNIEC, en el sector industrial, prevé un **ahorro de energía final acumulada de 10.526 ktep, lo que supone una reducción de 7 MtCO₂ eq**. A su vez, con el objetivo fijado también de reducción de emisiones por la UE hasta 2050, implicará que se produzca una mayor electrificación de la industria y una reducción de la intensidad energética de sus procesos de producción industrial.

Para seguir reduciendo el consumo energético en los siguientes años, el PNIEC esboza medidas para el sector industrial como “Mejoras en la tecnología y los sistemas de gestión del proceso industrial”, pretendiendo así facilitar el uso de tecnologías de ahorro de energía final, sustituir equipos e implantar sistemas de gestión de la energía.

En España, **la contribución renovable en el sector industrial tiene que aumentar considerablemente**, ya que, según datos del año 2019, esta no sobrepasa las 1.600 ktep, además de tener que reducir el gran protagonismo del gas natural para cubrir nuestra demanda. A pesar de ello, se destaca como positiva la disminución gradual que ha tenido el carbón y los compuestos derivados del petróleo.



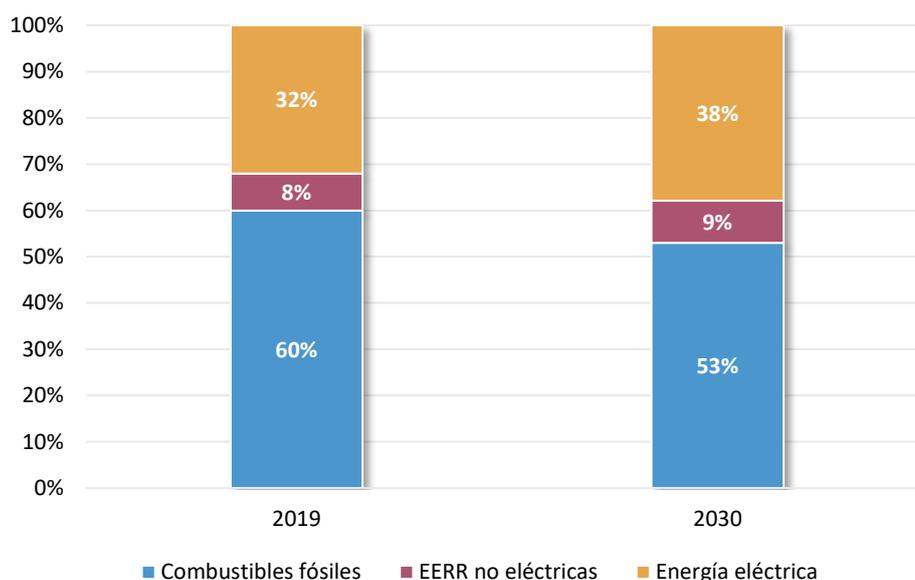


Figura 56. Evolución del consumo de energía final en el sector industrial desde 2019 a 2030 según el Escenario 2.
Fuente: [PNIEC](#). Elaboración propia.

Para los próximos años existe un remanente de fuente de energía no renovable, debido a que hay ciertos subsectores industriales que no son totalmente descarbonizables. Existen vectores energéticos emergentes complementarios a la electrificación como el hidrógeno renovable, que resultan interesantes para descarbonizar procesos industriales de alta demanda calorífica, además de aquellos procesos industriales que requieren hidrógeno como materia prima y que actualmente se produce a base de reformado de gas natural, siempre priorizando la reducción del consumo antes que la sustitución por otros vectores energéticos.

En la [Hoja de Ruta del Hidrógeno](#) [38], en línea con las estrategias nacionales, **se propone que el 25% del consumo en la industria sea a partir de hidrógeno, esto supondría un ahorro de emisiones de 1,25 MtCO₂eq.**

El sector industrial es uno de los más difíciles de electrificar, debido a la gran presencia de combustibles fósiles como el gas natural en las aplicaciones o procesos de mayor demanda. Reducir la participación de estos combustibles no renovables hará que se pueda alcanzar la electrificación total del sistema, consiguiendo aumentar la eficiencia de los procesos industriales y será clave para que se puedan disminuir las emisiones de GEI, al ser el segundo sector con mayor consumo energético.



Sector residencial

Aplicándose las medidas establecidas en el [PNIEC](#) para el periodo 2021-2030, en el sector residencial junto con el comercial e institucional se prevé que se produzca una **disminución de 9 MtCO₂eq aproximadamente, respecto a las que se emitieron en el año 2019**. El Escenario 2, prevé, para el año **2030, unas emisiones de 18 MtCO₂eq**.

Entre las medidas a implantar para conseguir estos objetivos, en el PNIEC se encuentra la de la **integración de renovables, que aumentará para el año 2030 en 42 ktep, pasando de 2.834 ktep del año 2019 a 2.876 ktep**. Esto contribuirá a que, en este mismo año, las renovables tengan una presencia del 42% en el uso final de la energía en el conjunto de la economía. Entre los objetivos, también se encuentran la implantación de soluciones inteligentes para el consumidor de energía y soluciones activas y pasivas en la rehabilitación energética de edificios. Además, para cubrir la demanda de calefacción y refrigeración a nivel residencial, se espera la introducción de nuevos agentes y modelos de inversión, así como las llamadas comunidades energéticas renovables, gracias a las cuales se podrá generar, consumir y vender energía de origen renovable.

Así, **de los 12.394 ktep de consumo de energía final que prevé el PNIEC para el 2030, un 44% procedería de la generación eléctrica**, seguida del gas natural, con una participación del 30% aproximadamente.

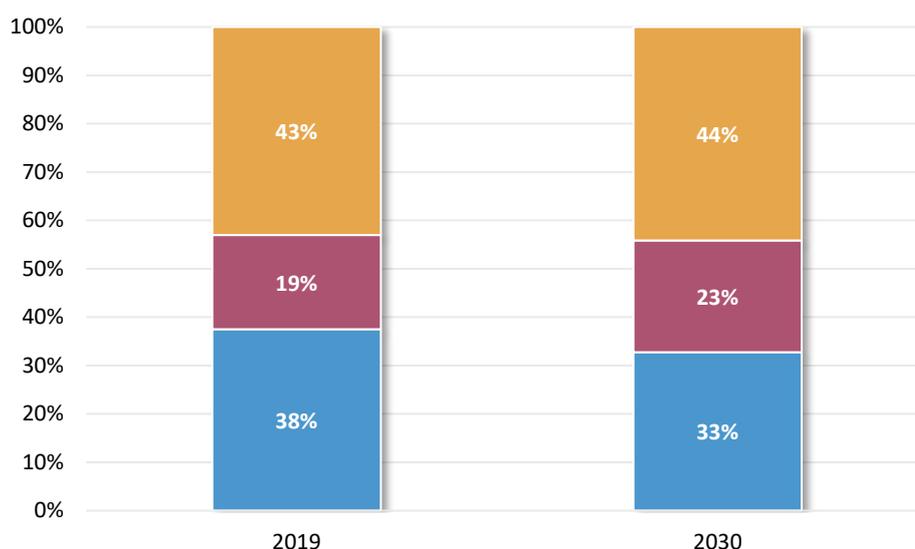


Figura 57. Evolución consumo energía final en función de las diferentes fuentes y vectores energéticos sector residencial, Escenario 2.

Fuente: [IDAE](#) y [PNIEC](#). Elaboración propia.



Cabe destacar que el principio de “primero, la eficiencia energética” puede complementar al Plan de Acción para la Economía Circular de la UE. Aplicando estos principios de circularidad a la renovación de edificios, con el reciclaje o reutilización de materias primas o diseñando productos o infraestructuras con una mayor vida útil, podríamos conseguir una reducción del consumo energético. Con esto se podrían generar beneficios en cuanto a la eficiencia energética y a la descarbonización y descontaminación de este sector.

En la [ERESSE 2020](#) se plantean unos objetivos de reducción del consumo final de energía en el sector residencial para el año 2030, en cuanto a sus diferentes usos.

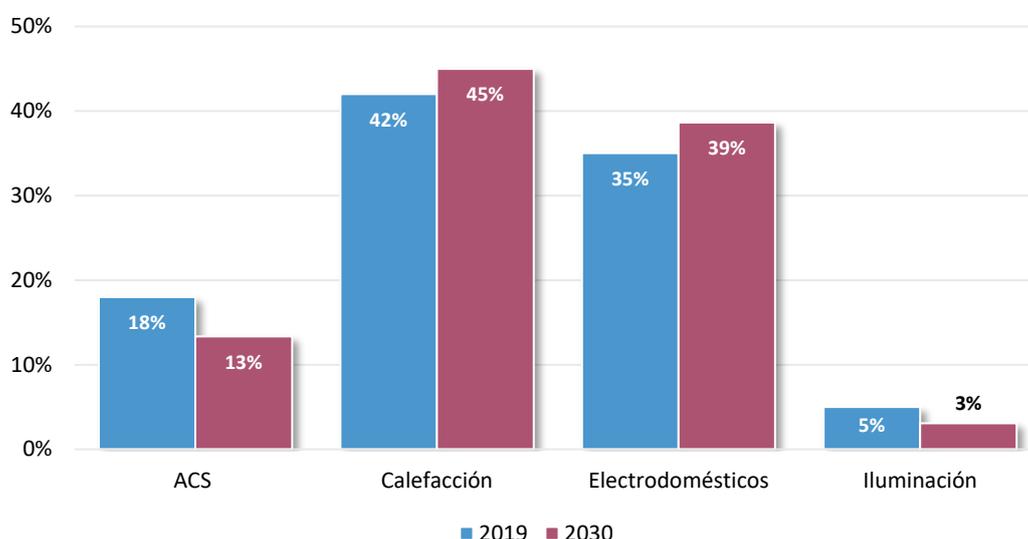


Figura 58. Evolución del consumo energía final diferentes usos del sector residencial desde 2019 a 2030 según el escenario 2.

Fuente: [ERESSE](#). Elaboración propia.

Debido a que los sistemas de calefacción son los que producen un mayor consumo de energía final y en los que los combustibles fósiles tienen una mayor presencia, se establece para el 2030 una gran disminución de su consumo.

Fuentes y vectores energéticos	Consumo energía final (ktep)	
	2019	2030
Combustibles fósiles	5.472	4.081
Electricidad	6.275	5.538
Energías renovables	2.834	2.937
Total	14.581	12.556

Tabla 10. Consumo de energía final sector residencial (ktep), excluidos usos no energéticos escenario 1.

Fuente: [El sector residencial y la financiación en la ERESSE 2020, MITMA](#). Elaboración propia



Fuentes y vectores energéticos	Ahorro energía final (ktep) 2019-2030
Combustibles fósiles	1.391
Electricidad	737
Energías renovables	103
Total	2.025

Tabla 11. Ahorro de energía final sector residencial (ktep), excluidos usos no energéticos Escenario 1.
Fuente: [El sector residencial y la financiación en la ERESEE 2020, MITMA](#). Elaboración propia

En cuanto a la sustitución de los actuales sistemas de combustibles fósiles por bombas de calor, se plantea para el año 2030 que la energía suministrada por bombas de calor sea de 3.523 ktep entre los diferentes sectores, que aproximadamente corresponde a más de 1,3 millones de bombas de calor. En el año 2019, la energía suministrada por bombas de calor para el sector residencial fue de 158 ktep, un 18% del total (862 ktep).

Por lo que, viendo tanto los datos actuales de emisiones como los de consumo energético, se concluye que los objetivos y medidas establecidas en los diferentes planes no son suficientes para cumplir con los definidos en el Acuerdo de París. El sector residencial tiene un alto potencial de electrificación, por lo que, por ello, más adelante se encuentran una serie de medidas para conseguir la electrificación total del sistema en el periodo 2020-2030, que permitirán reducir las emisiones en gran medida.

Sector servicios

Según los objetivos planteados por el PNIEC, el consumo de energía final en el sector servicios, excluyendo los usos no energéticos, sería de 9.830 ktep en 2030, distribuyendo este consumo en 63% energía eléctrica y 27% gas natural, como fuentes de energías predominantes. En los objetivos que presenta el PNIEC a 2030, se contempla un aumento del 13% en el consumo final de gas natural con respecto a 2019.

Para conseguir una evolución a nivel tecnológico y de eficiencia, las estrategias nacionales consideran actuaciones a 2030, donde se tienen objetivos vinculados al PNIEC, marcados por la rehabilitación energética y la renovación de instalaciones térmicas existentes. Para ello, conseguir electrificar parte de la demanda térmica en edificios es clave para la reducción de consumos y la mejora de la eficiencia energética, además de optimizar las tecnologías existentes como las renovables térmicas, los sistemas de gestión de la demanda y el almacenamiento.



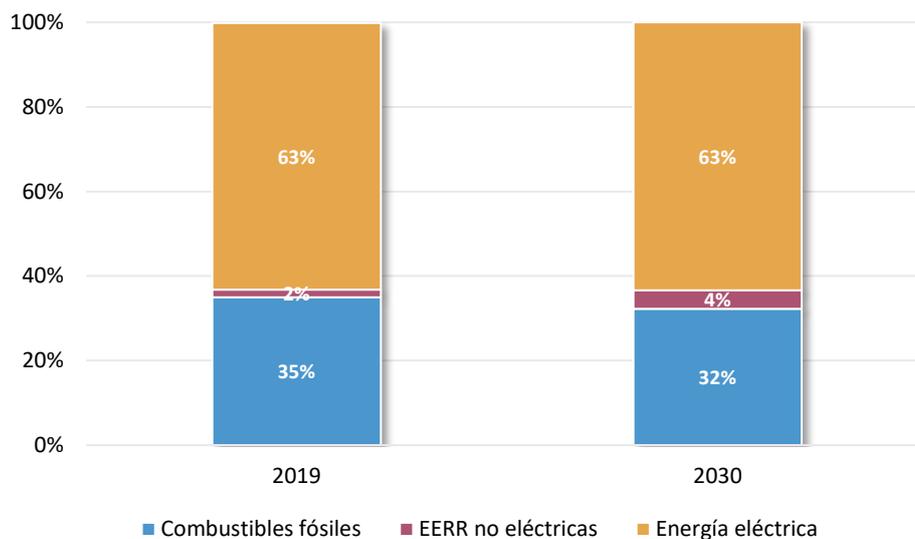


Figura 59. Evolución del consumo de energía en el sector servicios desde 2019 a 2030 según el Escenario 2.

Fuente: [PNIEC](#). Elaboración propia.

Para 2030, se prevé una reducción en el consumo de 1.468 ktep, en la que se reduce la participación de los combustibles fósiles. Las renovables crecen durante todo el período y el consumo a partir de energía eléctrica se mantiene prácticamente constante desde los datos de consumo actuales.

Por lo tanto, resulta necesario erradicar de forma prioritaria los combustibles fósiles dentro de cada una de las ramas de este sector, sobre todo en el área empresarial y comercial, donde se tiene una mayor presencia de estos combustibles y se tiene un mayor consumo, a pesar de que una gran parte de la demanda se abastece mediante electricidad. El sector servicios es, junto con el sector residencial, el más sencillo de electrificar tecnológicamente hablando y por tanto de descarbonizar.



Propuesta de política energética y líneas de actuación a 2030

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Propuesta de política energética y líneas de actuación a 2030

Comparativa entre escenarios

Una vez realizados los dos escenarios llevaremos a cabo una comparativa entre ellos con el fin de plasmarlo de una manera más visual y resumida. Recordamos el que el primer escenario es el más ambicioso en línea con el cumplimiento del Acuerdo de París, y el segundo escenario es el tendencial con la política energética que tenemos actualmente.

A la hora de comparar la reducción de emisiones necesaria a 2030, en función de un cambio en el consumo y la generación eléctrica, las emisiones según el Escenario 1 serían de **130 MTCO₂eq**, un objetivo más ambicioso en el cual se reducirían las emisiones en un **59% respecto a 2019** para conseguirlo, en cambio siguiendo el Escenario 2 se reducirían dichas emisiones solo en un **29% respecto a 2019**.

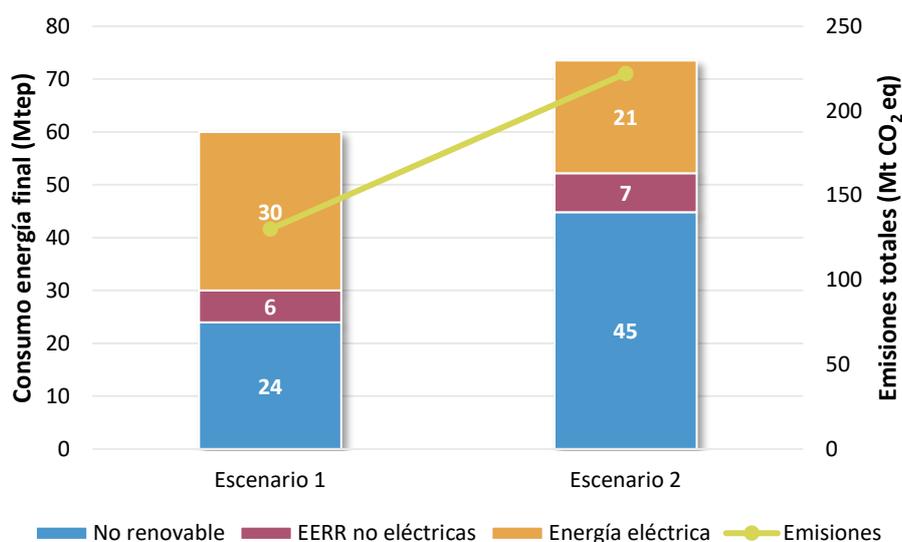


Figura 60. Consumo de energía final por fuente y vector energético y emisiones totales para los Escenarios 1 y 2.a 2030.

Fuente: [PNIEC](#). Elaboración propia.

Si comparamos el grado de electrificación objetivo de cada escenario para conseguir esta reducción de emisiones, podemos ver que en el primero se propone un 20% más de electrificación de la demanda en comparación a la propuesta en el Escenario 2.

En la siguiente tabla se muestra el grado de electrificación de los diferentes sectores en los Escenarios que se han analizado en anteriores apartados:



Sectores	Grado de electrificación a 2030	
	Escenario 1	Escenario 2
Producción energía eléctrica	50%	29%
Transporte	15%	5%
Industrial	50%	38%
Residencial	71%	44%
Servicios	90%	63%

Tabla 12. Objetivos de electrificación de la demanda por sectores en ambos escenarios para 2030.
Fuente: IDAE. Elaboración propia.

En todos los sectores se observa que **hay grandes diferencias en cuanto a los objetivos de la tasa de electrificación**. En los sectores residencial y servicios es donde se hace notar más esta diferencia, un 27% en ambos casos, mientras que en el sector transporte es donde hay menos divergencia, con una diferencia, tampoco desdeñable, de un 10%.

En cuanto al objetivo de consumo final de energía para 2030 que se plantea en el Escenario 1, es que se produzca una disminución del 30% respecto al año 2019, que los combustibles fósiles tengan una participación del 40% en el abastecimiento de la demanda final de energía, un 20% menos de los que se establece en el Escenario 2 y que la cuota de electrificación sea mínimo, del 50% en el Escenario 1, a diferencia de los objetivos marcados en el Escenario 2, donde solo se espera una electrificación del 29% (27% si se incluyen los usos no energéticos).

El objetivo marcado en el Acuerdo de París es reducir las emisiones de CO₂ en un **55% respecto a 1990 en 2030** (59% respecto a 2019). Con los objetivos marcados en el Escenario 1 se conseguiría cumplir con dicho Acuerdo, sin embargo, no ocurriría en el Escenario 2, donde solo se reducen en un **23%** respecto a 1990 (29% respecto a 2019).

	Escenario 1	Escenario 2
Disminución consumo energía final	30%	13%
Grado de electrificación	50%	29%
Reducción emisiones	59%	29%

Tabla 13. Comparativa resumen de los objetivos marcados en ambos Escenarios con respecto 2019.
Fuente: PNIIEC. Elaboración propia.

La electrificación de la demanda es el futuro para conseguir una transición energética sostenible, por ello, es necesario que haya una apuesta firme por electrificar nuestros



consumos. Cubrir una mayor demanda de electricidad, como se plantea en el Escenario 1, supondría una reducción de las emisiones y el cumplimiento de los objetivos marcados en el Acuerdo de París.

Sector producción energía eléctrica

En primer lugar, se va a realizar una comparativa de los objetivos de ambos Escenarios en cuanto a potencia instalada y estructura de generación, en un horizonte a 2030. A continuación, se muestra una tabla resumen de la extendida que podemos encontrar en el [Anexo 1](#), con los objetivos fijados a 2030 de los dos Escenarios estudiados.

Tecnología de producción	2030								
	Potencia				Generación				
	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 1		Escenario 2		
	MW	%	MW	%	GWh	%	GWh	%	
Renovable *	137.170	78	118.579	74	297.600	80	263.846	76	
No renovable	38.233	22	42.495	26	74.400	20	82.443	24	
Centralizada	Renovable	83.170	47			186.000	50		
	No renovable	38.233	22			74.400	20		
	Total	121.403	69			260.400	70		
Distribuida	Renovable	54.000	31			111.600	30		
Total		175.403		161.074		372.000		346.289	

Nota:

* Se incluyen las baterías dentro de potencia y generación renovable al considerarse que están instaladas en parques de generación renovable para aprovechar los vertidos de electricidad. Por ello el objetivo de generación renovable es dos puntos porcentuales más que el obtenido en el Escenario Objetivo que se recoge en el PNIEC.

Tabla 14. Comparativa potencia instalada y estructura de generación 2030, Escenario 1 y Escenario 2.
Fuente: [PNIEC](#). Elaboración propia.

Con respecto a los datos de potencia instalada del año 2019, en el Escenario 1 se proponen 82 GW de nueva potencia renovable, mientras que en el Escenario 2 se fija un objetivo de 63 GW. Este desfase de 19 GW de nueva potencia renovable hace notable la diferencia de reducción de emisiones entre ambos Escenarios y la diferencia en cuanto al grado de electrificación.

En la gráfica siguiente se puede observar cómo se ha distribuido esta nueva potencia renovable en ambos Escenarios:



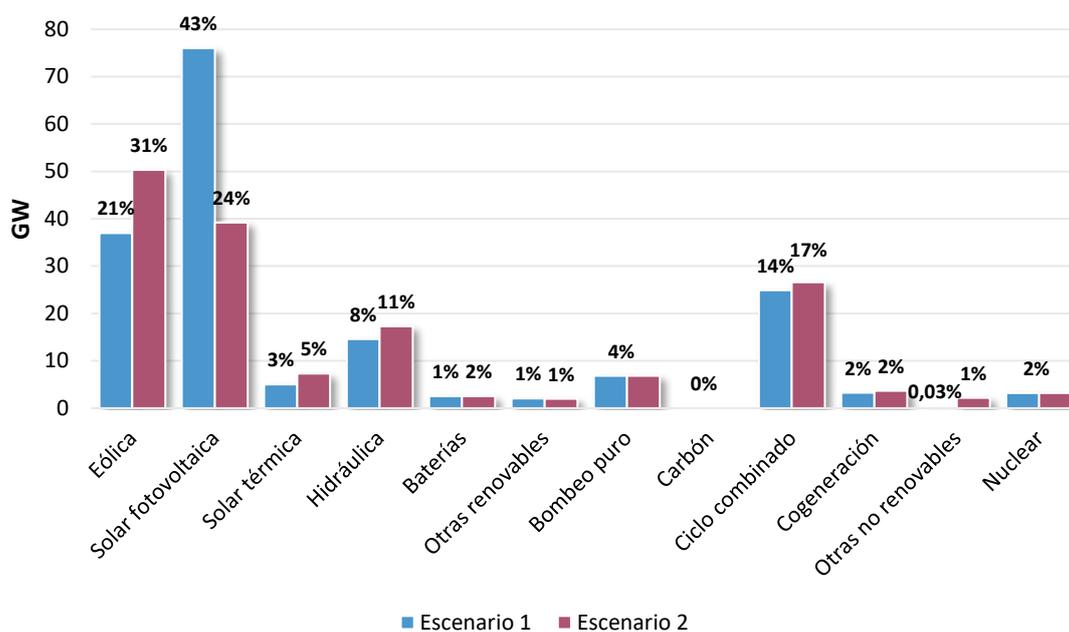


Figura 61. Comparativa potencia instalada en 2030 Escenario 1 y Escenario 2.
Fuente: REE y PNIIEC. Elaboración propia.

Y en base a esta potencia instalada, se han obtenido las siguientes proyecciones en la estructura de generación:

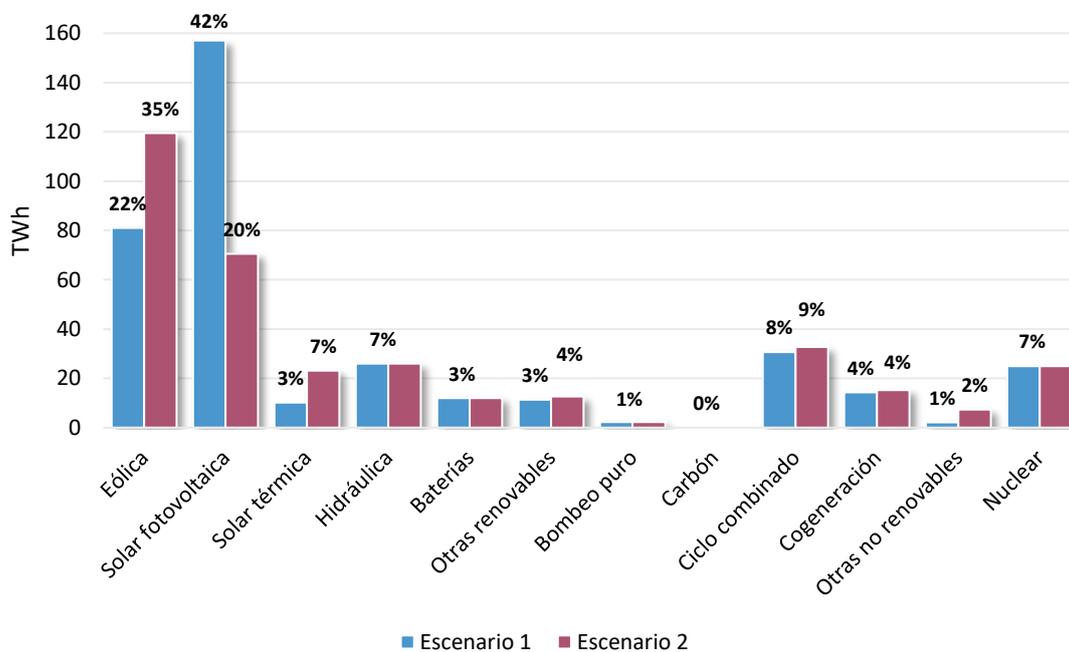


Figura 62. Comparativa estructura generación en 2030 Escenario 1 y Escenario 2.
Fuente: REE y PNIIEC. Elaboración propia.



De las dos figuras anteriores podemos observar cómo la potencia renovable total instalada propuesta en el **Escenario 1** es **1,15** veces mayor que la propuesta por el **Escenario 2**, especialmente por el crecimiento de la potencia solar fotovoltaica en casi el doble, con una proyección de eólica menos ambiciosa que la proyectada en el **Escenario 2**. Este hecho junto con una pequeña disminución del 10% en la potencia instalada no renovable del PNIEC, hace que en 2030 se consiga una estructura de generación de un **80%** renovable frente al **76%** (74% si no se tiene en cuenta las baterías) propuesto en el **Escenario 2** con los objetivos nacionales, obteniendo un parque de generación con un factor medio de emisión de **0,041 tCO₂ eq/MWh** frente al **0,059 tCO₂ eq/MWh** obtenido mediante la consecución de las estrategias nacionales.

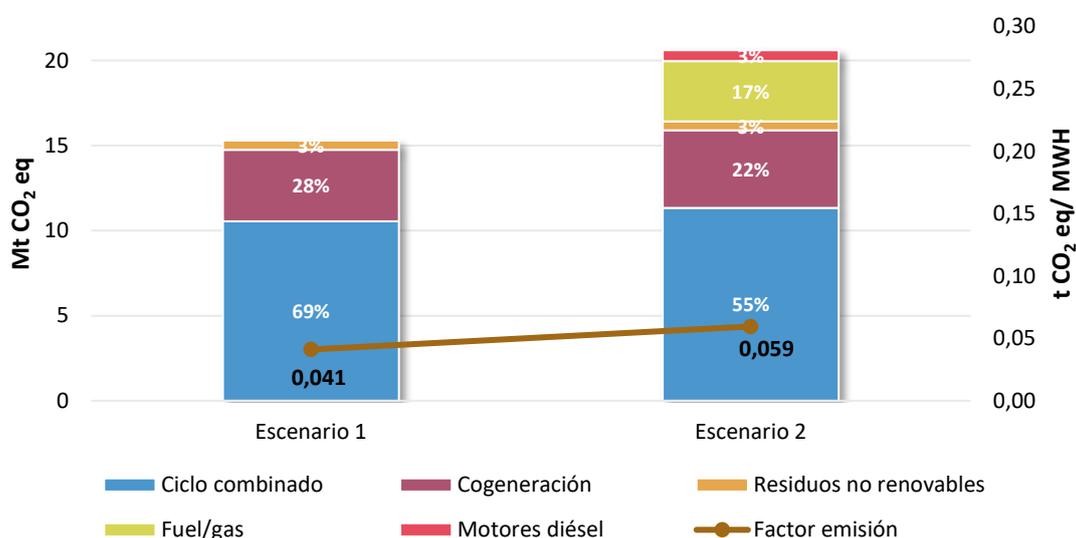


Figura 63. Comparativa emisiones generación y factor de emisión a 2030 Escenario 1 y Escenario 2. Fuente [REE](#). Elaboración propia.

Como podemos apreciar en el gráfico anterior con **la propuesta del Escenario 1, se obtendría un factor de emisión 1,4 veces menor, lo que se traduce en 1,4 veces menos emisiones de GEI, por cada MWh consumido en 2030**. Si comparamos las emisiones totales del sector para los dos Escenarios a 2030, obtendríamos que el **Escenario 1, consigue evitar la emisión de más de 5 Mt CO₂ eq** en comparación con las proyecciones para el Escenario 2. En el [Anexo 2](#), puede encontrarse una tabla más detallada de lo explicado anteriormente.

Por lo tanto, si se quiere aumentar la electrificación total de la demanda, es necesario seguir unos objetivos ambiciosos. Aumentar la potencia renovable, con un gran crecimiento de la energía solar fotovoltaica y disminuir la no renovable, además de fijar unos objetivos específicos en las modalidades de generación distribuida, harían posible que se redujeran en gran medida las emisiones para el año 2030.



Sector transporte

En el Escenario 1, teniendo en cuenta sólo medidas de electrificación de la demanda del transporte, se obtuvo una reducción acumulada entre 2020 y 2030 de **35,2 MtCO₂eq**, repartiéndose en **65%** la introducción de 5 millones de bicicletas, **30%** los 5 millones de vehículos eléctricos, **4%** los 30.500 autobuses eléctricos y **1%** la electrificación total de la red de ferrocarril.

En cuanto al Escenario 2, se propone para este sector, lograr una **reducción de 27 MtCO₂eq entre 2020 y 2030**, de las que **10,7 MtCO₂eq**, corresponden a la medida de introducir **cinco millones de vehículos eléctricos** y el resto se deben a una batería de medidas basadas en modos de transporte con menos emisiones y a otras medidas de eficiencia basados en cambios modales que reduzcan la necesidad de desplazamientos motorizados.

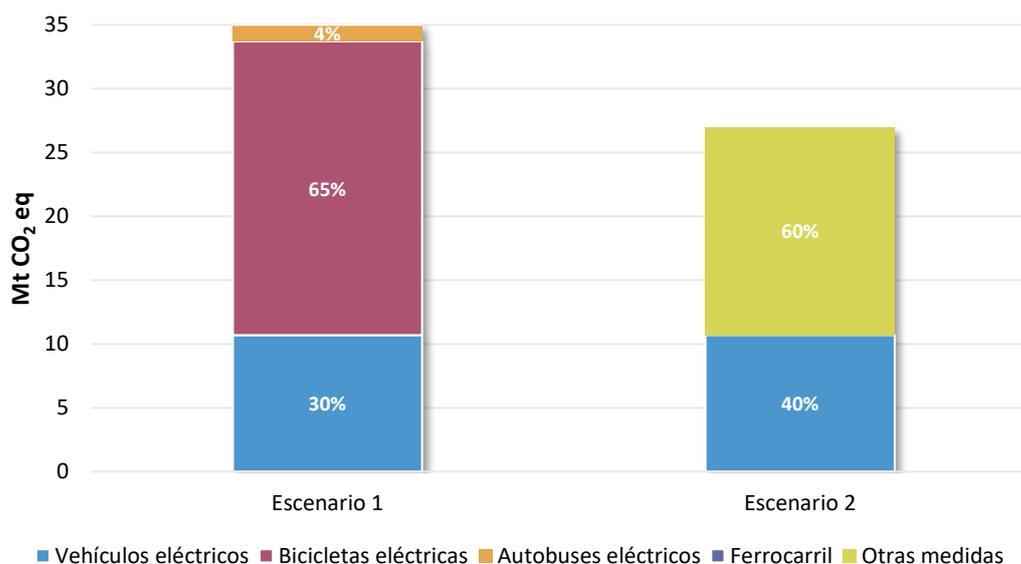


Figura 64. Comparativo reducción de emisiones en el sector transporte a 2030 según el Escenario 1 y 2. Fuente [PNIEC](#). Elaboración propia.

Podemos observar cómo en el **Escenario 1 se consiguen disminuir un 30% más que en el Escenario 2 a pesar de compartir la misma medida de los 5 millones de vehículos eléctricos** debido a que dentro de otras medidas no específicas, se engloban actuaciones que no entran directamente dentro del marco de electrificación de la demanda.

En cuanto al número de puntos de recarga, en base al estudio del ANFAC y FACONAUTO, en el **Escenario 1**, se propone un 47% más de puntos recarga públicos, lo que supondría 40 veces más de los que se disponen hoy en día, además de los 4,5



millones de puntos de recarga individuales, como se puede apreciar en la siguiente figura:

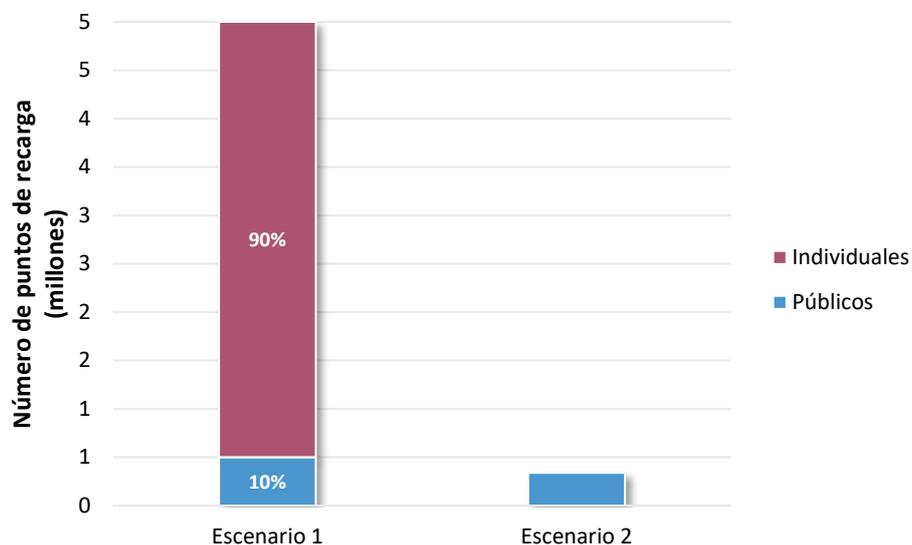


Figura 65. Propuesta puntos de recarga públicos Escenario 1 y 2.
Fuente: ANFAC y FACONAUTO. Elaboración propia.

La electrificación de la demanda es sin duda el mejor aliado de la eficiencia energética, pues electrificar en sí, es una medida de eficiencia en el uso de la energía si lo comparamos con otros combustibles fósiles e incluso otros vectores energéticos, además de que contribuye a reducir la demanda de energía. Por tanto, la apuesta por este sector debe estar claramente centrada en la electrificación de los medios de todos los medios de transporte, complementada con otros vectores energéticos emergentes como el hidrógeno, en aquellos casos en los que el almacenamiento de energía eléctrica en baterías presenta limitaciones con relación al peso/capacidad.

Sector industrial

El sector industrial es uno de los sectores que tienen un mayor consumo energético y hoy en día todavía presenta una gran dependencia de los combustibles fósiles. Por ello, en él también se han fijado objetivos en los dos escenarios en cuanto al porcentaje de electrificación y a la reducción de las emisiones.

En la siguiente gráfica se realiza una comparación entre los objetivos propuestos en el Escenario 1 y Escenario 2 en cuanto a consumo final según fuentes de energía y vectores energéticos.



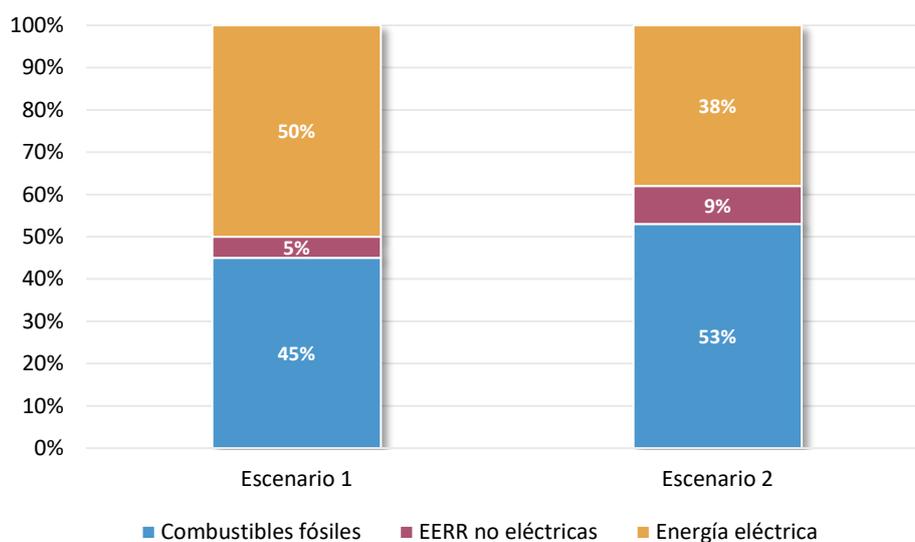


Figura 66. Comparación del consumo de energía final en el sector industrial Escenario 1 y Escenario 2.

Fuente: [PNIEC](#). Elaboración propia.

En el Escenario 1 se realiza una mayor propuesta en cuanto a la electrificación del sector, un 12% más respecto a la que se plantea en el Escenario 2, disminuyendo sobre todo la presencia de gas natural en los procesos de alta demanda calorífica. Esto no quita que seguirá teniendo una gran presencia en aquellas aplicaciones difíciles de electrificar, como las de la industria manufacturera. Por el contrario, en el segundo Escenario se propone mantener un mayor porcentaje de combustibles fósiles para cubrir la demanda, un 8% más que el Escenario 1, generando una mayor cantidad de emisiones.

En cuanto a objetivos de utilización de gases renovables se plantea el hidrógeno para uso industrial, proponiendo para 2030 en el Escenario 1 un objetivo de 319.304 toneladas de hidrógeno repartidas en un 47% para su uso como materia prima en la industria, y el 53% restante para la industria de alta demanda calorífica.

En el Escenario 2 se propone para este mismo año, que el 25% del consumo en el sector industrial sea a partir de este gas renovable.

La electrificación de la demanda en este sector se debe centrar principalmente en aquella rama industrial que presente un mayor consumo energético y sea más dependiente de los combustibles fósiles. A pesar de que no es fácil de electrificar, se deben imponer unos objetivos ambiciosos para cumplir en el año 2030, dando paso a gases renovables como el hidrógeno en aquellos procesos que sean más difíciles de descarbonizar.



Sector residencial

Una de las diferencias más significativas en cuanto a la comparación de Escenarios en este sector, es la distribución de consumos de energía final.

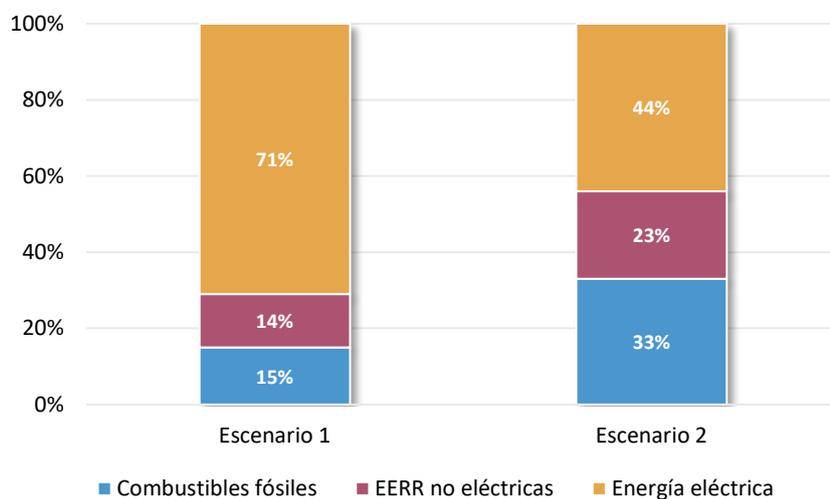


Figura 67. Comparativa del consumo energía final en función de las diferentes fuentes y vectores energéticos sector residencial, según Escenario 1 y Escenario 2 a 2030.

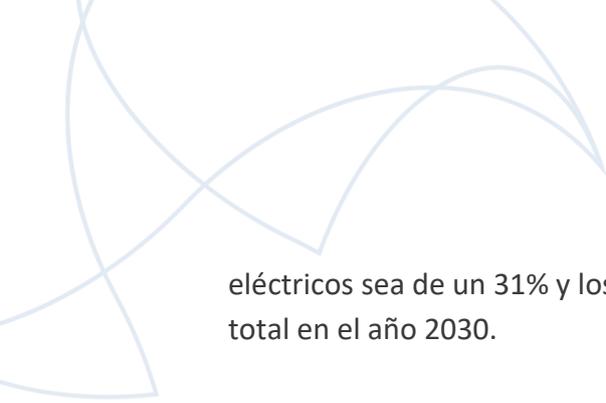
Fuente: IDAE y PNIEC. Elaboración propia.

Los combustibles fósiles en los objetivos del Escenario 2 siguen representando un **33%** del consumo total de energía final, los cuales se destinan a cubrir parte de la demanda de calefacción y ACS principalmente. Siendo más ambiciosos, en el **Escenario 1** se plantea una reducción de combustibles fósiles para que solo represente el **15%** respecto al total en 2030, sustituyéndolos por equipos alimentados por energía eléctrica. Es necesario electrificar al máximo posible este sector, objetivo más contundente en el **Escenario 1**, donde se espera una electrificación en 2030 del **71%** del sector frente al **44%** del **Escenario 2**. Esta electrificación tiene que pasar por la **instalación de bombas de calor**, las cuales como ya se ha mencionado anteriormente, tienen una mayor eficiencia y un consumo mucho menor que los equipos alimentados a base de combustibles fósiles.

Refiriéndonos a calefacción, para el 2030 la ERESEE 2020 plantea que el consumo de gas natural no sufra variaciones significativas respecto al año 2019, seguida muy de cerca por la biomasa como segunda fuente de energía predominante. Establece que la biomasa sin tratar (leña y similar) disminuya su presencia a la mitad en el consumo de calefacción y el gasóleo permanezca en un porcentaje mínimo en el año 2030.

Por el contrario, en el Escenario 1 sí se propone que el consumo de gas natural disminuya en comparación al año 2019, el uso de calderas, termo y radiadores





eléctricos sea de un 31% y los paneles solares térmicos se encuentren en un 8-9% del total en el año 2030.

En cuanto a ACS, en el Escenario 2 se plantea que en el 2030 el gas natural siga siendo con diferencia, la fuente de energía protagonista, el GLP disminuya considerablemente, el consumo eléctrico no sufra variaciones significativas y aumente la presencia de paneles solares térmicos. Por otro lado, en el Escenario 1, se sugiere que el gas natural solo se encuentre como principal fuente de energía en la mitad del consumo de ACS, un 30% corresponda a consumo eléctrico, la bomba de calor esté en un 12% y un 8% corresponda a la energía solar térmica.

Sustituir los actuales sistemas de calefacción con combustibles fósiles por bombas de calor debería ser el principal objetivo que cumplir para aumentar la electrificación del sector residencial, ya que es el sistema más eficiente para cubrir las necesidades energéticas de calefacción y agua caliente sanitaria. Un aumento de la electrificación de este sector contribuirá a reducir el consumo de energía final, además de que combinado con el autoconsumo haga que la ciudadanía aumente de forma considerable su independencia energética.

Sector servicios

Este último sector es el que se encuentra con un mayor porcentaje de electrificación de todos los que han sido analizados. A pesar de ello, también se plantean objetivos para aumentar la demanda que se cubre a partir de electricidad para el año 2030.

En el Escenario 1 se apuesta por la casi total electrificación. Esta meta se consigue reduciendo el consumo de combustibles fósiles, principalmente con la eliminación de los productos petrolíferos y sobre todo disminuyendo el aporte del gas natural, **mientras que en el Escenario 2 se plantea que el 63% del consumo se abastezca mediante energía eléctrica, un 27% menos que en el Escenario 1.** Este objetivo es poco ambicioso si se quiere reducir las emisiones contaminantes emitidas a la atmósfera.

En la siguiente gráfica se muestra una comparativa de los objetivos propuestos en ambos Escenarios, en cuanto a la participación por fuentes y vectores energéticos en el consumo final.



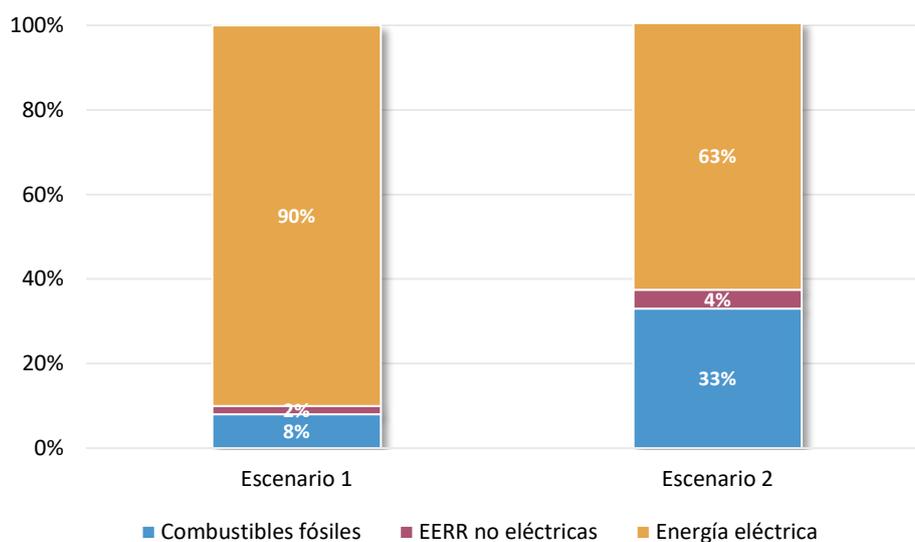


Figura 68. Comparación objetivos de consumo final por fuentes y vectores energéticos en el sector servicios a horizonte 2030, Escenario 1 y Escenario 2.
Fuente: [PNIEC](#). Elaboración propia.

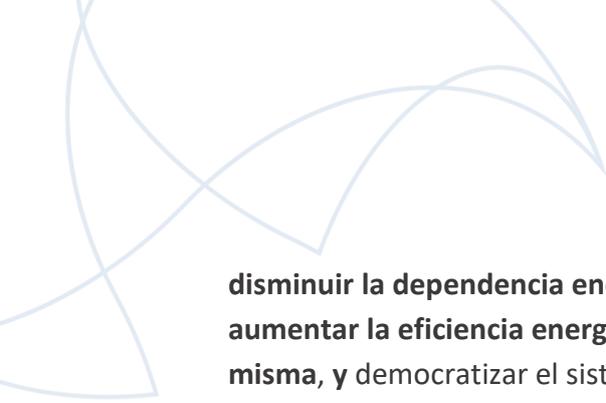
Sería necesario replantear cada una de las ramas que componen el sector servicios, más aquellas que tengan un mayor consumo de energía o cuyos inmuebles presenten un mayor consumo unitario. Disminuir los combustibles fósiles, incrementar la electrificación de la demanda térmica, aumentar la eficiencia energética e impulsar la penetración de renovables serían puntos clave para establecer unos objetivos más ambiciosos para el periodo 2020-2030 de electrificación del sector, reducir emisiones y, a largo plazo, lograr las metas fijadas en el Acuerdo de París.

Bases generales de nuestra política energética

Una política energética centrada sólo en la penetración y generación de tecnologías renovables no es suficiente, pues solamente se está atacando al problema desde el punto de vista de la oferta y no desde la demanda, dejando de lado numerosos aspectos clave. Toda estrategia debería considerar la forma en la que nos relacionamos con la energía y este debe ser el eje central de la misma.

Por ello, desde la **Fundación Renovables**, consideramos **la eficiencia, las energías renovables y la electrificación generalizada de la demanda como única solución para cubrir nuestras demandas de energía, como bases de nuestra propuesta energética para un cambio de modelo energético**. La energía es el motor de un nuevo modelo social y económico, por ello nuestra propuesta energética, se basa en la **gestión de la demanda** en contraposición al incremento siempre insuficiente de la oferta, pues **actuar prioritariamente por el lado de la demanda y por su electrificación mediante fuentes de energía renovables supone erradicar el consumo de combustibles fósiles**,





disminuir la dependencia energética del exterior, mejorar la calidad del aire, aumentar la eficiencia energética, reducir la demanda y el coste de la cobertura de la misma, y democratizar el sistema energético al incorporar al consumidor como parte activa y protagonista del nuevo modelo energético.

La electrificación de la demanda no puede servir para seguir apostando modelos de negocio continuistas, que hasta ahora se ha demostrado que ni son sostenibles ni inclusivos. Necesitamos, contribuir a un **nuevo modelo** electrificado, en consonancia con las exigencias climáticas y no seguir apostando por el actual **modelo energético centralizado basado en combustibles fósiles** cuya propiedad y control está en un pequeño grupo de grandes empresas energéticas. Para ello, necesitamos de más **decisión política en esta dirección, de forma que nos permita** poder superar la barrera de los intereses de las tecnologías y actores convencionales, intereses que no coinciden con los del conjunto de la sociedad ante los retos a los que nos enfrentamos.

La electrificación de la demanda viene asociado a un cambio de modelo energético en el que se busca una implicación activa de la sociedad, en gran parte de la ciudadanía. Con la introducción de nuevos agentes en el sistema energético, estaríamos en el camino hacia la **creación de una nueva cultura de la energía**, basada en la responsabilidad y la asunción de conocimientos para poder tomar decisiones conscientes. **La energía y concretamente la electricidad, es un bien de primera necesidad, que se debería de considerar como un servicio público básico.** Es un derecho de la ciudadanía que se debería de considerar **de acceso universal para todos** y que contribuya a **erradicar la pobreza energética que cada vez se extiende a un mayor porcentaje de la población**, siendo este el nº7 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El cambio de modelo energético no debe verse como un problema a resolver, si no como una oportunidad para reducir la dependencia energética externa, la contaminación y mejorar la economía del país. Esta Hoja de ruta se centra en la **electrificación de la demanda como base de la política energética a implementar hasta 2030.** En ella se destacan los objetivos que proponemos que se cumplan en la próxima década para alcanzar el objetivo final de cero emisiones en el 2050.

Objetivos y líneas de actuación para la electrificación

Las líneas de actuación perseguirán el objetivo que proponemos para 2030 en el Escenario 1, al ser mucho más ambicioso. Alcanzarlo que supondría incrementar el valor de la tasa de electrificación del 2019 en 27 puntos porcentuales, hasta alcanzar el 50%.



El papel de la Administración Pública

Se debe fomentar el papel de la **administración pública a todos los niveles como un agente tractor y facilitador de la transición a un modelo electrificado**. Su implicación es imprescindible en el cambio hacia una nueva cultura de la energía, implicación que debe comenzar no solo en una ambición legislativa, sino que también en una actitud ejemplarizante liderando ese cambio de modelo.

La administración pública debe ofrecer ayuda en la inversión o propuestas de iniciativa locales, con fórmulas 100% públicas o público-privadas, que permitan la consecución de los objetivos del Acuerdo de París. Otra de las funciones principales es la de facilitar información sobre iniciativas legislativas en materia energética a la ciudadanía, explicando la implicación social que tiene.

Las ciudades también deben asumir su papel como principales agentes del cambio energético, siendo, además, el mejor medio para canalizar esta transición debido a la cercanía que existe con la ciudadanía y a que es dónde se concentra la mayor parte de la población. Los ayuntamientos deben ser el centro neurálgico del cambio, pues tienen la capacidad y la obligación de garantizar unas ciudades habitables en un futuro que, aunque nos neguemos en pensar, no es tan lejano. Con independencia de su ideología política, deberán implantar líneas de actuación y buenas prácticas en la ciudadanía, hacia la electrificación del sistema y el fomento de la eficiencia energética y las energías renovables.

Las líneas Algunas de ellas se citan a continuación:

- **Urbanismo y rehabilitación.** La rehabilitación tiene que pasar por una actuación integral sobre la envolvente, la electrificación total de los consumos y el autoconsumo fotovoltaico. Deben desarrollar un plan de actuación propio y otro para la ciudadanía.
En cuanto al urbanismo, creación de un espacio público dedicado exclusivamente como un espacio para las personas. Las plazas y calles como lugar de encuentro. Actuación bajo el lema la vida sucede a pie. Este eje se interrelaciona directamente con la movilidad sostenible.
- **Movilidad sostenible.** La movilidad debe basarse en una disminución de las necesidades de desplazamiento y en los servicios de cercanía. Prioridad a la movilidad activa, a pie y bicicleta. En cuanto a la movilidad motorizada se debe priorizar el transporte colectivo eléctrico y el compartido antes que el privado.



- **Ciudadanía.** Dar a la ciudadanía un papel primordial en el centro del debate político en términos de sostenibilidad y energía. Participar de forma activa. Deben conocer los conceptos sobre cambio climático, energía y consumo y la gran importancia de la electrificación, la eficiencia energética y las energías renovables.

Sector producción energía eléctrica

El escenario 1 propone que **en 2030 el 50% del consumo final de energía sea cubierto con electricidad y para ello el 80% de esta electricidad ha de ser producida por fuentes de energía renovables, con lo que disminuiría a la mitad el uso de energías convencionales**, si lo comparamos con los datos correspondientes al año 2019.

La mayoría de las propuestas para este sector, se basan en la incorporación de energías renovables, que siempre llevan consigo la necesidad de incrementar la potencia de generación como elemento de cobertura o seguridad. Electrificar la demanda pasa también por la implantación de la generación distribuida con el autoconsumo y las comunidades energéticas a la cabeza y la implantación de vehículos eléctricos, algo que ayudará a aplanar la curva y a que esa demanda energética no crezca de forma proporcional. Además, recordemos que la electrificación es una medida de eficiencia en sí misma, por lo que no existirá un traslado de la misma cantidad de combustibles fósiles que de electricidad.

En este contexto, la **flexibilidad de la demanda** surge como recurso indispensable para mejorar la gestionabilidad del sistema eléctrico de una forma más económica y ambientalmente sostenible ya que supone cambiar el sobredimensionamiento de la generación, con pocas horas de funcionamiento, y de la expansión ineficiente de la infraestructura eléctrica, por un sistema integrado y digital, en los que deberá ser la demanda quien se adapte a la oferta para optimizar inversiones y no al revés, reduciendo la potencia pico en relación con la que debería tener, considerando el incremento de demanda desde una oferta sobredimensionada.

La fijación de unos objetivos ambiciosos a alcanzar para el autoconsumo y en general, la generación distribuida, viene justificado al ser instrumentos básicos para la gestión de la demanda, incluyendo sus sistemas de almacenamiento en baterías. Instalaciones de autoconsumo compartido y de comunidades energéticas, hacen posible que empiecen a surgir sistemas más eficientes económicamente y más justos y transparentes, si se tiene en cuenta que la electricidad es un bien de primera necesidad.



El **autoconsumo** es un instrumento básico para avanzar en la gestión de la demanda, ya que convierte al consumidor en un sujeto activo y lo pone en el centro del sistema energético, favoreciendo también la diversificación de agentes en este sector.

Además, permite transformar el consumo energético actual en renovable y aumenta la participación social en el sistema, siendo de especial importancia para los entornos urbanos, permitiendo que las ciudades dejen de ser sumideros de energía. Se deberían de eliminar muchas de las trabas que nos encontramos actualmente a la hora de realizar una instalación de autoconsumo, ya que tienen procedimientos administrativos lentos y tediosos que no facilitan su tramitación y gestión.

Toman especial importancia en la generación distribuida las llamadas **comunidades energéticas**, ya que tienen un enorme potencial de desarrollo. Esto se debe a que son instalaciones realizadas en lugares óptimos dentro de un barrio a las que se pueden adherir sus vecinos, como copropietarios, miembros o socios, además del beneficio medioambiental, social y económico que aportan. Esta figura va a cobrar un gran peso en los próximos años, entre otras cosas también porque va a permitir que aquellos vecinos que no dispongan de tejado o superficie óptima para paneles solares fotovoltaicos o quieran aumentar su instalación de autoconsumo, puedan hacerlo. Con ellas podremos generar, consumir, almacenar, vender y como novedad, se podrá repartir los excedentes entre los miembros de dicha comunidad, pudiendo gestionar la energía de forma autónoma.

Es por ello, que los mayores esfuerzos, deben centrarse en el desarrollo de la generación distribuida, frente a la centralizada, reconociendo la importancia de esta última, cuyo desarrollo debe regirse bajo parámetros de sostenibilidad ambiental, siguiendo los criterios de biodiversidad y de ordenación y territorio. Si especificamos por tipo de generación, no olvidar que también se quiere lograr que para el 2030 **el 30% de la demanda eléctrica total estimada se abastezca a partir de sistemas de generación distribuida.**

Las herramientas para obtener un sistema eléctrico 100% renovable para 2050, mejorando y desarrollando la implantación de renovables en 2030 para alcanzar los objetivos deberán tener en cuenta:

- Capacidad de generación renovable de las diferentes tecnologías y reducción de las térmicas de gas y nucleares.
- Comparativa para minimizar la ocupación del suelo para fomentar la generación distribuida a través del autoconsumo y las comunidades energéticas.



- Capacidad de almacenamiento con baterías, hidrógeno y bombeo.
- Hibridación solar y eólica, con almacenamiento.
- Mecanismos para la gestión de la demanda, agregadores, interrumpibilidad y gestión de la carga de vehículos eléctricos.

La implementación de energías renovables también lleva asociada la ventaja de que se produzca un descenso en el precio de la electricidad.

Esto se debe a que el recurso no tiene asociado coste alguno, beneficio que no se tiene con el uso de combustibles fósiles. Esto ocasiona en un gran número de veces que el coste variable del precio de la electricidad sea muy próximo a cero, provocando una reducción de su coste total. El introducir energías renovables supone desplazar a otro tipo de tecnologías que tienen costes variables más altos. Actualmente este tema está dando mucho de qué hablar por las grandes subidas que está experimentando el precio de la energía, debido al alto coste del gas natural.

La **nueva subasta de energías renovables** que se realizó el pasado mes de octubre fue una de las soluciones propuestas por el gobierno para intentar frenar esta situación, impulsar la instalación de energías renovables para bajar el precio de la electricidad. Se sacaron a subasta 3.300 MW, **700 MW** de los cuales destinados a proyectos de **energía solar fotovoltaica** y **300 MW** a instalaciones de **autoconsumo fotovoltaico** correspondientes a **generación distribuida**.

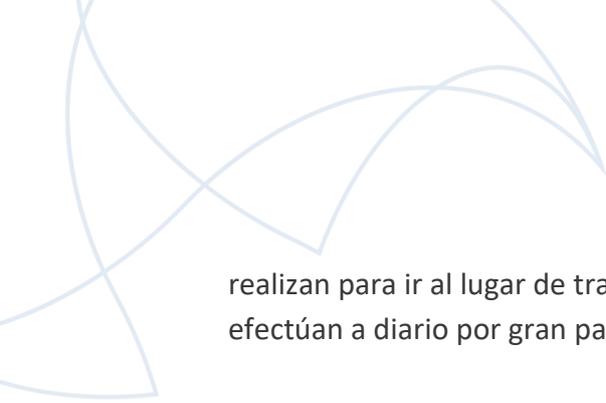
Sector transporte

En el sector transporte, **el objetivo es conseguir a 2030 un grado de electrificación del 15%**, para ello se apostará por la electrificación de los medios de transporte.

Sin embargo, al igual que la energía más limpia es aquella que no se consume, la eliminación de los desplazamientos motorizados, por no ser necesarios, es una de las medidas fundamentales para mejorar la movilidad. **La nueva movilidad ha de basarse en la disminución de las necesidades de desplazamiento y en los servicios de cercanía, priorizando siempre la movilidad activa (pie y bicicleta) sobre la motorizada. La motorizada debe ser electrificada promoviendo siempre el uso del transporte colectivo y compartido sobre el vehículo privado.**

Este eje de actuación pasa necesariamente por una intervención sobre la ordenación del territorio, pues es esta la que acaba definiendo y provocando, en la mayoría de los casos, la necesidad de desplazamientos haciendo especial hincapié en los que se





realizan para ir al lugar de trabajo y/o estudios en los que más se debe incidir ya que se efectúan a diario por gran parte de la población.

Por otro lado, también debemos aprovecharnos de los grandes avances que internet ha supuesto para toda la ciudadanía, mediante la posibilidad de realización de trámites y servicios por vía telemática, como medida importante para ayudar también a la reducción del número de desplazamientos en la ciudad, como, por ejemplo, el teletrabajo. En este sentido se apuesta por el teletrabajo con el objetivo de consolidar un millón de personas, implantando una bonificación en la cuota de la Seguridad Social para la empresa de 3 puntos porcentuales para trabajadores con una dedicación en teletrabajo > 60%, equivalente a 3 días por semana. De esta forma, en base a los resultados y cálculos realizados en el informe anteriormente mencionado, con este objetivo, se conseguiría evitar la emisión de más de 500.000 tCO₂/año.

La problemática en cuanto al vehículo eléctrico se encuentra principalmente en que no hay una infraestructura suficiente, a la vez que se encuentra mal distribuida a lo largo del territorio nacional. Por ello, en paralelo a los criterios de movilidad y al desarrollo de normas y procedimientos que fomenten la incorporación de los vehículos eléctricos, es preciso desarrollar un plan para disponer de una infraestructura de sistemas de carga y recarga de baterías que garanticen el adecuado abastecimiento de estos vehículos a lo largo de los trayectos. Es importante la apuesta por **los cargadores bidireccionales, que permitan a los vehículos eléctricos poder realizar en un futuro próximo, servicios de balance de red.**

Resulta interesante las restricciones de movilidad para los vehículos de combustión interna como base para el cambio mediante la implantación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE), como medida para hacer frente a los problemas de contaminación atmosférica en las ciudades. **Fundación Renovables**, propusimos junto con ECODES y T&E una [propuesta de mínimos](#) para la regulación de estas zonas y su correcto funcionamiento. También encontramos imprescindible la reforma del actual sistema de distintivos ambientales de la Dirección General de Tráfico (DGT), el cual sufre de importantes deficiencias en cuanto a conceptos de que es sostenible y que no lo es.

La ley establece 2040 como año límite para la prohibición de venta de combustión interna, objetivo que debe adelantarse a 2035, tal y como se propone en el paquete “Fit for 55”, respaldado por el informe [Net Zero by 2050](#) de IEA [40], para lograr la descarbonización del sector antes del 2050. Un objetivo respaldado por [empresas](#) [41] y [países](#) [42], que también justificado económicamente por el estudio [Hitting the EV Inflection Point](#) de BloombergNEF, en el que se establece 2027 a más tardar, como año





clave en que los costes de producción de los vehículos propulsados por combustibles fósiles en todos los segmentos, resultarán más caros que fabricar furgonetas y automóviles eléctricos en Europa.

Sector industrial

El sector industrial es uno de los más intensivos energéticamente y, por tanto, uno de los más complicados de descarbonizar. El objetivo de este sector es electrificar en el 2030 el **50% de la demanda final del sector industrial**. Para ello es necesario que se lleven a cabo una serie de actuaciones en todas las ramas que lo componen, así más en aquellas más fuertemente dependientes de los combustibles fósiles. En cada rama, se debe realizar la actualización de los planes industriales, relativos a la electrificación de la demanda, la mejora de la eficiencia energética e incluir un análisis de idoneidad medioambiental y de sostenibilidad de cada uno de los procesos, para mejorar la competitividad de la industria.

Destacando las siguientes ramas:

- Manufacturera y química. No son tan intensivas en energía, por lo que se puede electrificar.
- Cementeras y siderurgia, en ellas se propone el uso de hidrógeno verde.

Como una de las medidas para alcanzar el objetivo es que se elaboren planes de actuación fiscal para gravar el consumo de combustibles fósiles como el gas natural, carbón o gasóleo, entre otros y se prohíban o se graven instalaciones de gas y de uso de otros combustibles fósiles.

Una electrificación de la demanda con origen 100% renovable es la solución para lograr un mundo basado en los tres pilares fundamentales del desarrollo sostenible: crecimiento económico, inclusión social y protección medioambiental.

Sector residencial

El objetivo de este sector es que el **71% de la demanda final de energía sea cubierta con energía eléctrica**. Para conseguir un consumo eficiente de electricidad es necesaria una mejora en la eficiencia de nuestros hogares y consecuente reducción de emisiones. Por ello, se debe rehabilitar 808.500 viviendas al año, de las cuales 250.000 viviendas sean de viviendas con familias en situación de vulnerabilidad.





La electrificación de este sector pasa ineludiblemente por la instalación de bombas de calor para calefacción y ACS, para lo que se ha de poner en marcha de un plan de sustitución de los sistemas de calefacción con combustibles fósiles, incorporando además la obligatoriedad de instalación de dichos equipos en edificios nuevos o que sean rehabilitados. Como objetivo anual del plan de 100.000 bombas de calor tanto en viviendas residenciales como en el sector servicios. A su vez se deben prohibir las calderas de carbón a partir de 2022 y los sistemas de calefacción con calderas de gasóleo a partir de 2025.

Se deben aportar políticas y herramientas que consigan la electrificación de las edificaciones basándose en el concepto “edificio de consumo energético casi nulo”. Para ello, además de la electrificación se ha de actuar sobre la envolvente y promocionar el autoconsumo eléctrico.

Sector servicios

El sector servicios es el sector más sencillo de electrificar porque ya cuenta con un buen camino andado. El objetivo es llegar al 90% de la cobertura final de energía eléctrica.

En cuanto al objetivo de rehabilitación para este sector, proponemos un 5%, según el inventario actualmente disponible, tanto de ejecución como de licitación:

- **Hoteles, residencias, etc.** Existen más de 15.000 establecimientos de los que el 52% son hoteles.
- **Hospitales.** Hay aproximadamente 800 centros de los que el 59% son privados.
- **Oficinas.** 250.000 inmuebles destinados a oficinas y más de 70 millones de m².
- **Pequeño comercio.** 800.000 locales.
- **Centros comerciales.** 10.000 locales.



Anexos

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Anexos

Anexo 1. Energía

Tecnología de producción		Potencia						Generación					
		2019		2030				2019		2030			
				Escenario 1		Escenario 2				Escenario 1		Escenario 2	
		MW	%	MW	%	MW	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Eólica		25.799	23%	37.000	21%	50.333	31%	54.238	21%	81.030	22%	119.520	35%
Solar fotovoltaica	Centralizada	8.913	8%	22.000	13%	39.181	24%	9.240	4%	45.408	12%	70.491	20%
	Distribuida			54.000	31%					111.600	30%		
Solar térmica		2.304	2%	5.000	3%	7.300	5%	5.166	2%	10.230	3%	23.170	7%
Hidráulica (bombeo mixto)*		17.096	15%	14.609	8%	17.296	11%	24.735	9%	26.043	7%	26.043	8%
Baterías**		0	0%	2.500	1%	2.500	2%	0	0%	11.960	3%	11.960	3%
Biomasa				1.500	1%	1.408	1%			8.698	2%	10.031	3%
Biogás		1.076	1%	241	0,1%	241	0,1%	3.617	1%	1.204	0,3%	1.204	0,3%
Geotermia				30	0,02%	30	0,02%			188	0,1%	188	0,1%
Energías del mar				50	0,03%	50	0,03%			113	0,03%	113	0,03%
Residuos renovables		160	0%	240	0,1%	240	0,1%	890	0,3%	1.126	0,3%	1.126	0,3%
Bombeo puro (turbinación mixto y puro)***		3.329	3%	6.837	4%	6.837	4%	1.642	1%	2.308	1%	2.308	1%
Carbón		9.683	9%	0	0%	0	0%	12.672	5%	0	0%	0	0%
Ciclo combinado		26.284	24%	24.925	14%	26.612	17%	55.239	21%	30.651	8%	32.725	9%

Tecnología de producción	Potencia						Generación					
	2019		2030				2019		2030			
			Escenario 1		Escenario 2				Escenario 1		Escenario 2	
	MW	%	MW	%	MW	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Cogeneración	5.677	5%	3.230	2%	3.670	2%	29.614	11%	14.281	4%	15.179	4%
Fuel/gas	2.447	2%	0	0%	1.854	1%	5.696	2%	0	0%	5.071	1%
Residuos no renovables	490	0,4%	60	0,03%	341	0,2%	2.222	1%	2.208	1%	2.208	1%
Nuclear	7.117	6%	3.181	2%	3.181	2%	55.824	21%	24.952	7%	24.952	7%
	110.375		175.403		161.074		260.795		372.000		346.289	
Renovable	55.348	50%	137.170	78%	118.579	74%	97.886	38%	297.600	80%	263.846	76%
No renovable	55.027	50%	38.233	22%	42.495	26%	162.909	62%	74.400	20%	82.443	24%
TOTAL			121.403	69%					260.400	70%		
Centralizada			83.170	47%					186.000	50%		
			38.233	22%					74.400	20%		
Distribuida			54.000	31%					111.600	30%		

Notas:

- * Potencia instalada de hidráulica incluida el bombeo mixto. En generación se descuenta la estimación de turbinación de bombeo mixto.
- ** Se considera en ambos Escenarios que las baterías están instaladas en parques de generación renovable para aprovechar los vertidos de electricidad renovable.
- ** Potencia instalada de bombeo puro. En generación se tiene en cuenta la estimación de turbinación de bombeo mixto.

Tabla 15. Comparativa entre potencia instalada y estructura de generación para 2019 y 2030, según los objetivos de los Escenarios estudiados.

Fuente: [REE](#) y [PNIEC](#). Elaboración propia.

Anexo 2. Emisiones

Tecnología de producción	Emisiones						Factor de emisión					
	2019		2030				2019		2030			
			Escenario 1		Escenario 2				Escenario 1		Escenario 2	
	kt CO ₂ eq	%	kt CO ₂ eq	%	kt CO ₂ eq	%	tCO ₂ eq/MWh	%	tCO ₂ eq/MWh	%	tCO ₂ eq/MWh	%
Ciclo combinado	21.183	42%	10.541	69%	11.336	55%	0,081	42%	0,028	69%	0,033	55%
Cogeneración	11.253	23%	4.213	28%	4.555	22%	0,043	23%	0,011	26%	0,013	22%
Residuos no renovables	533	1%	530	3%	530	3%	0,002	1%	0,001	3%	0,002	3%
Carbón	12.386	25%	0	0%	0	0%	0,047	25%	0	0%	0	0%
Fuel/gas	0	0%	0	0%	3.550	17%	0	0%	0	0%	0,010	17%
Motores diésel	1.998	4%	0	0%	633	3%	0,008	4%	0	0%	0,002	3%
Turbina de gas	676	1%	0	0%	0	0%	0,003	1%	0	0%	0	0%
Turbina de vapor	1.970	4%	0	0%	0	0%	0,008	4%	0	0%	0	0%
Generación total	50.000		15.284		20.603		0,192		0,041		0,059	

Tabla 16. Comparativa emisiones generación y factor medio de emisión totales y por tecnología de producción para 2019 y 2030, según los objetivos de los Escenarios estudiados.

Fuente: [REE](#) y [PNIEC](#). Elaboración propia.



Anexo 3. Bombas de calor

Eficiencia energética de las bombas de calor eléctricas

Como se ha comentado anteriormente, la eficiencia de una bomba de calor se mide a través de su coeficiente de prestación (COP). Este coeficiente se calcula como la relación existente entre la energía térmica cedida por el sistema (Q) y la energía absorbida por el compresor (W) en unas condiciones específicas de temperatura y con la unidad a plena carga. En una máquina reversible existirán dos coeficientes, uno por cada modo de funcionamiento, así se tiene el llamado COP para cuando funciona en modo calefacción y el EER (potencia frigorífica) cuando lo hace en modo refrigeración.

$$COP = \frac{Q}{W} = \frac{Q_c}{Q_c - Q_f} = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

$$EER = \frac{Q}{W} = \frac{Q_f}{Q_f - Q_c} = \frac{T_f}{T_f - T_c}$$

Es necesario definir el concepto de **rendimiento medio estacional (SPF)**, ya que el rendimiento en condiciones de funcionamiento para las bombas de calor varía en función de las condiciones del foco caliente y del foco frío. El SPF se calcula aplicando al $COP_{nominal}$ un factor de ponderación (FP) y otro de corrección (FC).

$$SPF = COP_{nominal} * F_p * F_c$$

Para considerar que la energía procedente de las bombas de calor se considere renovable, se tiene que cumplir que: $SPF > 2,5$. Este rendimiento se calcula a través del $COP_{nominal}$, en función de la zona climática y la temperatura de distribución (entre 35°C y 60°C). El IDAE facilita diferentes tablas con los COP mínimos que debe tener una bomba de calor para que se considere renovable según los parámetros mencionados y la aplicación. Se muestra un ejemplo a temperatura de distribución de 60°C.



Fuente Energética de la bomba de calor	COP mínimo para calefacción y/o ACS a 60°C				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica Equipos centralizados	5,23	5,66	5,66	6,08	6,08
Energía Aerotérmica Equipos individuales tipo split	6,89	6,66	6,66	7,12	7,12
Energía Hidrotérmica	4,59	4,75	4,92	5,30	5,66
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	4,35	4,49	4,70	5,04	5,37
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	3,66	3,69	3,86	4,09	4,40
Energía Geotérmica de circuito abierto	3,47	3,50	3,69	3,90	4,17

Tabla 17. COP mínimo necesario para consideración renovable con temperatura de distribución a 60°C en función de la aplicación y la zona climática.

Fuente: [IDAE](#). [43]

Además de elegir bombas de calor con un alto COP, el mínimo según lo expuesto anteriormente, también se deben escoger aquellas que cuenten con **tecnología inverter**, y en los casos en que también realicen la función de ventilación, las que incorporen **sondas de CO₂**.

Los equipos en los que su compresor funciona con tecnología *inverter* trabajan siempre a velocidad constante, haciéndolos más eficientes, por lo que presentan un mayor ahorro energético (hasta el 40%) y confort (son más silenciosos). Esto es debido a que el compresor incorpora un variador de frecuencia que regula su velocidad de funcionamiento, y por consiguiente su potencia, en función de si se acerca a la temperatura de consigna de las estancias, evitando así los continuos arranques y paradas, así como el funcionamiento a plena carga cada vez que se accione la bomba de calor. Esta tecnología repercute también en un aumento de la vida útil del equipo, gracias al no funcionar con el método todo/nada. Es debido a esta forma de funcionamiento por lo que es importante mantener una temperatura de consigna adecuada en todo momento.

En el caso de los equipos de bombas de calor que incorporen la función de ventilación, es importante elegir aquellos que cuenten con **sondas de CO₂**. La cantidad de aire primaria que los equipos proporcionan al interior del edificio viene determinada en sus condiciones de diseño según los criterios establecidos por el CTE, por lo que se trata de un valor teórico. Es más eficiente adaptar la ventilación a las necesidades reales que tiene el edificio, y para ello se utilizan sondas que miden el nivel o concentración de CO₂ existente, de forma que el porcentaje de apertura de las compuertas depende de



la concentración medida por esas sodas, lo que permite optimizar y reducir el número de renovaciones de aire diarias.

Por otro lado, el SPF también depende del **factor de ponderación**, que tiene en cuenta la zona climática que marca el **Código Técnico de Edificación (CTE)**, y se ha calculado a través de una metodología exclusivamente técnica (IDAE). A su vez, el **factor de corrección** tiene en cuenta la diferencia entre la temperatura de distribución o uso y la temperatura para la cual se ha obtenido el COP en el ensayo.

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

Tabla 18. Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de calor en función de las fuentes energéticas, según la zona climática.

Fuente: [IDAE](#).

Tª de condensación (°C)	Factor de Corrección (FC)					
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

Tabla 19. Factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP.

Fuente: [IDAE](#).



Tipos de bombas de calor eléctricas

Se clasifican en función de la fuente de la que toman el calor y a la que se lo ceden, existiendo:

- **Aire – aire:** las más extendidas debido a la disponibilidad de las fuentes. Toman calor del aire exterior y lo ceden al caudal de recirculación del aire de la zona a calefactar.
- **Aire – agua:** toman el calor del aire exterior y se lo ceden al agua de circulación de una instalación de calefacción por agua.
- **Agua – aire:** toman el calor de una corriente de agua: un río cercano o una corriente subterránea y se lo ceden al aire del local a calefactar.
- **Agua – agua:** toman el calor de una corriente de agua y se lo ceden al agua de una instalación de calefacción.
- **Tierra – aire y Tierra – agua:** estas bombas de calor son las mismas que las anteriores de agua. La diferencia estriba en que en estas el agua no es la fuente de calor, sino que es un fluido auxiliar para tomar el calor del terreno, cuya temperatura a poca profundidad permanece prácticamente constante. Son las bombas de calor que se utilizan en las instalaciones de calefacción llamadas **geotérmicas**.



Índice de figuras y tablas

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Índice de figuras y tablas

Índice de figuras

<i>Figura 1. Variación de las diferentes emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, otros gases de GEI y derivados del uso del suelo) y aumento de la temperatura terrestre evaluado en los diferentes Escenarios del nuevo informe del IPCC. Fuente: AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2. Consumo global de energía primaria, 2019. Fuente: BP Statistical Review 2020. Elaboración propia.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3. Demanda total de energía primaria por sectores, 2018. Fuente: World Energy Outlook 2019</i>	<i>20</i>
<i>Figura 4. Grado de dependencia de los combustibles fósiles en la UE-27, 2019. (% combustibles fósiles sobre energía bruta disponible). Fuente: Eurostat.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Consumo final total de España por fuente y sector, 2019. Fuente: IEA</i>	<i>22</i>
<i>Figura 6. Evolución capacidad renovable España, 2010-2019. Fuente: IRENA. [9].....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 7. Ahorro energético y económico combustibles fósiles, 2011-2019. Fuente: APPA Renovables. Elaboración propia.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8. Consumo de energía final por fuente de energía en España, 2019. Fuente: Statista. Business Data Platform.[17] Elaboración propia.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 9. Evolución electrificación de la demanda en España, periodo 2010-2019. Fuente: Libro de la Energía en España 2018, MITECO.[18] Elaboración propia.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 10. Evolución del consumo de energía final y eléctrica en España, periodo 2011-2019. Fuente: Libro de la Energía en España 2018, MITECO. Elaboración propia.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11. Consumo de energía eléctrica final en comparación con el consumo total para cada sector en 2019. Fuente IDAE. Elaboración propia.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 12. Mapas reducción contaminación NOx. Comparación marzo 2019 y marzo 2020. Fuente: Ecologistas en Acción. Informe "Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España". [22]</i>	<i>39</i>
<i>Figura 13. Evolución emisiones por actividades en el periodo 1990-2019 en España. Fuente: Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero.[24] Elaboración propia.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 14. Evolución de la variación interanual de emisiones totales por actividades durante el periodo 1990-2019 en España. Fuente: Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero. Elaboración propia</i>	<i>44</i>
<i>Figura 15. Evolución porcentaje anual del PIB y el porcentaje de variación interanual de emisiones desde 1990 hasta 2019 en España. Fuente INE [25] e Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero. Elaboración propia.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 16. Evolución consumo de energía primaria por fuente de energía en base al PCI para el período 1990-2019 en España. Fuente: Libro de la Energía en España, Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero. Elaboración propia</i>	<i>46</i>



<i>Figura 17. Evolución del consumo de energía primaria y sus emisiones asociadas desde 1990 a 2019 en España. Fuente: Libro de la Energía en España, Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero. Elaboración propia.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 18. Evolución consumo de energía primaria en base al PCI y grado de dependencia energética para el período 1990-2019 en España. Fuente: Libro de la Energía en España, Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero y Eurostat. Elaboración propia.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 19. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI para el periodo 1990-2019 en España. Fuente: IDAE. Elaboración propia.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 20. Evolución desde 1995 hasta 2019 de la intensidad de la energía primaria en España. Fuente INE. Elaboración propia.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 21. Evolución consumo energía final por sector en base al PCI para el periodo 1990-2019 en España. Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 22. Evolución anual del PIB a precios de mercado según sectores para el periodo 1990-2019 en España. Fuente INE. Elaboración propia.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 23. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector transporte en España para el periodo 1990-2019. Fuente: IDAE. Elaboración propia.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 24. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector secundario en España para el periodo 1990-2019. Fuente: IDAE. Elaboración propia.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 25. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector residencial en España para el periodo 1990-2019. Fuente: IDAE. Elaboración propia.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 26. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector terciario en España para el periodo 1990-2019. Fuente: IDAE. Elaboración propia.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 27. Evolución consumo energía final por fuente y vector en base al PCI en el sector primario en España para el periodo 1990-2019. Fuente: IDAE. Elaboración propia.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 28. Evolución consumo de energía primaria y emisiones brutas por fuente según el Escenario 1. Fuente: IDAE Elaboración propia.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 29. Evolución de la demanda de energía final en función de las distintas fuentes y vectores energéticos según el Escenario 1. Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 30. Variación del mix de cobertura de los distintos sectores por fuentes de energía, expresados en porcentaje para 2019-2030. EERR no eléctricas: biomasa, solar térmica, biogás, biocarburantes y geotermia. Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 31. Evolución potencia instalada renovable y no renovable periodo 2010-2019. Fuente: Statista. Elaboración propia.</i>	<i>61</i>



<i>Figura 32. Evolución generación renovable y no renovable periodo 2010-2019. Fuente: REE.[28] Elaboración propia.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 33. Comparativa potencia instalada en 2019 y objetivos 2030 Escenario 1. Fuente REE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 34. Comparativa estructura generación en 2019 y objetivos 2030 Escenario 1. Fuente REE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 35. Comparativa emisiones generación y factor de emisión 2019 y objetivos 2030 Escenario 1. Fuente: REE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 36. Reparto modal del transporte nacional de viajeros y mercancías para el año 2019 en España. Fuente OTLE. [29]Elaboración propia.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 37. Descripción gráfica detallada de la red ferroviaria española. Fuente: Anuario estadístico 2019 MITMA. [32]</i>	<i>67</i>
<i>Figura 38. Energía almacenada en las baterías de los vehículos eléctricos reservada para realizar servicios V2G. Elaboración propia.</i>	<i>69</i>
<i>Figura 39. Distribución consumo de energía final por fuentes de energía y vectores energéticos 2019 y objetivo 2030 Escenario 1, sector industrial. Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 40. Distribución por fuente de energía renovable no eléctrica en el consumo final del sector industrial (2019). Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 41. Consumo energético por ramas del sector industrial (2019). Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 42. Tasa de electrificación de la demanda ramas del sector industrial (2019). Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 43. Distribución del consumo de energía en 2019 para calefacción según tipología de vivienda y tipo de sistemas. EERR no eléctricas: biomasa, geotermia y solar térmica. Fuente: ERESEE. Elaboración propia.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 44. Consumos medios por vivienda en calefacción según tipologías, sistemas y equipos. (MWh anuales) 2020. Fuente: MITMA e IDAE.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 45. Evolución de la distribución del consumo de energía final en función de las fuentes y vectores energéticos en España respecto a 2019 del Escenario 1 a 2030. EERR no eléctricas: biomasa, geotermia y solar térmica. Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 46. Distribución del consumo de energía en 2019 y tendencial a 2030 según el Escenario 1, para calefacción por fuentes y vectores energéticos, según tipología de vivienda. Otros: geotermia, solar térmica y biocombustibles. Fuente: ERESEE. Elaboración propia.</i>	<i>80</i>
<i>Figura 47. Distribución del consumo de energía en 2019 y tendencial a 2030 según el Escenario 1, para ACS por fuentes y vectores energéticos, según tipología de vivienda. Otros: geotermia y solar térmica. Fuente: ERESEE. Elaboración propia.</i>	<i>81</i>



<i>Figura 48. Consumo de energía final (en ktep) en el sector servicios por fuentes y vectores energéticos en 2019. Fuente: IDAE. EERR: solar térmica y geotermia. Elaboración propia.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 49. Cobertura de la demanda en el sector servicios en 2019 y tendencial a 2030 según el Escenario 1. EERR no eléctricas: solar térmica y geotermia. Fuente: IDAE. Elaboración propia.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 50. Evolución de las emisiones de CO₂ eq por sector según el Escenario 2. Fuente: PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 51. Evolución de la demanda de energía final en función de las distintas fuente y vectores energéticos según el Escenario 2. Fuente: IDAE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>86</i>
<i>Figura 52. Comparativa potencia instalada en 2019 y objetivos 2030 Escenario 2. Fuente REE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 53. Comparativa estructura de generación en 2019 y objetivos 2030 Escenario 2. Fuente: REE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 54. Comparativa emisiones generación y factor de emisión 2019 y objetivos 2030 Escenario 2. Fuente: REE y PNIEC. Elaboración propia.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 55. Evolución del consumo de energía final en el sector transporte desde 2019 a 2030 según el Escenario 2. Fuente: PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>90</i>
<i>Figura 56. Evolución del consumo de energía final en el sector industrial desde 2019 a 2030 según el Escenario 2. Fuente: PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 57. Evolución consumo energía final en función de las diferentes fuentes y vectores energéticos sector residencial, Escenario 2. Fuente: IDAE y PNIEC. Elaboración propia.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 58. Evolución del consumo energía final diferentes usos del sector residencial desde 2019 a 2030 según el escenario 2. Fuente: ERESEE. Elaboración propia.</i>	<i>94</i>
<i>Figura 59. Evolución del consumo de energía en el sector servicios desde 2019 a 2030 según el Escenario 2. Fuente: PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>96</i>
<i>Figura 60. Consumo de energía final por fuente y vector energético y emisiones totales para los Escenarios 1 y 2.a 2030. Fuente: PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>98</i>
<i>Figura 61. Comparativa potencia instalada en 2030 Escenario 1 y Escenario 2. Fuente REE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 62. Comparativa estructura generación en 2030 Escenario 1 y Escenario 2. Fuente: REE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 63. Comparativa emisiones generación y factor de emisión a 2030 Escenario 1 y Escenario 2. Fuente REE. Elaboración propia.</i>	<i>102</i>
<i>Figura 64. Comparativo reducción de emisiones en el sector transporte a 2030 según el Escenario 1 y 2. Fuente PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>103</i>
<i>Figura 65. Propuesta puntos de recarga públicos Escenario 1 y 2. Fuente: ANFAC y FACONAUTO. Elaboración propia.....</i>	<i>104</i>



<i>Figura 66. Comparación del consumo de energía final en el sector industrial Escenario 1 y Escenario 2. Fuente: PNIEC. Elaboración propia.</i>	105
<i>Figura 67. Comparativa del consumo energía final en función de las diferentes fuentes y vectores energéticos sector residencial, según Escenario 1 y Escenario 2 a 2030. Fuente: IDAE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	106
<i>Figura 68. Comparación objetivos de consumo final por fuentes y vectores energéticos en el sector servicios a horizonte 2030, Escenario 1 y Escenario 2. Fuente: PNIEC. Elaboración propia.</i>	108

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Ciudades con mayor grado de contaminación en España en la actualidad. Fuente: Ecologistas en Acción. Informe "Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España".</i>	40
<i>Tabla 2. Comparación potencia instalada y estructura generación 2019 y objetivos 2030 Escenario 1. Fuente: PNIEC. Elaboración propia.</i>	62
<i>Tabla 3. Objetivo electrificación y reducción de emisiones en el Escenario 1 para el sector transporte. Elaboración propia.</i>	66
<i>Tabla 4. Propuesta H₂ Escenario 1. Elaboración propia.</i>	73
<i>Tabla 5. Distribución por fuente o vector energético del consumo de energía final del sector residencial en 2019. Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	76
<i>Tabla 6. Distribución del consumo (en ktep) en función de las necesidades energéticas por fuente o vector energético, del sector residencial en 2019. EERR no eléctricas: biomasa, geotermia y solar térmica. Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	76
<i>Tabla 7. Distribución del consumo de energía en Ktep para calefacción según tipología de vivienda y tipo de sistemas en 2019. Fuente: ERESEE. Elaboración propia.</i>	77
<i>Tabla 8. Consumo de energía final (en ktep) en función de las ramas del sector servicios y de las fuentes y vectores energéticos en 2019. Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	82
<i>Tabla 9. Comparación potencia instalada y estructura generación 2019 y objetivos 2030 escenario 2. Elaboración propia.</i>	87
<i>Tabla 10. Consumo de energía final sector residencial (ktep), excluidos usos no energéticos escenario 1. Fuente: El sector residencial y la financiación en la ERESEE 2020, MITMA. Elaboración propia.</i>	94
<i>Tabla 11. Ahorro de energía final sector residencial (ktep), excluidos usos no energéticos Escenario 1. Fuente: El sector residencial y la financiación en la ERESEE 2020, MITMA. Elaboración propia.</i>	95
<i>Tabla 12. Objetivos de electrificación de la demanda por sectores en ambos escenarios para 2030. Fuente: IDAE. Elaboración propia.</i>	99



<i>Tabla 13. Comparativa resumen de los objetivos marcados en ambos Escenarios con respecto 2019. Fuente PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 14. Comparativa potencia instalada y estructura de generación 2030, Escenario 1 y Escenario 2. Fuente: PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 15. Comparativa entre potencia instalada y estructura de generación para 2019 y 2030, según los objetivos de los Escenarios estudiados. Fuente: REE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 16. Comparativa emisiones generación y factor medio de emisión totales y por tecnología de producción para 2019 y 2030, según los objetivos de los Escenarios estudiados. Fuente: REE y PNIEC. Elaboración propia.</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 17. COP mínimo necesario para consideración renovable con temperatura de distribución a 60°C en función de la aplicación y la zona climática. Fuente: IDAE. [43]</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 18. Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de calor en función de las fuentes energéticas, según la zona climática. Fuente: IDAE.</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 19. Factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP. Fuente: IDAE.</i>	<i>123</i>



Bibliografía

La electrificación de la demanda para el cumplimiento del Acuerdo de París. La electricidad como principal aliada en la lucha contra el cambio climático. Análisis de escenarios y hoja de ruta



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Bibliografía

- [1] IPCC, «Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen», *Cambridge Univ. Press*, n.º In Press, p. 3949, 2021, [En línea]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf.
- [2] BP, «Statistical Review of World Energy globally consistent data on world energy markets . and authoritative publications in the field of energy», *BP Energy Outlook 2021*, vol. 70, pp. 8-20, 2021.
- [3] L. Cozzi *et al.*, «World Energy Outlook 2020», vol. 2050, n.º October, pp. 1-461, 2020, [En línea]. Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-outlook-2020_557a761b-en.
- [4] Enerdata, «Datos sobre la producción de carbón y lignito », 2021. <https://datos.enerdata.net/carbon-lignito/produccion-carbon.html> (accedido dic. 02, 2021).
- [5] Eurostat, «Página web oficial». <https://ec.europa.eu/eurostat> (accedido dic. 02, 2021).
- [6] REE, «Avance del Informe del Sistema Eléctrico Español», *Red Eléctrica España*, n.º Enero, p. 36, 2020, [En línea]. Disponible en: https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2020/Avance_ISE_2019.pdf.
- [7] REE, «Informe del Sistema Eléctrico Español 2020», *Red Eléctrica España*, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/glosario>.
- [8] International Energy Agency, «Energy Policy Review Spain 2021», 2021, [En línea]. Disponible en: www.iea.org/t&c/.
- [9] International Renewable Energy Agency (IRENA), «RENEWABLE CAPACITY STATISTICS 2020», 2020.
- [10] APPA RENOVABLES, «Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España», p. 2019, 2019.



- [11] Comisión Europea, «El Pacto Verde Europeo», *Comun. la Com. al Parlam. Eur. al Cons. Eur. al Cons. al Com. Económico y Soc. Eur. y al Com. las Reg.*, p. 28, 2019.
- [12] Comisión Europea, «“Objetivo 55”: cumplimiento del objetivo climático de la UE para 2030 en el camino hacia la neutralidad climática», 2021.
- [13] Parlamento y Consejo de la Unión Europea, «Reglamento UE 2018/1999 sobre la la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima», *D. Of. la Unión Eur.*, vol. 2018, n.º 354, pp. 22-61, 2018.
- [14] Gobierno de España, «Plan Nacional de Energía y Clima (España)», pp. 1-8, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://energia.gob.es/es-es/Participacion/Paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=236>.
- [15] Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico, «Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050», *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, n.º 9, pp. 1689-1699, 2013.
- [16] «Asamblea Ciudadana para el Clima». <https://asambleaciudadanadelcambioclimatico.es/> (accedido nov. 11, 2021).
- [17] Statista, «Consumo energético final en España por fuente de energía », 2019. <https://es.statista.com/estadisticas/990550/consumo-de-energia-final-por-tipo-de-energia-espana/> (accedido dic. 02, 2021).
- [18] MITECO, «La Energía en España», *Catálogo Publicaciones la Adm. Gen. del Estado*, p. 290, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://cpage.mpr.gob.es>.
- [19] IDAE, «Balance del Consumo de energía final». <https://sieeweb.idae.es/consumofinal/> (accedido dic. 02, 2021).
- [20] ABC motor, «El Covid-19 hace que la contaminación del aire caiga hasta un 83% en España», 2020. https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-covid-19-hace-contaminacion-aire-caiga-hasta-83-por-ciento-espana-202003241346_noticia.html (accedido dic. 02, 2021).
- [21] «Agencia Espacial Europea - España». https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain (accedido dic. 02, 2021).
- [22] Ecologistas en Acción, *Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España*. 2020.
- [23] MITECO, «La calidad del aire en las ciudades españolas mejoró el año pasado



hasta niveles récord.», 2020.

- [24] MITECO, «Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero», 2021.
- [25] «INE. Instituto Nacional de Estadística». <https://www.ine.es/index.htm> (accedido dic. 02, 2021).
- [26] U. D. P. UNEP, *Informe sobre la Brecha de Emisiones 2021*. 2021.
- [27] REE, «Las Energías Renovables en el Sistema Eléctrico Español», 2019.
- [28] Red Eléctrica de España, «REData - Evolucion renovable no renovable ». <https://www.ree.es/es/datos/generacion/evolucion-renovable-no-renovable> (accedido dic. 02, 2021).
- [29] Observatorio del transporte y la logística en España, «Movilidad». <https://observatoriotransporte.mitma.gob.es/movilidad> (accedido dic. 02, 2021).
- [30] European Environment Agency, «Spain: Air pollution country fact sheet», 2020. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/country-fact-sheets/2020-country-fact-sheets/spain> (accedido dic. 02, 2021).
- [31] ADIF, «Declaración sobre la Red», 2021.
- [32] Ministerio de Fomento, «Transporte por Ferrocarril», *Anu. estadístico 2013*, 2014.
- [33] EV Database, «Useable battery capacity of full electric vehicles cheatsheet ». <https://ev-database.org/cheatsheet/useable-battery-capacity-electric-car> (accedido dic. 02, 2021).
- [34] K. Uddin, T. Jackson, W. D. Widanage, G. Chouchelamane, P. A. Jennings, y J. Marco, «On the possibility of extending the lifetime of lithium-ion batteries through optimal V2G facilitated by an integrated vehicle and smart-grid system», *Energy*, vol. 133, pp. 710-722, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.04.116.
- [35] Observatorio Tecnológico, «El hidrógeno verde como estrategia de descarbonización de la industria cerámica», 2021. <https://observatoriotecnologicoceramico.es/hidrogeno-verde-descarbonizacion-industria-ceramica/> (accedido dic. 02, 2021).



- 
- [36] Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. Gobierno de España, «ERESEE 2020. Update of the long-term Strategy for Energy Rehabilitation in the Building Sector in Spain», p. 376, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://www.mitma.es/el-ministerio/planes-estrategicos/estrategia-a-largo-plazo-para-la-rehabilitacion-energetica-en-el-sector-de-la-edificacion-en-espana>.
- [37] ANFAC, «Mapa de Infraestructuras de Recarga de Acceso Público en España Introducción».
- [38] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), «Hoja de ruta del hidrógeno: una apuesta renovable», oct. 2020. https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutahidrogenorenovable_tcm30-525000.PDF.





FUNDACIÓN
RENOVABLES

Pedro Heredia 8, 2º Derecha
28028 Madrid

www.fundacionrenovables.org

