

Un modelo energético sostenible para España en 2050

Recomendaciones de política energética para la transición

Alberto Amores González

Socio de Monitor Deloitte

Introducción

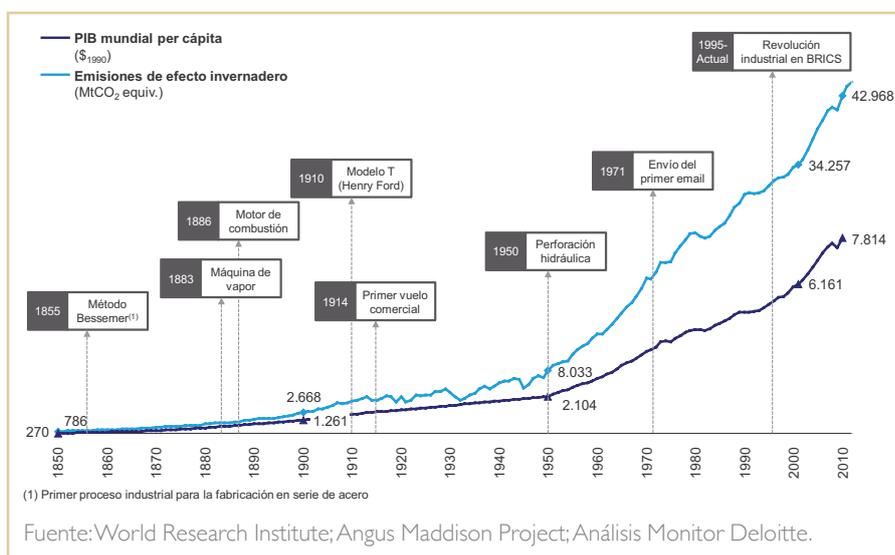
Con motivo de la celebración en diciembre de 2016 de la Conferencia de las Partes de París (COP21), la firma de Consultoría Estratégica Monitor Deloitte publicó su estudio “Un modelo energético sostenible para España en 2050: Recomendaciones de Política Energética para la transición”. Este estudio, que se presenta resumido en este artículo, pretende analizar las consecuencias para la economía española y para los sectores energéticos derivadas del cumplimiento de los objetivos de reducción a 2050 de los gases de efecto invernadero que la Unión Europea ya formuló en 2011 y que fueron ratificados en la mencionada COP21.

La lucha contra el cambio climático

La reducción de emisiones es un reto global

Las emisiones GEI, tales como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) o los óxidos de nitrógeno (NOx), han acompañado al desarrollo tecnológico y económico; sin embar-

Figura 1. Evolución histórica de las emisiones GEI y relación con crecimiento del PIB



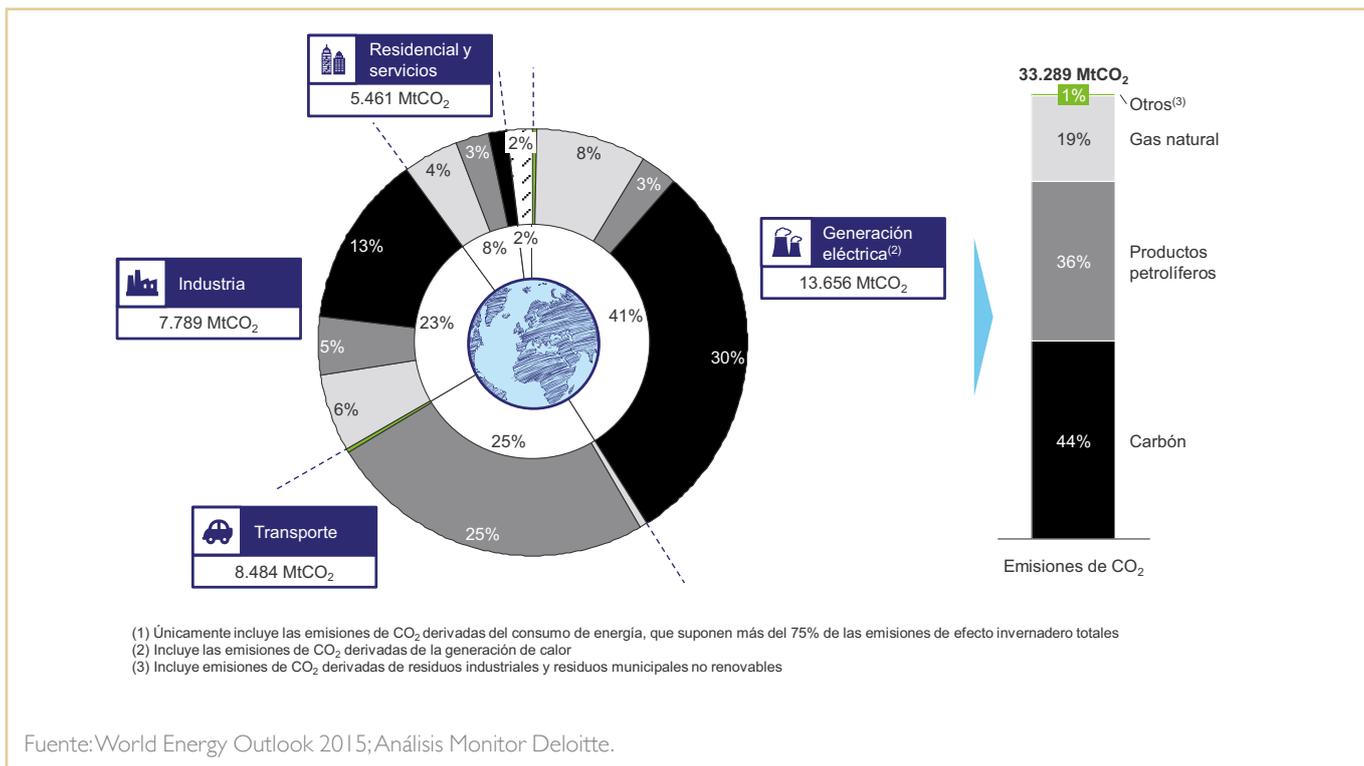
go hasta hace relativamente poco tiempo no se había prestado atención a su potencial impacto en nuestro medioambiente. Entre 1995 y 2013, las emisiones GEI han aumentado más de un 25%¹ y, según la opinión más extendida en la comunidad científica, en ausencia de una acción global y urgente, el

cambio climático tendrá impactos severos e irreversibles a nivel global.

Uno de los grandes retos de nuestra sociedad en lucha contra el cambio climático será desacoplar las emisiones GEI y el crecimiento económico (ver figura 1).

¹ Fuente IEA: Energy and Climate Change.

Figura 2. Emisiones de CO₂ ⁽¹⁾ derivadas del consumo de energía en el mundo en 2013 desglosadas por tipo de combustible y por segmento de consumo



Uno de los factores más importantes de esta correlación es el uso de combustibles fósiles (principalmente carbón, petróleo y gas natural) para la obtención de energía, como pilar del desarrollo económico moderno hasta finales del siglo XX. Esto se ha debido fundamentalmente a:

- Su elevado poder calorífico en comparación con el combustible sustituido, que era principalmente madera y biomasa.
- Su disponibilidad en la mayoría de los países occidentales o la accesibilidad desde

estos, así como la relativa facilidad de extracción, que han supuesto un bajo coste para los consumidores.

- La capacidad de transportarlos en grandes cantidades a bajo coste y sin pérdidas significativas de energía.
- La facilidad de almacenamiento, que permite garantizar el suministro energético.

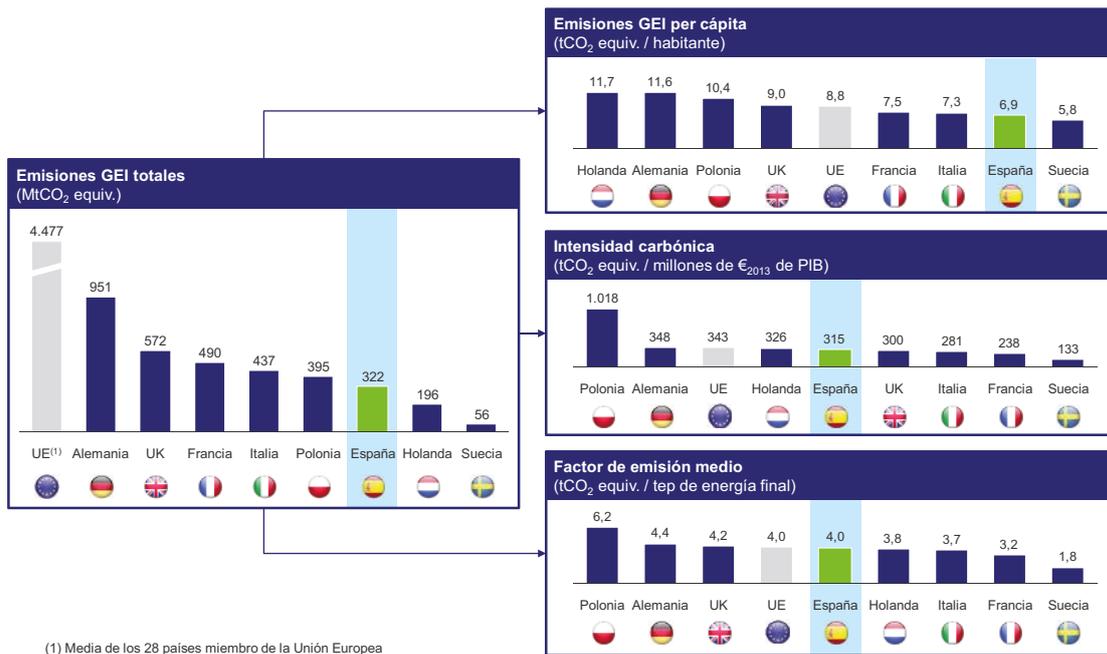
En 2013, el mundo consumía anualmente un total de 9.120 Mtep de energía final y emitía alrededor de 33.000 MtCO₂ (ver Figura 2).

El carbón, los derivados del petróleo y el gas natural son los principales causantes de estas emisiones. Estos combustibles están presentes prácticamente en todos los sectores económicos en mayor o menor medida, lo que indica que será necesario un cambio de los patrones de producción y consumo de energía en todos los sectores económicos para poder alcanzar la neutralidad en emisiones.

Según la opinión más extendida en la comunidad científica, ya existen efectos de las emisiones GEI sobre nuestro medioambiente. Se estima₂ que el límite de emisio-

² Estimación realizada por Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), órgano científico creado en 1988 auspiciado por las Naciones Unidas, cuyo principal objetivo es examinar y evaluar toda la bibliografía sobre el cambio climático y ofrecer información acerca de sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.

Figura 3. Comparativa de ratios de emisiones GEI entre los principales países europeos en 2013



Fuente: Eurostat; Fondo Monetario Internacional; Análisis Monitor Deloitte.

nes acumuladas en la atmósfera para evitar un calentamiento global superior a 2° C sobre el nivel preindustrial, valor a partir del cual existe un elevado riesgo de cambios climáticos irreversibles, es de un 1 billón de toneladas de CO₂. Las estimaciones más optimistas indican que el mundo ha emitido aproximadamente la mitad de este límite (en 2011 se habían emitido 0,52 billones de tCO₂) y que éste será superado en 2040 si el mundo sigue emitiendo al ritmo actual.

El Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático incluye el compromiso de las partes firmantes para contener el incremento de la temperatura de

la Tierra “muy por debajo de los 2°C” con respecto al nivel preindustrial, y esforzarse para limitarlo en 1,5°C, así como alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050 y 2100. Pese a que no es jurídicamente vinculante, las partes alcanzaron un acuerdo para preparar, comunicar y mantener contribuciones nacionales en el futuro, poniendo en marcha medidas para la consecución del objetivo global planteado.

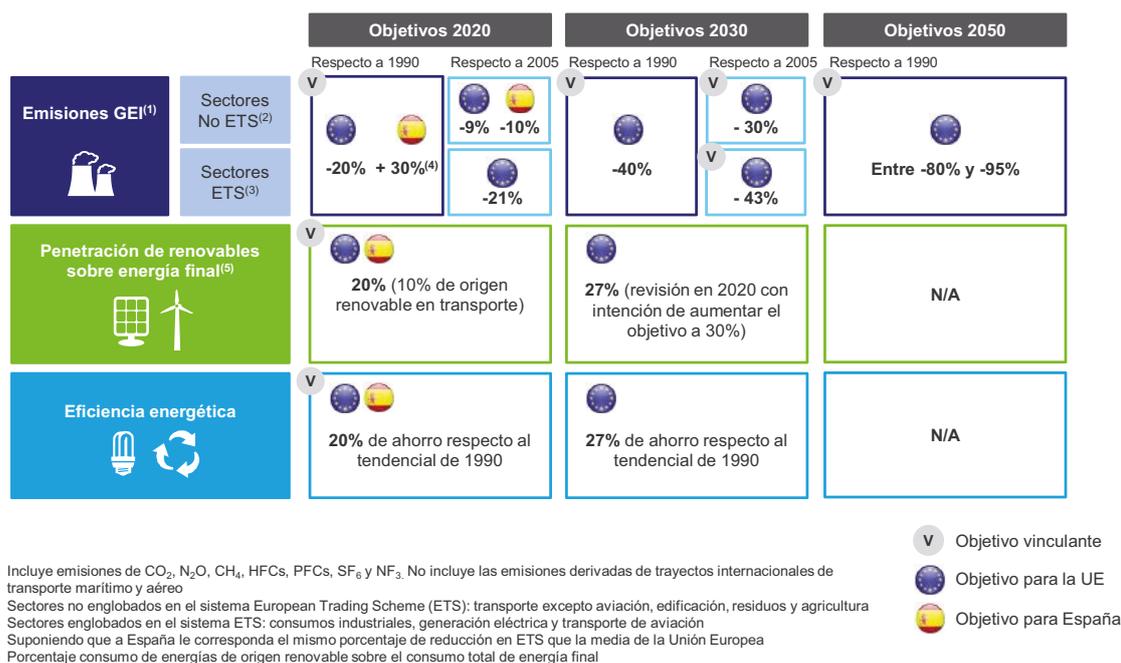
La Unión Europea ha liderado las políticas de descarbonización

La Unión Europea emitió en 2013 4.477 MtCO₂ (ver Figura 3). Dentro de los países con mayor PIB de Europa, Alemania es el país con más emisiones en valor absoluto y Polonia es el país con mayores emisiones

en valor relativo a su consumo energético o su PIB. España se encuentra en la media (emisiones por energía final y emisiones por unidad de PIB) o por debajo de la media europea (emisiones per cápita).

La Unión Europea ya ha establecido unos ambiciosos objetivos de reducción de emisiones GEI para que en 2050 su economía no dependa, o lo haga en menor medida, del consumo energético proveniente de fuentes emisoras de GEI. Este objetivo se ha definido como la reducción de las emisiones GEI para el año 2050 entre un 80 y un 95% con respecto a las emisiones del año 1990. Para alcanzar este objetivo, la Unión Europea ha desarrollado un conjunto de políticas de referencia e hitos intermedios para la descarbonización, en particular:

Figura 4. Análisis de los objetivos medioambientales de la Unión Europea: 2020, 2030 y 2050



Fuente: Comisión Europea; Análisis Monitor Deloitte.

- Paquete de Energía y Cambio Climático 2013-2020, que sentó las bases para dar cumplimiento a los compromisos en materia de cambio climático y energía asumidos por el Consejo Europeo en 2007 e incluyó como objetivos para 2020: reducir las emisiones GEI al menos en un 20% respecto de los niveles de 1990, cubrir el 20% del consumo de energía final con energías renovables y reducir en un 20% el consumo de energía primaria.
- Marco 2030, adoptado en 2014 para dar continuidad al anterior Paquete de Energía y Cambio Climático, e incluyendo un objetivo vinculante de reducción de las emisiones GEI en un 40%, con respecto a los niveles de 1990. Adicionalmente, propuso otro objetivo vinculante de au-

mento de energías renovables a "por lo menos el 27%", aunque este objetivo no se trasladaría a objetivos jurídicamente vinculantes para los Estados miembros de la UE. Asimismo, se estableció otro objetivo de eficiencia energética del 27%.

- Hoja de Ruta 2050, presentada en 2011, que estableció que, en 2050 la UE deberá reducir sus emisiones entre un 80% y un 95% por debajo de los niveles de 1990, a través de reducciones en su ámbito geográfico.

En el marco de la cumbre de París, la Unión Europea trasladó a la comunidad internacional la confirmación de su objetivo de reducir en un 40% sus emisiones GEI en el horizonte 2030.

España ha realizado un esfuerzo importante para cumplir sus compromisos para 2020

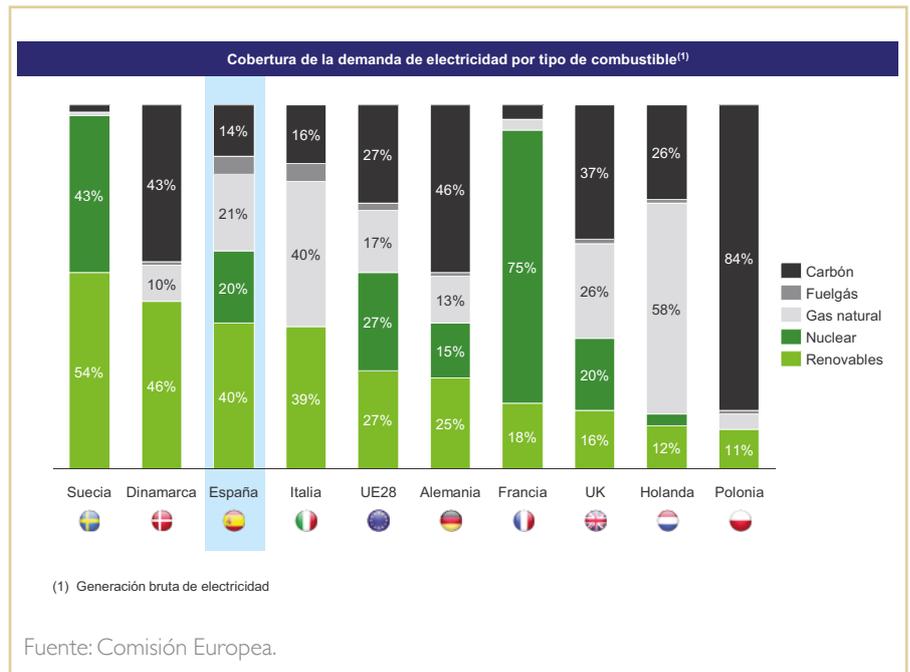
España, junto con el resto de Estados miembro de la Unión Europea, participa activamente en la lucha contra el cambio climático a través de las reuniones anuales de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Como miembro de la Unión Europea contribuye al cumplimiento de los objetivos europeos de acuerdo a las trasposiciones de estos objetivos a España (ver Figura 4).

La trasposición de los objetivos 2020 para España resultó en un objetivo de no incrementar las emisiones GEI más de un 30%

tomando como referencia el año 1990. España se encuentra en la senda de cumplir los objetivos de 2020, si bien el objetivo de penetración de energías renovables sobre energía final requerirá un esfuerzo adicional para asegurar su cumplimiento. El avance en el cumplimiento de los objetivos se ha realizado básicamente gracias al desarrollo de la generación renovable eléctrica y por la crisis económica que ha contraído el consumo de energía, no por cambio estructural en el consumo de energía final.

En lo que al *mix* de generación se refiere, la política energética española de los últimos años ha llevado a diferencias importantes respecto al habitual en la Unión Europea: baja penetración del carbón (particularmente, frente a países conocidos por su apoyo a las renovables, como Alemania o Dinamarca) y una penetración de renovables por encima de la media europea y de todos los países comparables por población y tamaño (Ver Figura 5).

Figura 5. Comparación de la penetración de renovables entre los principales países de la UE en el año 2013



Las emisiones GEI en España en 2013

España emitió 322 MtCO₂ de emisiones GEI en el año 2013, de las cuales 240 millones provinieron de emisiones derivadas de usos energéticos y los 82 millones restantes correspondieron a otros usos no energéticos³.

La mayor parte de las actuales emisiones GEI de usos energéticos en España (ver Figura 6) son generadas por el uso de derivados del petróleo (55% del total de emisiones) y están especialmente vinculadas al transporte por carretera (31% del total de emisiones). El gas natural es el segundo

combustible con más emisiones GEI (26% de las emisiones de origen energético), que están principalmente relacionadas con su uso en la industria y en la generación de energía eléctrica (13% y 5% respectivamente del total de las emisiones de origen energético). Por último, el carbón (19% de las emisiones GEI) es utilizado básicamente en la producción de energía eléctrica (16% de las emisiones GEI totales).

La aplicación a España del compromiso de reducción entre el 80% y 95% de emisiones GEI para 2050 –tomando como base la actual matriz de emisiones por energía final y sector de actividad de la economía española– significaría que las emisiones totales, usos

energéticos y no energéticos, se tendrían que reducir a 14-88 MtCO₂ equivalentes (ver Figura 7). A la vista de las emisiones por sector en 2013, incluso para llegar a cumplir el límite máximo de emisiones indicado, independientemente de los compromisos concretos que finalmente vinculen a España, los usos energéticos y no energéticos tendrían que reducir sus emisiones GEI de un modo muy significativo. A pesar de que este análisis se centra en los usos energéticos, es importante resaltar que España tiene que compensar la acumulación de emisiones en la atmósfera mediante el desarrollo de sumideros que contribuyan a disminuir el CO₂ en la atmósfera, por ejemplo mediante formaciones vegetales o la lucha contra la deforestación.

³ Usos no energéticos de los combustibles (por ejemplo fabricación de plásticos), emisiones del sector agrícola y ganadero, usos del suelo y silvicultura y residuos. En este estudio no se han analizado los posibles mecanismos para reducir las emisiones de los usos no energéticos.

Figura 6. Reparto de emisiones GEI en sectores energéticos por energía primaria

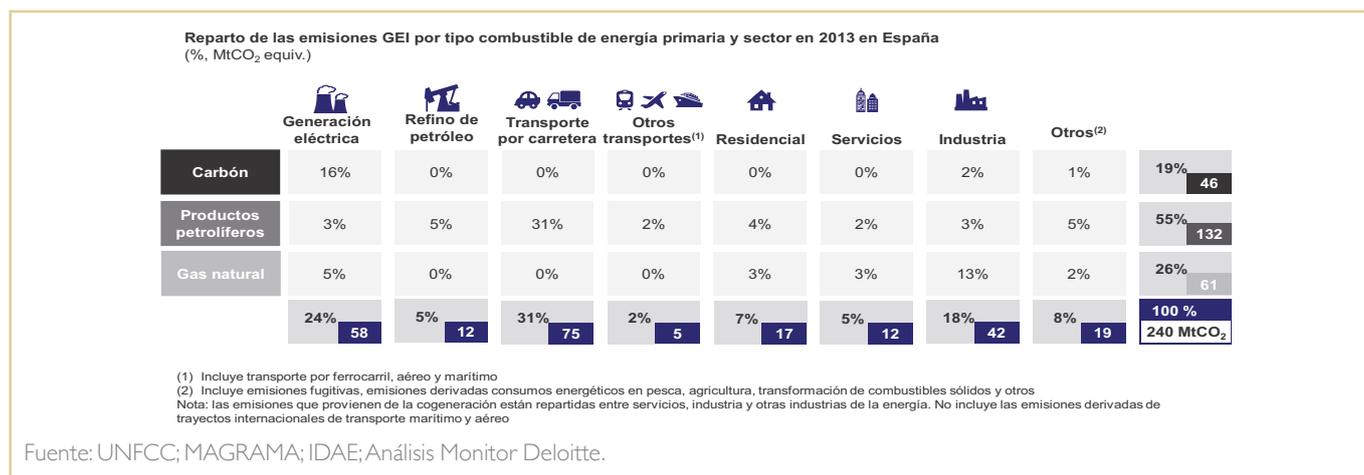
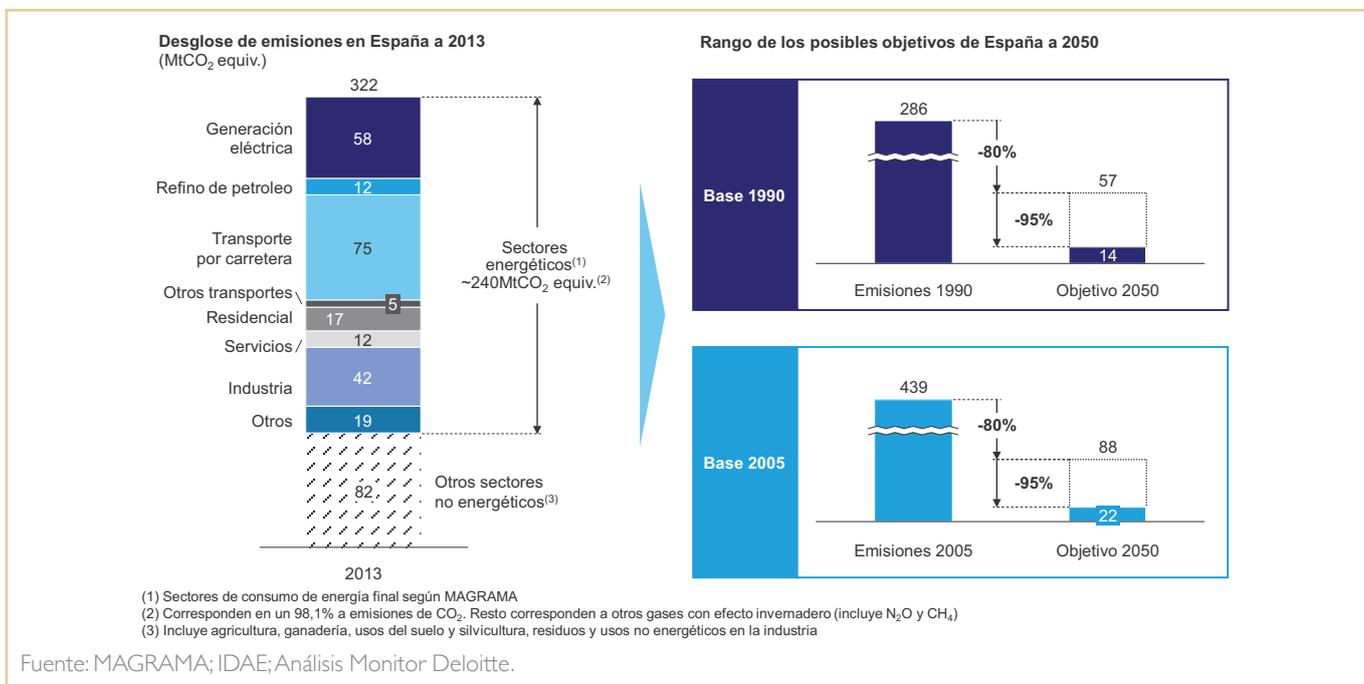


Figura 7. Análisis de los objetivos de reducción de emisiones GEI en España en 2050 en función de la transposición de los objetivos europeos



El modelo energético en 2050

El cambio en las formas de producción y consumo de energía entre hoy y 2050 es imprescindible para la reducción de emisiones.

El presente análisis parte de la premisa de que los objetivos medioambientales para 2050 se cumplirán, y se desarrollarán las condiciones económicas, regulatorias y tecnológicas para dicho cumplimiento. Para

ello, se consideran exclusivamente aquellas combinaciones de actuaciones y políticas energéticas (que denominaremos las “palancas de descarbonización”) que llevarían al cumplimiento estricto de dichos objetivos

en 2050, descartando las alternativas que no permitan dicho cumplimiento o sobre las que exista mayor incertidumbre.

Por estas razones, este estudio presta especial atención a la transición entre el modelo energético actual y el que necesitamos en 2050. La transición debe ser flexible y sólida, compuesta de políticas y medidas de las que no nos vayamos a arrepentir, que no requieran inversiones que puedan quedar obsoletas o innecesarias, hundidas, en función del desarrollo tecnológico.

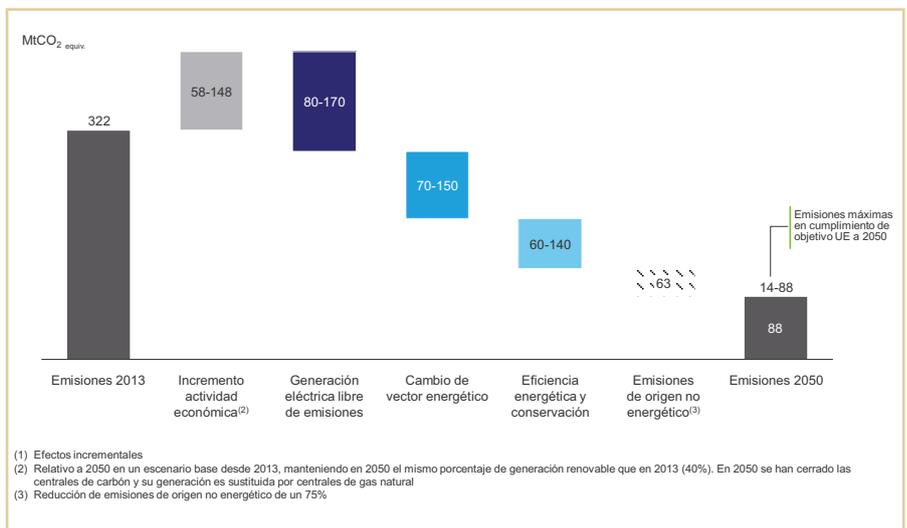
Las actuaciones o "palancas" a considerar para la transformación del modelo energético son de carácter muy diverso (ver Figura 8) y se pueden agrupar en tres grandes categorías:

- **Cambiar a vectores energéticos con menores emisiones:** sustituir combustibles y vectores energéticos de mayores emisiones por otros de menor emisión (por ejemplo, sustituir carbón o petróleo por electricidad o gas natural).
- **Instalar generación eléctrica libre de emisiones:** sustituir generación eléctrica que emite por energías renovables.
- **Fomentar la eficiencia energética:** desarrollo de actuaciones dirigidas a realizar procesos de forma más eficiente o simplemente no desperdiciar energía en consumos innecesarios (por ejemplo, mejora en los aislamientos de los edificios o sistemas de iluminación automáticos con controles de presencia).

Figura 8. Caracterización de las palancas de descarbonización

| Cambio a vector energético con menores emisiones | Generación eléctrica libre de emisiones | Eficiencia energética y conservación |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sustitución de vehículos ligeros convencionales por vehículos híbridos o eléctricos, o con consumo de biocombustible o gas natural vehicular • Sustitución de vehículos pesados convencionales por vehículos eléctricos, o con consumo de biocombustible o gas natural vehicular • Desplazamiento del transporte de mercancías por carretera a transporte ferroviario (cambio modal) • Sustitución del transporte marítimo convencional por transporte con gas natural y desarrollo de puertos verdes (suministro de energía libre de emisiones a los buques atracados en puerto) • Electrificación del transporte ferroviario • Incremento de la electrificación del sector residencial y sector servicios (fundamentalmente la climatización) • Uso de vectores con menores emisiones en el sector industrial • Electrificación de los consumos energéticos en el sector agrícola y pesquero | <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de generación eólica y solar fotovoltaica centralizada • Instalación de generación fotovoltaica distribuida con y sin almacenamiento asociado • Instalación del respaldo necesario para asegurar la garantía de suministro | <ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la eficiencia en la transformación de la energía en el sector residencial y servicios (por ejemplo, introducción de electrodomésticos de menor consumo, iluminación LED plenamente instalada, etc.) • Introducción de procesos energéticamente más eficientes en el sector industrial • Incremento de la conservación energética en edificación • Incremento de la eficiencia en los vehículos con motores convencionales • Instalación de sistemas de gestión de la demanda eléctrica (reducción activa del consumo en momentos de máxima demanda) |

Figura 9. Evolución de las emisiones GEI anuales en un escenario continuista y reducción de las mismas por tipo de palanca⁽¹⁾



Fuente: IDAE; MAGRAMA; Análisis Monitor Deloitte.

Transformaciones necesarias en el modelo energético

Todas las actuaciones son indispensables para cumplir los objetivos en el horizonte 2050 (ver Figura 9 y Figura 10), es decir, no se alcanza-

rán los objetivos si toda la generación eléctrica es renovable, pero se mantiene el actual mix de combustibles de transporte ligero o pesado, o si, por el contrario, centramos todos los esfuerzos en la eficiencia energética (quizás la más diversa y más transversal y, por tanto,

más difícil de implantar de forma estructural) y no fomentamos las renovables o seguimos utilizando gasolina y gasóleo en el transporte.

En el pasado todo el crecimiento económico estuvo asociado a un mayor consumo de combustibles fósiles. La situación de crisis desde 2005-07 ha hecho que se reduzca la demanda coyunturalmente por razones ajenas a la eficiencia y al cambio de vector. Sin embargo, cuando mejore la coyuntura económica, si no se cambian los vectores de consumo no se podrán alcanzar los objetivos. El mayor potencial de descarbonización se consigue con la electrificación de la demanda mediante energías renovables (ver Figura 11). Es preciso coordinar las actuaciones para que la descarbonización se produzca de forma eficiente, por ello, es necesario acompañar la instalación de nueva capacidad renovable con la electrificación de la demanda, aprovechando la evolución tecnológica y las previsibles reducciones de costes.

Figura 10. Evolución del consumo de energía final por tipo de vector energético en España

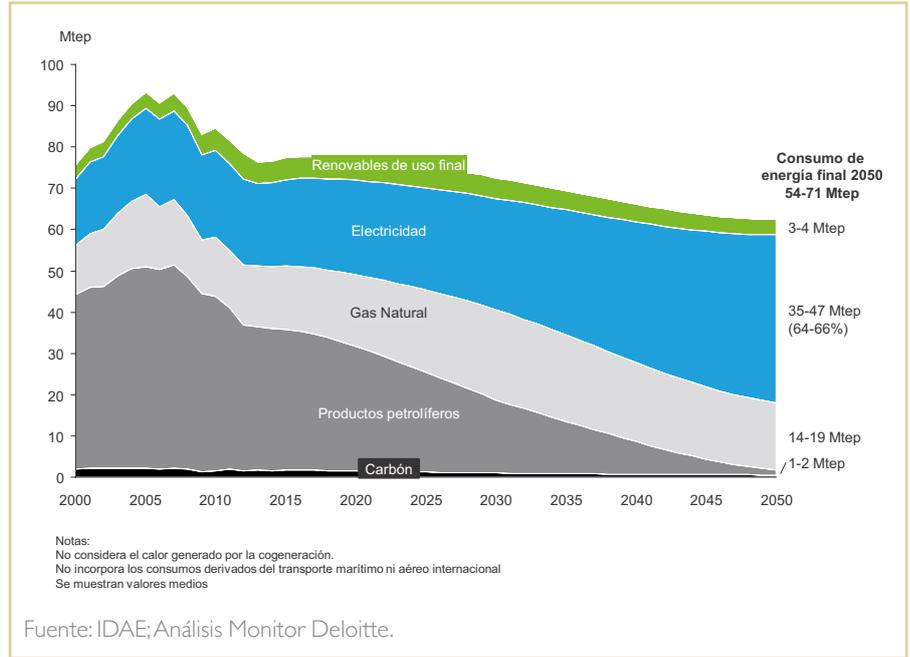


Figura 11. Potencial de descarbonización mediante la electrificación de la demanda con energías renovables en España

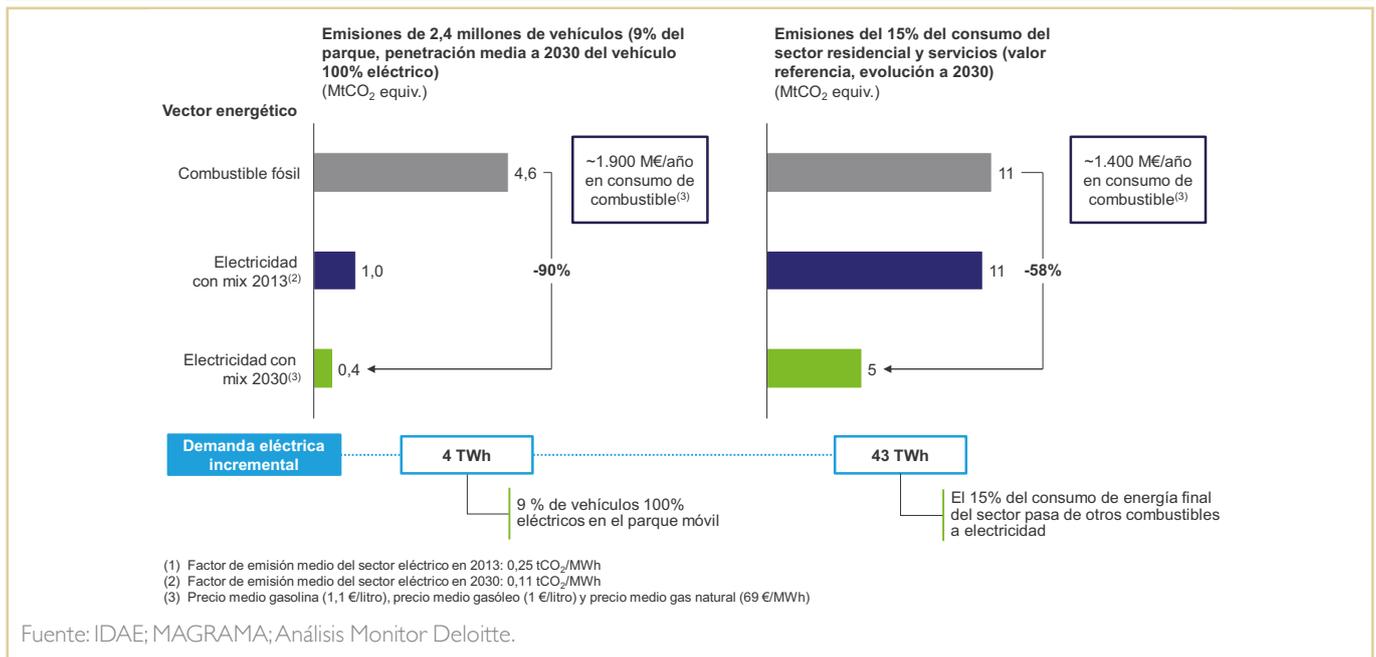
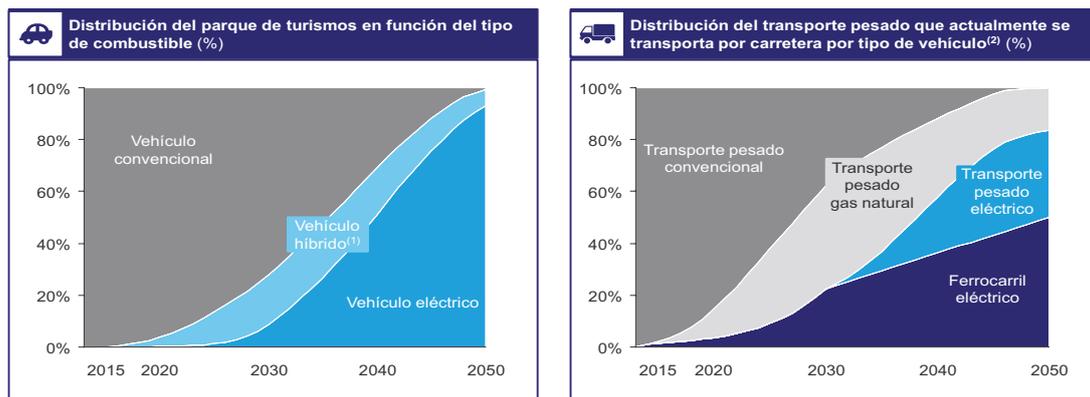


Figura 12. Evolución del parque de vehículos de transporte en España



(1) Incluye vehículos híbridos e híbridos enchufables
 (2) Expresado en km-tonelada transportada
 Nota: Se muestran valores medios

Fuente: DGT; Eurostat; Análisis Monitor Deloitte.

En este contexto las actuaciones para la descarbonización del modelo energético serían:

- **Sustituir el consumo de productos petrolíferos**, limitándolos a sectores y usos en los que no hay alternativa viable libre de emisiones (por ejemplo, transporte aéreo o determinados procesos industriales), **mediante la electrificación de la demanda y la utilización de vectores energéticos con menores emisiones** (por ejemplo, la utilización de gas natural en vez de derivados del petróleo en calefacción, transporte marítimo o de mercancías).

La reducción del consumo de productos petrolíferos se conseguiría mediante los

siguientes cambios en el modelo energético (ver Figura 12):

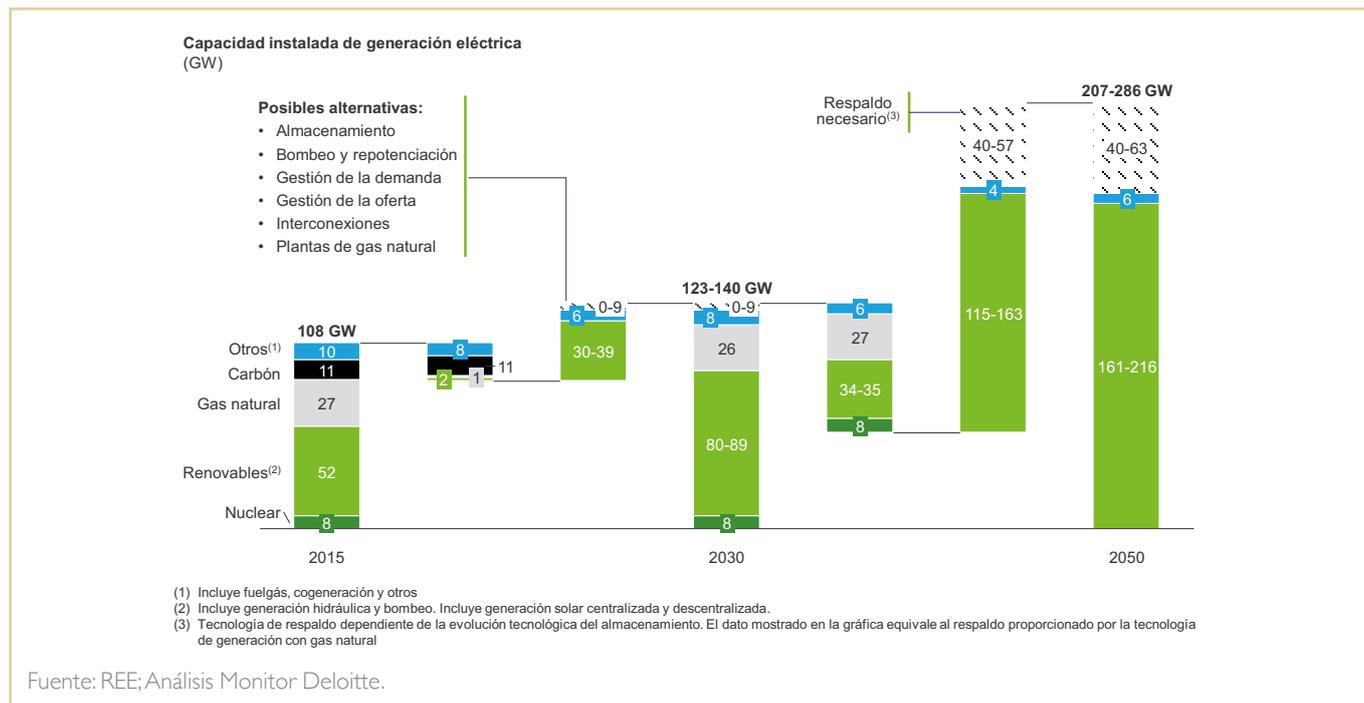
- Incrementar la penetración de vehículos eléctricos desde el 0% hasta prácticamente un 100% en 2050.
- Realizar el cambio modal de entre el 40 y el 60% del transporte pesado, que actualmente se realiza por carretera, a ferrocarril eléctrico. Esto requerirá importantes inversiones en la infraestructura ferroviaria, portuaria y logística asociada que permita la utilización de la red ferroviaria para la inmensa mayoría del transporte de mercancías internacional y nacional (excepto en el transporte de cercanías o intra-urbano, que debería electrificarse al máximo).

- Intensificar el cambio a vectores energéticos de menores emisiones en el sector residencial y de servicios, mediante la electrificación y, en menor medida, la gasificación de dichos consumos. De esta manera, la electricidad debería suponer más del 85% en 2050 en dichos segmentos.

- **Desarrollar un parque de generación eléctrica basado en energías renovables.** El nuevo *mix* de generación eléctrica debería tener hasta el 90-100% de origen renovable (el 38% de la generación ha sido renovable en 2015). Alcanzar este nivel de penetración significará **instalar entre 145-201 GW de generación eléctrica renovable** (eólica y solar fotovoltaica⁴) hasta 2050, así como la capacidad de res-

⁴ Se ha incluido la instalación de 8 GW de nueva hidráulica y biomasa.

Figura 13. Evolución del parque de generación en el horizonte 2050



paldo/almacenamiento suficiente para garantizar la seguridad de suministro (ver Figura 13). Con una gestión adecuada, toda la nueva capacidad de generación que se construya en España desde ahora debería ser renovable salvo en determinados escenarios de crecimiento de la demanda o cuando no haya sido posible implementar a tiempo otras fuentes de energía (por ejemplo, interconexiones, bombeos).

- **Implantar medidas de eficiencia energética.** Estas medidas deberían partir del ritmo de reducción anual de la intensidad energética final⁵ alcanzado durante los últimos años (1,6% anual, considerando el impacto que la crisis

económica ha tenido en la demanda de energía) y tratar de mantenerlo o incrementarlo hasta el 2,2% anual, mediante inversiones y actuaciones decididas de eficiencia energética y conservación, fundamentalmente en nueva edificación, rehabilitación de edificios existentes y nuevos procesos industriales. Determinadas medidas incluidas en el apartado de cambio de vector energético tendrán un importante impacto en la eficiencia energética global de nuestro sistema energético (por ejemplo, la adopción del vehículo eléctrico, teniendo en cuenta que es entre 3-4 veces más eficiente que el vehículo convencional, (ver Figura 14) y el peso que el transporte ligero tiene ac-

tualmente, tanto en términos de energía primaria como final⁶).

Inversiones necesarias durante el periodo 2016-2050

Para conseguir todos estos cambios serán necesarias una serie de medidas profundas, coordinadas y consistentes en el ámbito de las políticas económica, energética, y de transporte e infraestructura, de la reglamentación urbanística y de construcción, que implicarán a todos los niveles de las administraciones públicas. Estas medidas serán necesarias para incentivar un esfuerzo inversor muy relevante y sostenido durante un largo periodo de tiempo. Las principales

⁵ Demanda de energía final total del país / Producto Interior Bruto

⁶ El transporte ligero supuso en 2013 un consumo energético del 23% sobre la energía final y de un 18% en términos de energía primaria.

actuaciones supondrán, entre el año 2016 y 2050, una inversión acumulada⁷ de entre 330.000 y 385.000 millones de € (ver Figura 14), lo que equivale a una inversión anual media de unos 10.000 millones al año (estas cifras no incluyen las inversiones necesarias para el cambio modal del transporte pesado a ferrocarril).

Beneficios de la descarbonización

Más allá de la contribución a la lucha contra el cambio climático, la descarbonización tendría tres impactos positivos: menor dependencia energética de las importaciones, menor precio de la electricidad para el consumidor y mayor eficiencia energética:

- **Menor dependencia energética de las importaciones:** en 2013 España realizó unas importaciones brutas de 416 millones de barriles equivalentes de petróleo (nuestra producción interior es despreciable) por un importe de 34.000 millones de €, mientras que en 2050 se estima un consumo de 6,6-15 millones de barriles equivalentes⁸, por lo que, independientemente del precio al que pudiera cotizarse el petróleo a dicha fecha, es de suponer que la importación de dichos productos petrolíferos tendría un coste total bastante inferior al actual.

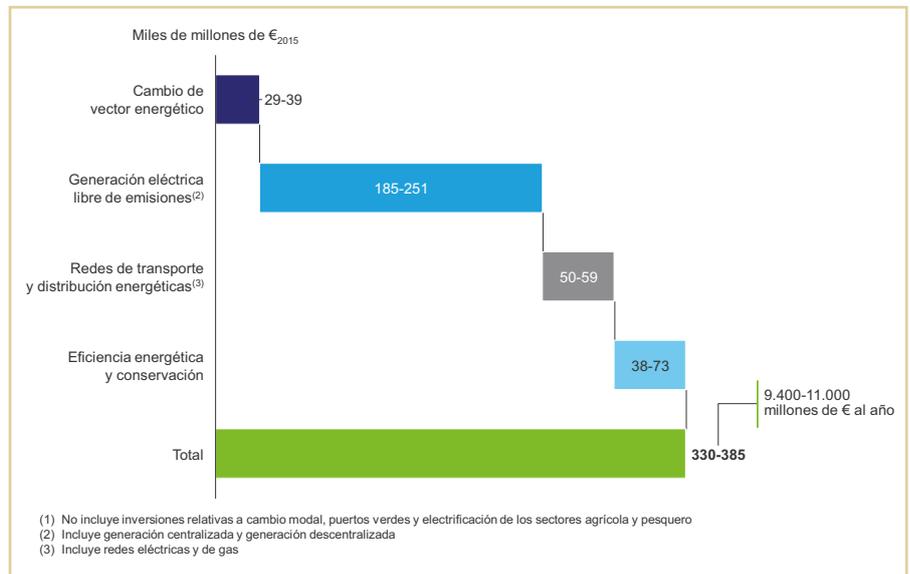
- **Menor precio de la electricidad para el consumidor:** el precio medio de la electricidad para el consumidor se reduci-

ría desde los actuales 120 €/MWh hasta los 65-75 €/MWh en 2050 (ver Figura 15). La evolución se debe básicamente a que, aunque haya que realizar importantes inversiones en generación libre de emisiones y en redes, que deberán ser soportadas por los consumidores, estos costes se diluirían entre una mayor demanda (de 258 TWh en 2015 a 410-570⁹ TWh en 2050) resultando en un descenso del precio medio del kWh. Asimismo, influiría en la bajada del precio de la electricidad antes del 2030, la amortización completa del actual déficit

de tarifa y la disminución progresiva de los importes, hoy imputados en los peajes de acceso, de las ayudas a las plantas de generación renovable actualmente en funcionamiento.

- **Mayor eficiencia energética:** Electrificar la demanda con energías renovables conlleva una enorme ganancia de eficiencia energética y, por tanto, reduce el consumo energético total del país (de hecho, es la medida con mayor impacto en la reducción de emisiones).

Figura 14. Inversiones acumuladas hasta 2050 para descarbonizar el modelo energético español



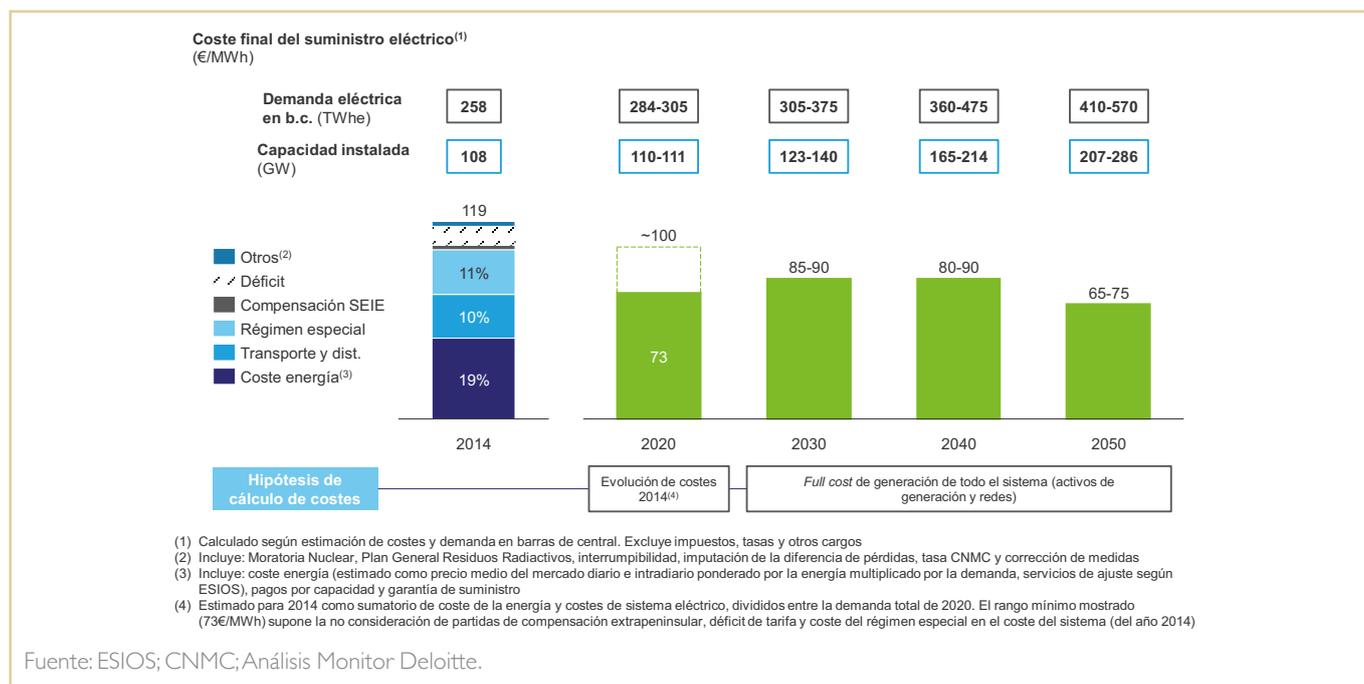
Fuente: FEDEA; UNESA; IDAE; Análisis Monitor Deloitte.

⁷ No incluye inversiones relativas a cambio modal ni a la electrificación en usos energéticos en pesca y agricultura, ni en usos no energéticos. El valor de inversiones calculado se ha estimado como las inversiones adicionales necesarias para sustituir equipos y sistemas que descarbonicen la economía, más las inversiones precisas para instalar los activos de generación renovable y de respaldo, así como la inversión en redes eléctricas asociada. En el caso de las inversiones en almacenamiento centralizado se ha estimado que el coste convergerá al de la tecnología convencional que proporciona el mismo respaldo (por ejemplo, ciclos combinados).

⁸ No incluye usos no energéticos del petróleo ni transporte aéreo y marítimo internacional.

⁹ Demanda eléctrica en barras de central.

Figura 15. Evolución del coste final del suministro eléctrico



A modo de ejemplo, el caso de la sustitución en el transporte ligero del vehículo de motor convencional (que es de los usos energéticos que consume más derivados del petróleo) por el vehículo eléctrico es paradigmático, ya que se produce una ganancia de eficiencia energética de hasta 3-4 veces (ver Figura 16)¹⁰.

La transición del modelo energético (2016-2030)

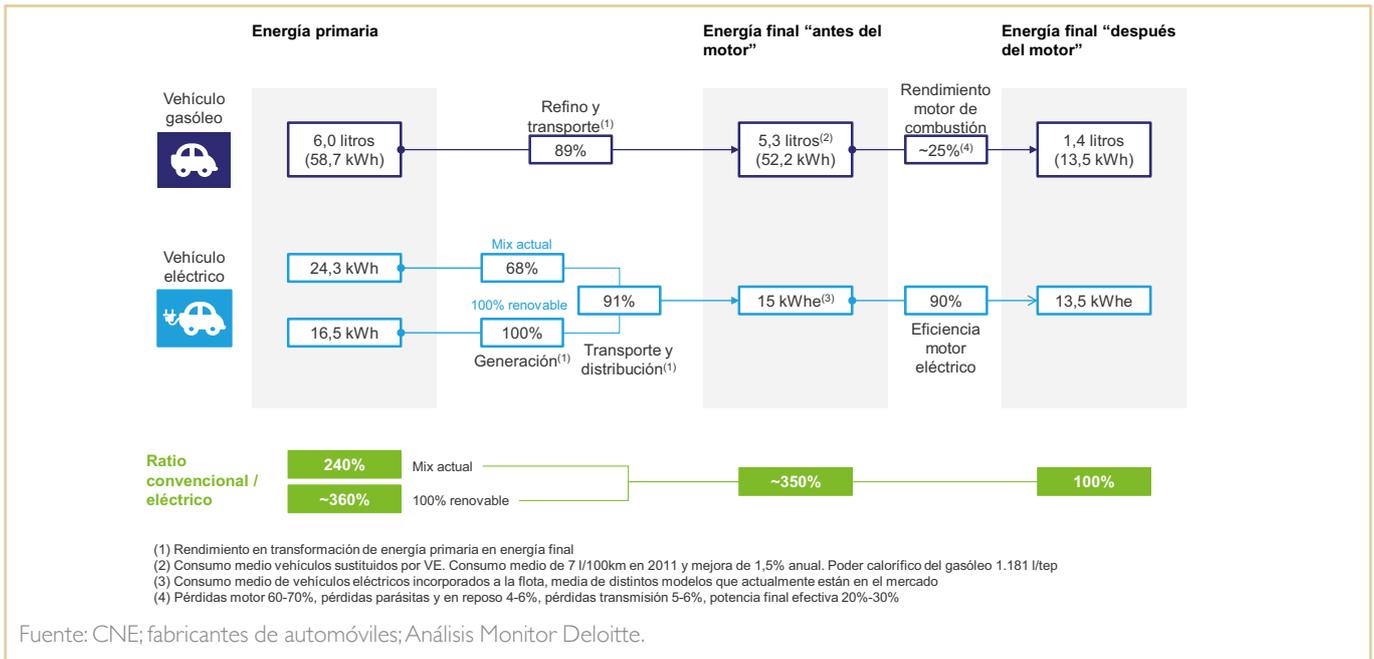
Existen grandes incertidumbres en el tránsito hacia un modelo descarbonizado, por lo que necesitamos políticas sólidas y flexibles durante la transición.

El importante volumen de las inversiones a realizar, los largos plazos de recuperación de las mismas y la incertidumbre sobre cuándo ciertas tecnologías estarán suficientemente maduras para su despliegue masivo, requieren una **transición inteligente que garantice el cumplimiento eficiente de los objetivos a largo plazo. Prescindir de determinadas tecnologías o combustibles (por ejemplo, carbón, productos petrolíferos o gas) entre hoy y 2030 significaría poner en riesgo la eficiencia económica de la transición o la seguridad de suministro del modelo energético.** En este sentido, en la definición del camino a recorrer será fundamental tener en consideración:

- El uso de tecnologías de transición que permitan la progresiva adopción por el mercado de otras más limpias, a medida que la evolución de estas últimas reduzca sus costes a niveles competitivos.
- La priorización de las medidas a implantar a partir de:
 - El volumen de emisiones, priorizando aquellas medidas que actúan sobre las principales fuentes de emisiones GEI.
 - El análisis coste-beneficio de cada tipo de medida, priorizando las más eficientes económicamente en el caso de plantearse varias alternativas.

¹⁰ Ganancia estimada si se compara el gasto energético que se realiza desde la boca del pozo petrolífero, el transporte y el refinado del crudo, hasta el repostaje y la transformación en energía cinética en las ruedas del vehículo convencional versus el mismo proceso realizado con la generación de electricidad, la recarga de la batería del coche eléctrico y la transformación en el motor eléctrico de dicha electricidad en energía cinética para el vehículo eléctrico.

Figura 16. Comparativa del consumo y eficiencia energética entre vehículo eléctrico y vehículo convencional en 2030

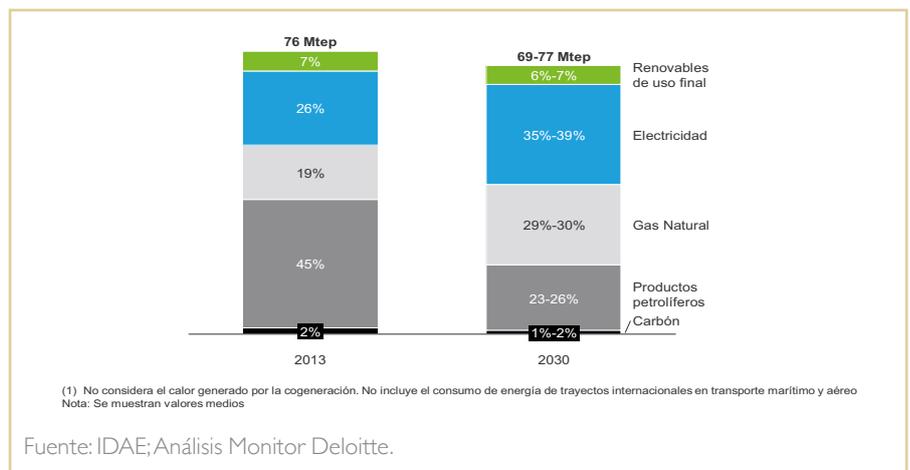


Un criterio fundamental para la transición es que no basta cumplir los objetivos de 2030, sino que la forma de cumplirlos ha de ponernos en el mejor camino para llegar al modelo necesario en 2050, sin generar inversiones no rentables ni costes innecesarios derivados de políticas que han de ser posteriormente modificadas.

Cambiar a vectores energéticos con menores emisiones

En 2030 sería necesario alcanzar un nivel de electrificación de entre un 35 y un 39% sobre el consumo total de energía final, lo que equivale a un crecimiento del 0,8% anual respecto al nivel de electrificación actual (26%). De la misma manera, el consumo de gas natural debería representar entre el 29% y el 30% del total del consumo de energía final, frente a un nivel actual de gasificación del 19%. Este aumento del gas vendría fundamental-

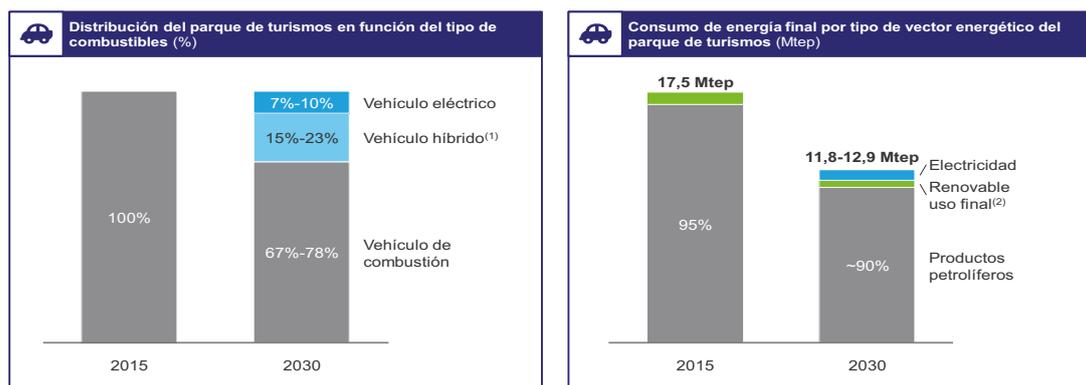
Figura 17. Evolución del consumo de energía final⁽¹⁾ por tipo de vector energético en España



mente propiciado por la mayor penetración de su consumo en los sectores residencial e industrial, así como por la penetración de

vehículos de gas natural licuado para el transporte pesado por carretera y buques propulsados por gas natural (ver Figura 17).

Figura 18. Evolución de la distribución y del consumo de energía final del parque de turismos hasta 2030



(1) Incluye vehículos híbridos e híbridos enchufables
 (2) Los carburantes convencionales usados por los vehículos de combustión son mezclados con biocombustibles
 Nota: Se muestran valores medios

Fuente: DGT; Eurostat; Análisis Monitor Deloitte.

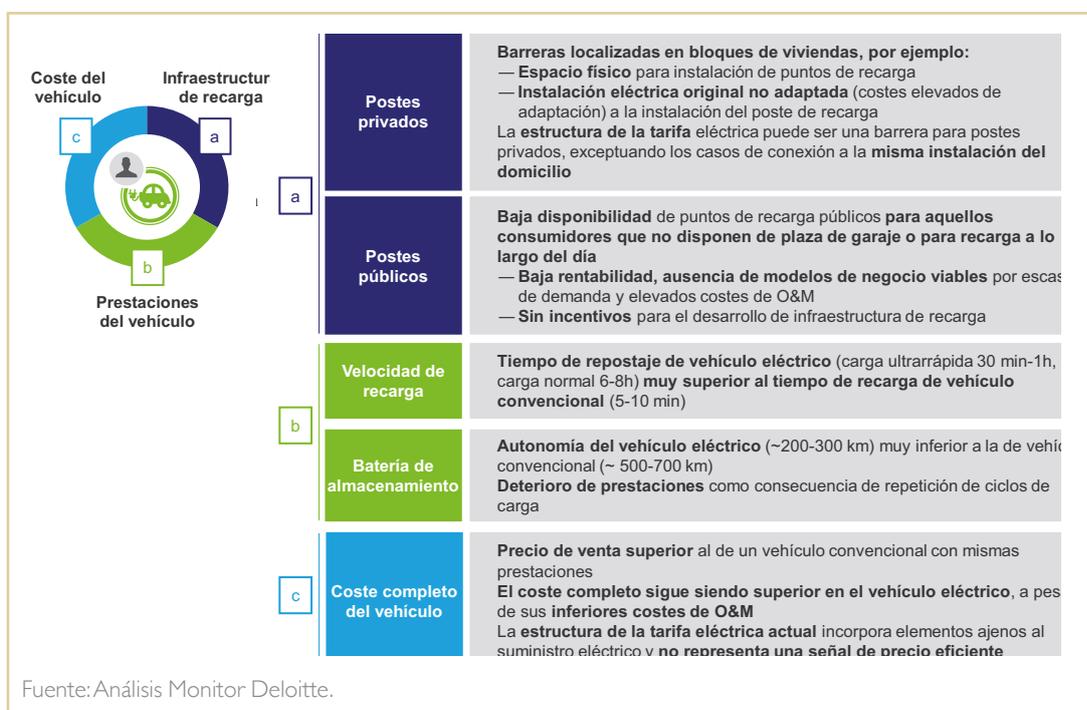
Electrificar el transporte ligero

Para descarbonizar el transporte de pasajeros en vehículos ligeros se necesitará un crecimiento exponencial de las ventas de vehículos eléctricos (desde 2.300 vehículos en 2015 hasta entre el 40% y 60% de las ventas de coches nuevos en 2030) e híbridos (15% de las ventas de coches nuevos en 2030), alcanzando en conjunto una penetración de entre el 22% y el 33% del parque de vehículos (ver Figura 18).

Esta expansión de la movilidad eléctrica en turismos contrasta con

el escaso nivel de penetración actual del vehículo eléctrico en nuestro país. Este escaso

Figura 19. Principales barreras para una penetración masiva del vehículo eléctrico

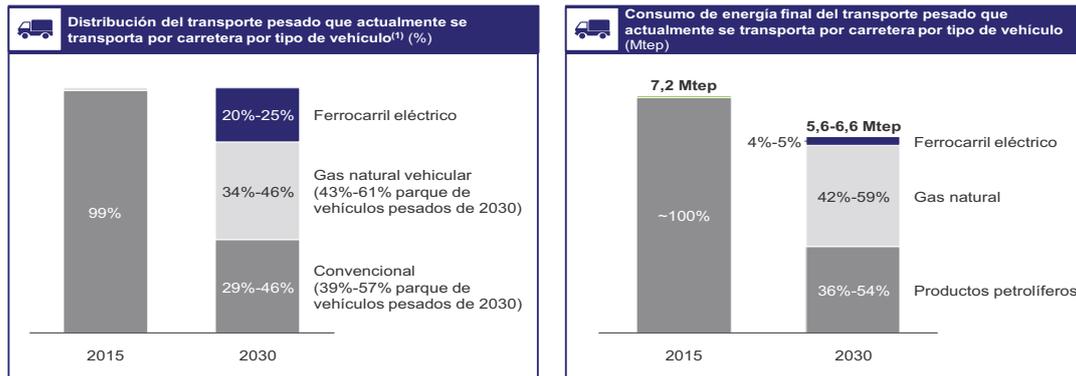


Fuente: Análisis Monitor Deloitte.

desarrollo está motivado por una serie de barreras (ver Figura 19) que vienen siendo

objeto de debate y acción política en los últimos años.

Figura 20. Evolución del parque de vehículos de transporte pesado



(1) Expresado en km-tonelada transportada
Nota: Se muestran valores medios

Fuente: DGT; Eurostat; Análisis Monitor Deloitte.

Descarbonizar el transporte pesado por carretera: cambio modal a ferrocarril y gas natural vehicular

El cambio modal en el transporte de mercancías implica el desplazamiento de parte de la demanda de transporte por carretera al ferrocarril. Este cambio estaría restringido a determinados trayectos, ya que un porcentaje de la demanda de transporte de mercancías no puede realizar el cambio de modo eficiente por cuestiones logísticas, como distancias cortas con volúmenes pequeños de mercancías. Para esos casos, el gas natural es la alternativa que está en una mejor posición para desplazar a los productos petrolíferos y contribuir a la descarbonización del transporte pesado por carretera.

En 2030, entre el 20% y el 25% de los vehículos pesados deberían haber trasladado su carga al ferrocarril eléctrico; y alrede-

edor del 50% del total de vehículos pesados deberían estar propulsados por gas natural (ver Figura 20). En este escenario, más de un tercio del parque de vehículos pesados actual, equivalente al de 2030, continuaría funcionando con productos petrolíferos.

A pesar de los beneficios que el cambio modal representaría para la mejora de costes del transporte y la sostenibilidad medioambiental, esta actuación se ha enfrentado tradicionalmente en España con elevadas barreras. La demanda de transporte de mercancías cubierta con ferrocarril ha descendido en la última década desde un 10% hasta tan solo un 5% en la actualidad, lo que supone un 55% de descenso respecto al máximo de los últimos 20 años¹¹. Este descenso está ocasionado, entre otras razones, por la actual falta de competitividad económica del ferrocarril respecto al camión y la falta de calidad y fiabilidad del

servicio. Buena parte de la solución a estos problemas consistiría en desarrollar infraestructuras adecuadas.

Los motores propulsados por gas natural son una tecnología suficientemente madura que debe jugar un papel relevante en la reducción de las emisiones en el transporte de mercancías por carretera, en los casos en los que no existe una tecnología eléctrica rentable o no se reúnen las condiciones necesarias para el cambio modal. Los motores de gas natural pueden estar preparados para el consumo del combustible en dos estados diferentes: gas natural comprimido y gas natural licuado. En los camiones, debido a las autonomías necesarias, la alternativa óptima es el gas natural licuado.

A priori, la principal barrera para el despliegue de vehículos pesados de gas natural licuado puede ser la limitada disponibilidad de es-

¹¹ Fuente: Eurostat; Análisis Monitor Deloitte

taciones de repostaje de gas natural en la geografía española (ver Figura 21). Sin embargo, dado que en el caso de los camiones suele tratarse de flotas de empresas o tienen asignadas estaciones de repostaje concretas, únicamente se necesitaría la adaptación de aquellas estaciones de repostaje con previsiones de elevada demanda.

Electrificación y gasificación de los sectores residencial y de servicios

En la edificación residencial y de servicios se emiten alrededor de 30 MtCO₂ equivalentes a la atmósfera, principalmente como consecuencia del consumo de energía para usos térmicos.

El consumo eléctrico en el sector residencial y el sector servicios necesitaría aumentar hasta situarse entre el 61 y el 65% del consumo energético total en dichos sectores, y el consumo de gas tendría que aumentar hasta el 23-28% (ver Figura 22).

La adopción de una energía u otra vendrá derivada de la competitividad en costes de las distintas soluciones tecnológicas disponibles y de la reglamentación aplicable, incluida la que incentive unas menores emisiones en estos consumos.

Electrificación y gasificación del sector industrial

El 65% del consumo del sector industrial proviene de los combustibles fósiles, fundamentalmente el gas natural. El peso relativo de los mismos en el consumo energético industrial se ha mantenido constante en los últimos años, si bien desde el año 2000 el sector industrial español ha realizado importantes esfuerzos para sustituir consumos de productos petrolíferos y carbón por gas natural (ver Figura 23).

Figura 21. Localidades con estaciones de repostaje de gas natural vehicular y penetración de la red de distribución de gas natural en 2013

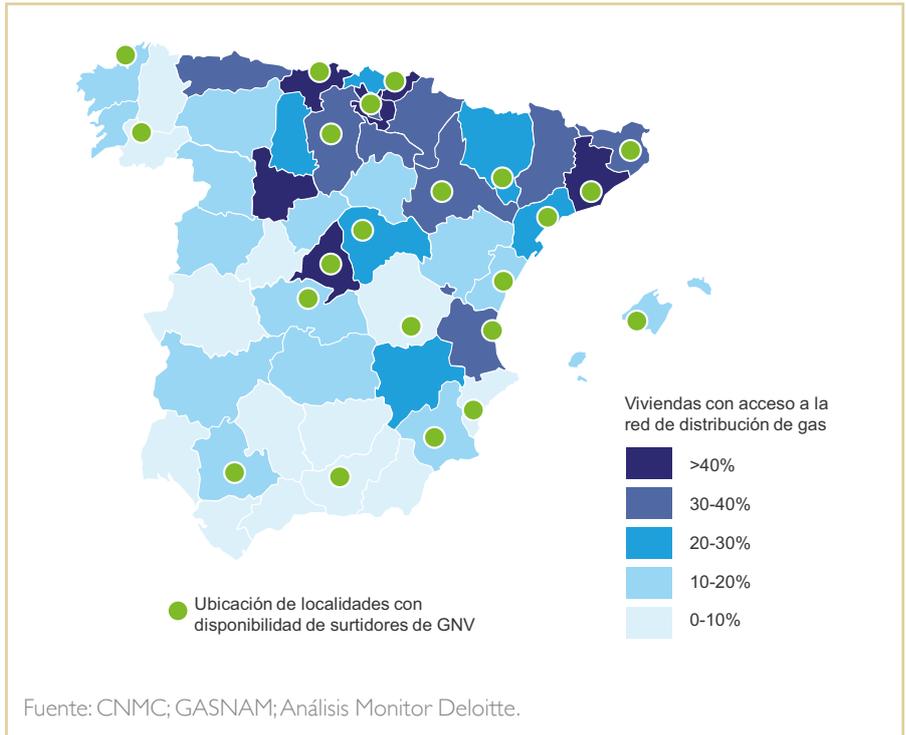


Figura 22. Evolución del consumo de energía final en residencial y servicios por tipo de vector energético entre 2013 y 2030

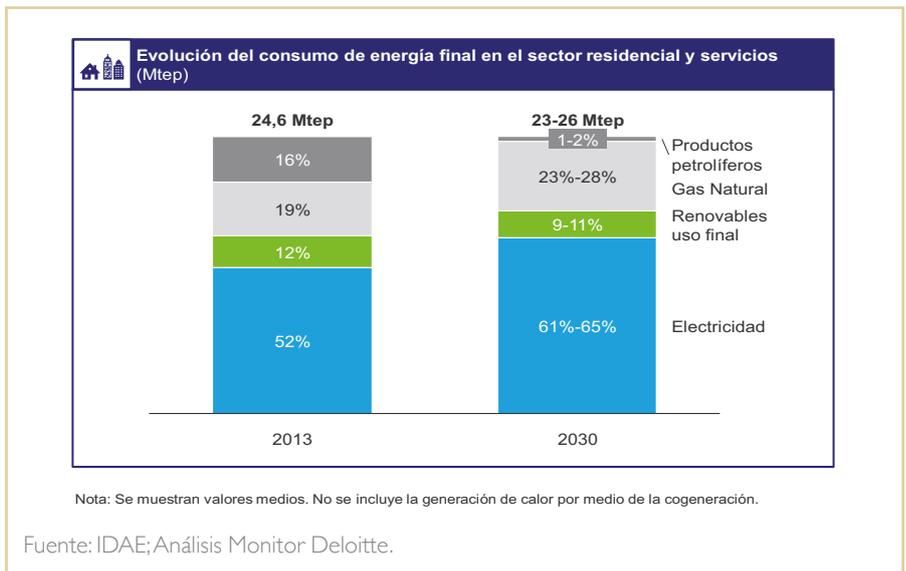
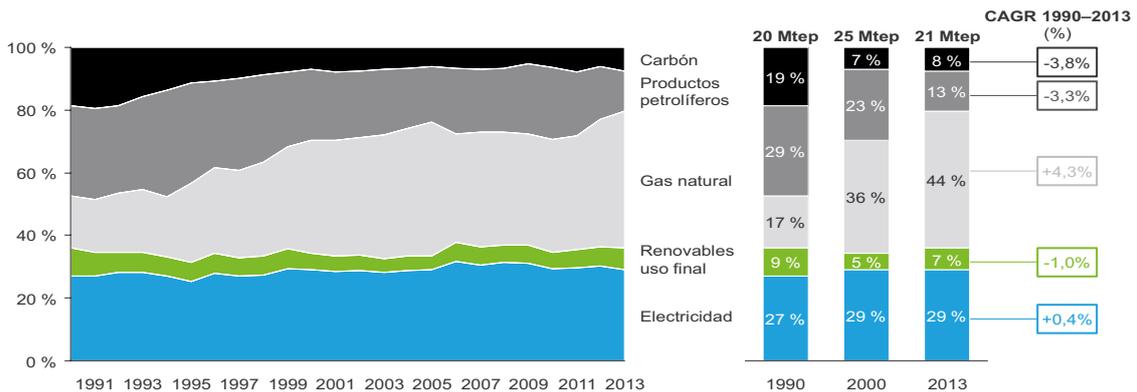


Figura 23. Distribución del consumo industrial en España por tipo de vector energético entre 1990 y 2013

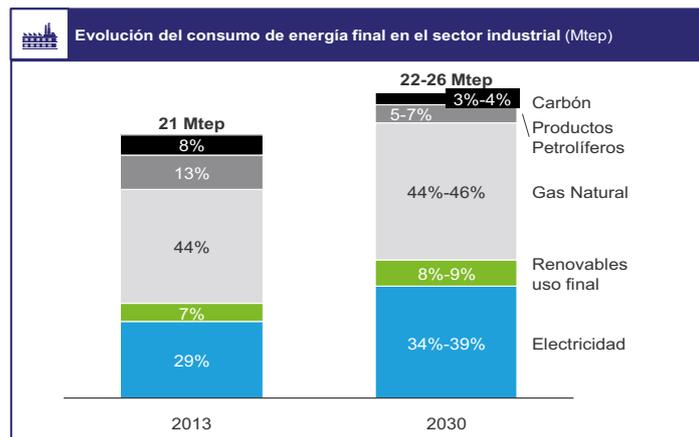


Fuente: IDAE; Análisis Monitor Deloitte.

Este esfuerzo ha permitido la reducción de emisiones del sector industrial de 59 MtCO₂ a 42 MtCO₂ equivalentes, en el periodo desde 2000 a 2013. Cada subsector industrial tiene unos consumos específicos diferentes y, con el actual desarrollo tecnológico, determinados usos energéticos y procesos no son viables sin el consumo de combustibles fósiles.

Para continuar el proceso de descarbonización del sector industrial es necesario que el gas se mantenga como el combustible más importante por su papel en ciertos procesos térmicos donde no es posible otro vector energético con menores emisiones. Así como que la electricidad incremente su peso relativo, por ejemplo en el sector de la fabricación de acero con introducción de hornos de arco eléctricos. La electricidad tendría que incrementar su participación en el consumo energético desde un 29% hasta un 34-39% entre 2013 y 2030 (ver Figura 24).

Figura 24. Evolución del consumo de energía final en el sector industrial entre 2013 y 2030



Nota: Se muestran valores medios. No se incluye la generación de calor por medio de la cogeneración.

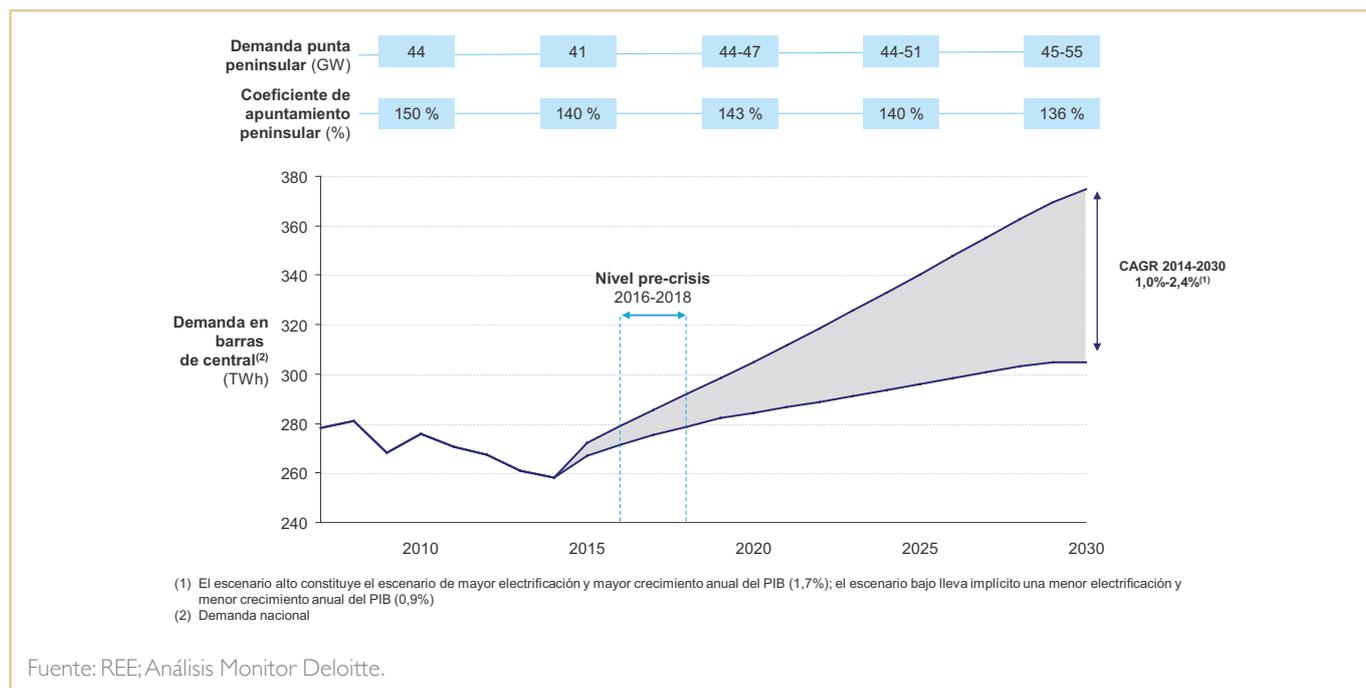
Fuente: IDAE; Análisis Monitor Deloitte.

Instalar generación eléctrica libre de emisiones

La electrificación de la demanda necesaria para la descarbonización ha de ir necesaria-

mente acompañada por el desarrollo de un parque de generación libre de emisiones. Con las anteriores estimaciones de cambio de vector energético, la demanda eléctrica crecería a una media de entre un 1% y un

Figura 25. Evolución de la demanda eléctrica en barras de central y la demanda máxima instantánea hasta 2030 en España



2,4% anual hasta 2030, situándose entre 305 y 375 TWh¹² (ver Figura 25).

El aumento de demanda se producirá en paralelo con un cierto aplanamiento¹³ de la curva de demanda, como refleja la reducción del coeficiente de apuntamiento, que pasa de un 50% (2010) a un 36% (2030). Esta reducción del apuntamiento será causada por una mayor penetración de tecnologías de gestión de la demanda ("demand response"), por el desarrollo del almacenamiento y por el incremento de demanda eléctrica con cierta capacidad de gestión, como la recarga de vehículos eléctricos.

Generación de origen renovable

Para conseguir los objetivos de descarbonización, todo el crecimiento de la demanda eléctrica debe ser cubierto con energía renovable, salvo en determinados escenarios de crecimiento de la demanda o cuando no haya sido posible implementar a tiempo otras fuentes de energía (por ejemplo, interconexiones, bombeos).

Hasta 2030 se necesitaría la instalación de entre 30 y 39 GW de capacidad renovable (ver Figura 26), lo que equivaldría la instalación de entre 2 y 2,6 GW anua-

les de capacidad de generación renovable.

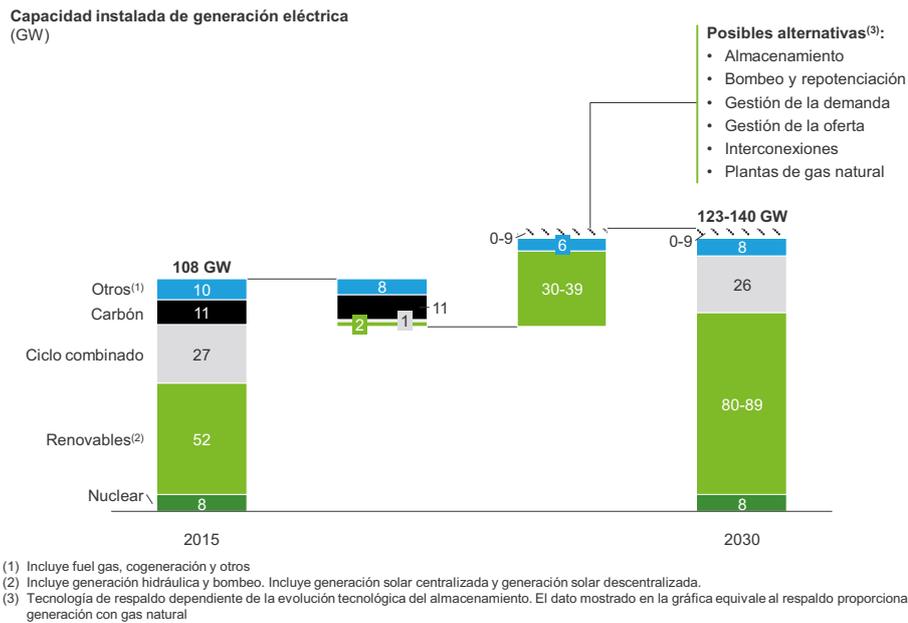
La instalación de toda esta potencia renovable supone un importante reto para el sistema español, por tanto requerirá unas condiciones regulatorias favorables para garantizar un desarrollo eficiente y que todos los agentes contribuyan en su cumplimiento:

1. Marco regulatorio y diseño de mercado estables y atractivos para los inversores, que permitan una retribución razonable.
 - En un *mix* de generación con creciente penetración de renovables los pre-

¹² Demanda eléctrica en barras de central

¹³ El coeficiente de apuntamiento es el ratio entre la demanda instantánea máxima anual, conocida como punta de demanda y la demanda media horaria.

Figura 26. Evolución del parque de generación en el horizonte 2030



Fuente: REE; Análisis Monitor Deloitte.

cios del mercado de energía no serán una señal suficiente para la inversión. Las previsiones del precio mercado mayorista no dan una señal de precio atractiva para ninguna tecnología.

- Por este motivo, los ingresos de las renovables en el mercado deberán complementarse con mecanismos de contratación a plazo que proporcionen la estabilidad suficiente para las inversiones. Estos incentivos deberán basarse en mecanismos de mercado, para cuyo diseño deberá aprovecharse la creciente experiencia internacional en estos sistemas.
2. El esfuerzo en penetración de energías renovables a realizar es muy relevante, y su reparto entre múltiples agentes ayudará a su cumplimiento. La disrupción tecnológi-

ca que supondrán las tecnologías solares y de almacenamiento en baterías a pequeña escala, junto con el deseo creciente de los consumidores de autoabastecerse de energía, permitirán que los propios consumidores contribuyan a dicho esfuerzo inversor. En este contexto futuro, la generación distribuida y el autoconsumo pueden tener un papel muy relevante, para lo cual será necesario que se permita el libre acceso y sin penalizaciones a esta forma de producción de energía.

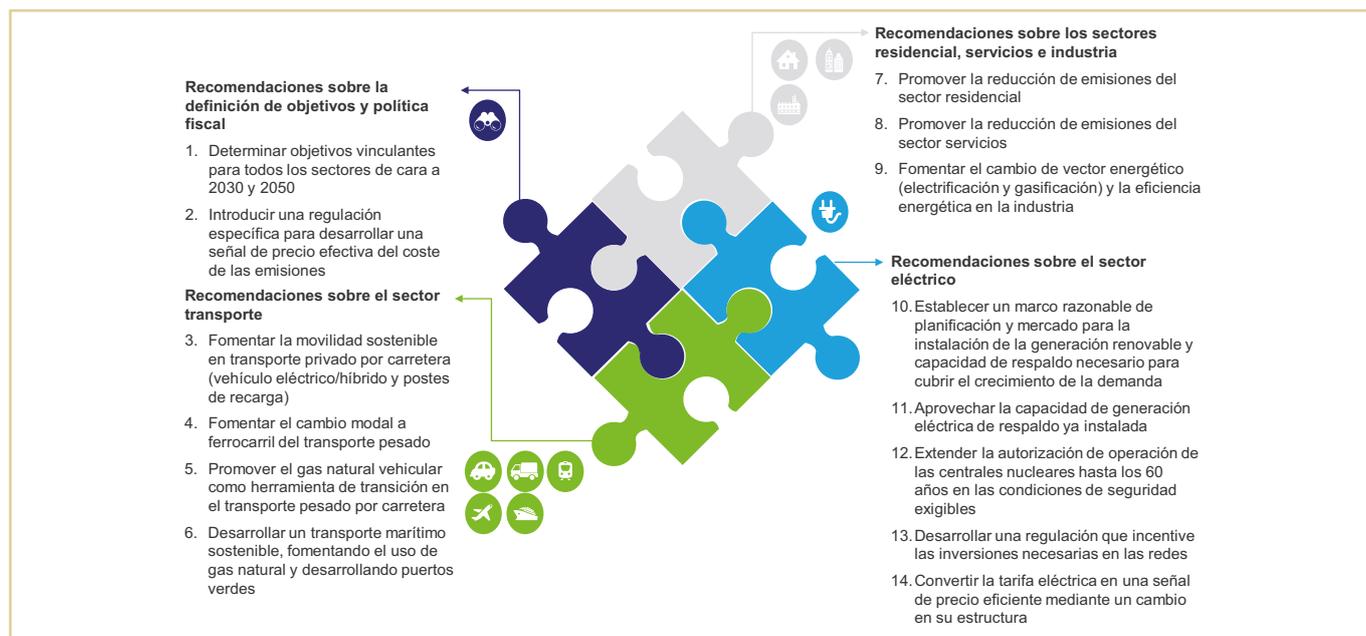
Generación convencional

La elevada necesidad de nueva potencia renovable requiere, a su vez, de una capacidad relevante de respaldo y flexibilidad que, inicialmente será proporcionado por el parque térmico, nuclear e hidráulico actual. Esta capacidad firme irá siendo complementada (y

sustituida, cuando los costes y el desarrollo tecnológico lo vayan permitiendo) con otras opciones de capacidad firme y flexible: las interconexiones internacionales, la construcción o repotenciación de centrales de bombeo, la gestión de la demanda, las nuevas tecnologías de almacenamiento y, en caso necesario, por la construcción de nuevas centrales de gas.

Es difícil prever cuándo las nuevas tecnologías de almacenamiento estarán disponibles en volumen y a coste competitivo como para proporcionar la flexibilidad y el respaldo necesarios para las puntas de demanda, pero en cualquier caso, existe una duda razonable de que, en el horizonte 2030, las tecnologías de almacenamiento puedan proporcionar un respaldo significativo. De la misma manera, se podrían argumentar dudas razonables de que estén disponibles a tiempo, suficiente nueva capacidad de interconexión interna-

Figura 27. Recomendaciones de política energética para direccionar nuestro modelo energético hacia la descarbonización



cional, o nuevos mecanismos de gestión de la demanda que aporten una parte relevante de ese respaldo necesario. Por tanto, durante la transición a 2030 parece imprescindible asegurar que las tecnologías convencionales de respaldo ya instaladas se mantienen en el sistema, mientras las nuevas se desarrollan y penetran en función de las necesidades y de su desarrollo tecnológico.

Así pues, la generación convencional debe jugar un papel clave para que la transición se produzca de una forma eficiente y manteniendo la seguridad de suministro mientras aumenta la penetración de renovables, por eso es necesario:

- Evitar el cierre anticipado, durante el período transitorio hasta 2030, de centrales que ya están instaladas en el sistema sin que las nuevas tecnologías de almacenamiento estén maduras y desplegadas, lo que llevaría, posiblemente, a escenarios

ineficientes de inversión en tecnologías convencionales emisoras de GEI, para proporcionar el respaldo necesario.

- Adaptar el diseño del mercado mayorista, para valorar adecuadamente la firmeza, cosa que no ocurre en el actual mercado de energía. El modelo actual de mercado de “sólo energía” no da señales adecuadas a la inversión, y no funciona con el *mix* de tecnologías al que evoluciona el sistema eléctrico – preponderancia de tecnologías con costes variables bajos o cero. Ya hoy en día el sistema no permite la recuperación de la totalidad de los costes de ninguna tecnología de generación.

Recomendaciones de política energética para una descarbonización sostenible

Las Administraciones y el sector privado españoles necesitan emprender acciones

decididas para liderar el cambio de modelo energético.

A partir del anterior análisis de la visión a largo plazo (2050) y de la transición, se propone un conjunto de recomendaciones de política energética para direccionar nuestro modelo energético hacia una descarbonización eficiente (ver Figura 27). La transición tendrá que realizarse de modo paulatino, pero decidido, hacia el cambio de la estructura energética del país al tiempo que se mantienen la seguridad y la competitividad del suministro energético.

Un mayor detalle de estas recomendaciones que hemos elaborado la pueden obtener en nuestro informe “Un modelo energético sostenible para España en 2050: Recomendaciones de Política Energética para la transición”, que se encuentra disponible libremente en nuestra página web: www.deloitte.es ■