



**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**Escuela de  
Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo**

**Máster en Ingeniería de Minas**



**Trabajo Fin de Máster**

**Modelo energético de España para el cumplimiento de los  
objetivos europeos sobre Clima y Energía a 2050**

**Autor: María Álvarez Tamargo**

**Tutor: Francisco Javier Iglesias Rodríguez**

**Jorge Xiberta Bernat**

**Oviedo, junio de 2017**



## ÍNDICE

0. Resumen ejecutivo.....	5
1. Introducción .....	7
1.1. Antecedentes.....	7
1.2. Objetivos del trabajo.....	14
2. Evolución reciente del consumo energético .....	15
2.1. Demografía.....	15
2.2. Producto Interior Bruto (PIB) y Valor Añadido Bruto (VAB) .....	16
2.3. Intensidad Energética (IE) .....	17
2.3.1. Desagregación por sectores .....	19
2.4. Energía final .....	23
2.4.1. Energía final por fuentes.....	24
2.4.2. Energía final por sectores .....	25
2.5. Energía primaria .....	27
2.6. Generación eléctrica.....	29
2.7. Intensidad Carbónica (IC).....	31
2.8. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	32
3. Objetivos a 2050 .....	37
4. Transición del modelo energético.....	43
5. Conclusiones .....	47
6. Referencias bibliográficas .....	48
Anexo estadístico .....	50
Datos históricos .....	50
Diccionario de acrónimos.....	57
Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica en 2050.....	58



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos de la política energética de energía y clima de la UE a 2020 y 2030..	10
Tabla 2. Consumo de energía final en el sector transporte. ....	26
Tabla 3. Contaminantes del Inventario de Emisiones.....	34
Tabla 4. Evolución estimada de las intensidades energética y carbónica .....	39
Tabla 5. Evolución PIB.....	42



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Emisiones de GEI de la UE: hacia una reducción interna del 80%.....	11
Ilustración 2. Evolución de la población. ....	15
Ilustración 3. Evolución del PIB a precios constantes 2005.....	16
Ilustración 4. Participación por sectores en el PIB. ....	17
Ilustración 5. Evolución de la intensidad energética primaria y final. ....	18
Ilustración 6. Evolución de la intensidad energética de las distintas ramas industriales. ...	19
Ilustración 7. Evolución de la intensidad energética del sector industrial.....	20
Ilustración 8. Evolución de la intensidad energética del sector transporte.....	21
Ilustración 9. Evolución de la intensidad energética del sector servicios. ....	22
Ilustración 10. Evolución de la intensidad energética del sector residencial.....	22
Ilustración 11. Evolución por fuentes de la demanda final (excluyendo usos no energéticos). .....	23
Ilustración 12. Participación por fuentes en el mix energético (excluyendo usos no energéticos).....	24
Ilustración 13. Consumo de energía por sector.....	25
Ilustración 14. Consumo de energía primaria según fuentes energéticas. ....	27
Ilustración 15. Nivel de dependencia energética. ....	28
Ilustración 16. Potencia nacional instalada. ....	29
Ilustración 17. Estructura de generación eléctrica bruta.....	29
Ilustración 18. Consumo específico primario para la generación eléctrica. ....	30
Ilustración 19. Evolución de la intensidad carbónica. ....	31
Ilustración 20. Emisiones GEI por fuente. ....	34
Ilustración 21. Emisiones GEI por sectores.....	35
Ilustración 22. Evolución de las emisiones de GEI y objetivos para 2020, 2030 y 2050. ...	37
Ilustración 23. Evolución de la intensidad energética primaria según los distintos escenarios. .....	39
Ilustración 24. Evolución de la intensidad carbónica según los distintos escenarios. ....	40
Ilustración 25. Evolución de población hasta 2050.....	40
Ilustración 26. Evolución según los escenarios de la AIE España hasta 2050. ....	41
Ilustración 27. Evolución de los parámetros que influyen en la “Identidad de Kaya” (base 2000=100). ....	42



---

Ilustración 28. Diagrama Sankey 2014 (Mtep). Fuente: IEA.....	43
Ilustración 29. Evolución por fuentes de la demanda final hasta 2050. ....	44



## 0. Resumen ejecutivo

El cambio climático y la fuerte influencia en el mismo por las actividades humanas es una realidad que está modificando nuestra economía, salud y comunidades de formas diversas (aumento de temperaturas, incremento de fenómenos extremos, pérdida de biodiversidad, etc).

El primer paso para solucionar este grave problema ya se ha dado: reconocer que existe, y la concreción del mismo ha sido la firma del Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático en diciembre de 2015, el cual incluye el compromiso de alcanzar la neutralidad de emisiones de GEI entre 2050 y 2100 para contener el incremento de la temperatura de la Tierra.

La Unión Europea ha venido mostrando un liderazgo a la hora de asumir compromisos medioambientales, estableciendo objetivos de reducción de emisiones a 2020, 2030 y 2050, que constituyen los hitos más visibles de su hoja de ruta de descarbonización. Para 2020 se fijó como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) un 20% respecto a 1990, en el horizonte 2030 se produjo un aumento de la ambición y la UE marcó el objetivo de reducir las emisiones GEI un 40% respecto a ese mismo año base. En 2050 las emisiones europeas deberán situarse entre un 80-95% por debajo de las de 1990.

Los objetivos a 2050 suponen un enorme reto que requerirá abordar una transición energética hacia un mix prácticamente descarbonizado. Esta transformación se enmarca en el cumplimiento del objetivo europeo de reducción de emisiones de GEI y en la consideración de otros aspectos clave de la política energética: la seguridad de suministro y la competitividad del sistema energético.

El objetivo de este trabajo es dar una visión a largo de qué supone el cumplimiento de los objetivos medioambientales de la UE en el horizonte 2050, a la vez que se proponen los mecanismos que se consideran más adecuados para que puedan servir de referencia para la transición.

La metodología llevada en este estudio ha sido la aplicación de la “Identidad de Kaya”, una expresión matemática que se utiliza para describir la relación entre los factores que influyen en las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se emiten a la atmósfera.



Con esta expresión se evalúan dos de los escenarios descritos por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y se llega a unos resultados que indican que un objetivo de reducción del CO<sub>2</sub> para España en 2050 no se cumpliría ni con el escenario más exigente “450 Scenario”, con el que supuestamente se alcanzaría el objetivo de limitar la temperatura global a 2°C para 2050.



## 1. Introducción

### 1.1. Antecedentes

El modelo energético actual es insostenible a nivel mundial, europeo y español, ya que sufre los mismos problemas. Es insostenible porque el nivel de demanda aumenta y se dispone de menos recursos, ya que aún el abastecimiento energético está basado en combustibles fósiles, que además de tener una vida limitada, en su combustión emiten CO<sub>2</sub> que da lugar al temido cambio climático.

El sistema energético actual impide que toda la población mundial pueda disfrutar de la misma calidad de vida, lo que sugiere que necesitamos un nuevo modelo energético que sea capaz de cubrir sus necesidades de forma sostenible.

La política energética de la Unión Europea persigue alcanzar de manera equilibrada los tres objetivos tradicionales que caracterizan un modelo energético sostenible: seguridad de suministro energético, competitividad económica y sostenibilidad medioambiental.

El Tratado de Lisboa constituye un paso importante para establecer en la UE una política energética común.

La política energética está íntimamente ligada a la de cambio climático, al ser el sector energético uno de los principales contribuyentes a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En total, las emisiones relacionadas con el consumo energético, incluyendo la producción de electricidad y calor, industria y transportes, representan 2/3 del total, el tercio restante se debe a actividades agrícolas y forestales y residuos.

El proceso iniciado en Río de Janeiro en 1992 culminó con el Protocolo de Kioto de 1997 que entró en vigor en 2001, al haber sido ratificado por un número suficiente de países.

Fruto de la adhesión de la UE a dicho Protocolo, fue el establecimiento del compromiso de reducción de un 8% de sus emisiones de GEI en comparación a los niveles de 1990, objetivo que debía cumplirse durante el periodo 2008-2012.

En el caso de la UE, su objetivo de reducción de emisiones se definió en un 8%. Este objetivo se desagregó por país en función de diversas variables económicas y medioambientales, con la intención de repartir esfuerzos de manera justa. En particular, a España se le limitó el aumento de emisiones a un 15%.



La UE consiguió superar holgadamente el objetivo impuesto, reduciendo sus emisiones en un 12%. Sin embargo, España experimentó un aumento de emisiones de un 24%, superando el límite impuesto del 15%. Esto se debió a un crecimiento muy acelerado de la economía española, que inevitablemente se tradujo en un aumento mayor del esperado de las emisiones de GEI a pesar del esfuerzo realizado por limitarlas. De hecho, la variación de emisiones y la de otras variables medioambientales están estrechamente relacionadas con el crecimiento económico.

El segundo periodo de compromiso, de 8 años de duración, comenzó el 1 de enero de 2013 y se extiende hasta el año 2020.

Adicionalmente, el 12 de diciembre de 2015, se adoptó por unanimidad el primer acuerdo climático universal sobre el clima, el Acuerdo de París. Su aplicabilidad sería para el año 2020, cuando finaliza la vigencia del Protocolo de Kioto. El acuerdo fue negociado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP21) por los 195 países miembros. Este acuerdo tiene como objetivo mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2°C y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales. Para ello, los EM han fijado el objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> con el fin de lograr una emisión neta cero en la segunda mitad de siglo. Además de estos compromisos internacionales, la UE ha querido tener un liderazgo en la lucha contra el cambio climático.

### **Perspectiva a corto plazo (2020)**

Los Jefes de Estado y Gobierno de la UE establecieron en 2007 una serie de compromisos relacionados con el clima y la energía, a alcanzar en el año 2020 y conocidos como “Objetivos 20/20/20”. Fue en 2009 cuando el **“Paquete de Energía y Cambio Climático 2013-2020”** sentó las bases para dar cumplimientos a estos objetivos:

- Reducción del 20% en las emisiones de GEI en comparación con los niveles de 1990.
- Aumento de la participación al 20% de las fuentes renovables en el consumo energético.
- Mejora del 20% en la eficiencia energética.



Este periodo de ocho años coincide con el segundo periodo de compromiso del Protocolo de Kioto, ámbito en el cual la Unión Europeo se ha comprometido a reducir las emisiones de GEI en un 20% con respecto al año 1990.

El objetivo de reducción de emisiones se cubre teniendo en cuenta dos grandes bloques: los sectores sometidos al Sistema de Derechos de Emisión (ETS, por sus siglas en inglés) y los sectores difusos. Los sectores ETS tendrán que reducir sus emisiones un 21% respecto a 2005 y los no-ETS un 10%. El objetivo europeo de reducción de emisiones en los sectores difusos se reparte entre los distintos EM, que para el caso de España coincide con el europeo.

### **Perspectiva a medio plazo (2030)**

De forma que prosigan los avances que se esperan a 2020 y en la senda hacia 2050 el 23 de octubre de 2014 el Consejo Europeo acordó **“el marco de actuación de la UE en materia de clima y energía hasta el año 2030”**.

Los objetivos son los siguientes:

- Reducir las emisiones de GEI por lo menos un 40% para el año 2030, con respecto a los valores de 1990. Este objetivo será cumplido colectivamente por la UE de la manera más rentable posible, con reducciones en los sectores incluidos en el ETS y no incluidos en el ETS del 43% y del 30%, respectivamente, en comparación con 2005. Este esfuerzo se repartirá de manera equitativa y solidaria entre los EM. En julio de 2016 la Comisión presentó una propuesta de Reglamento de Reparto de Esfuerzo, que está en proceso de tramitación, y que asigna a España un objetivo de reducción de emisiones de sus sectores difusos del 26% respecto al 2030.
- Aumentar la cuota de energías renovables dentro del consumo total de energía de la UE, que tiene que ser como mínimo del 27%. Este objetivo será vinculante a nivel de la UE, pero deberá lograrse respetando plenamente la libertad de los EM para determinar su mix energético y para fijar sus propios objetivos nacionales. La integración de niveles cada vez mayores de energías renovables intermitentes requiere una mayor interconexión en el mercado interior de la energía y un respaldo adecuado de las tecnologías convencionales.



- Mejora de la eficiencia energética en un 27%. Este objetivo indicativo consiste en reducir un 27% la energía primaria respecto a las previsiones de consumo energético a 2030. Este objetivo será revisado antes de 2020 teniendo en mente un nivel del 30% para la UE. La Comisión propondrá los sectores prioritarios en los cuales se puedan cosechar ganancias significativas de eficiencia energética.

El 30 de noviembre de 2016 la Comisión Europea presentó el paquete de medidas **“Energía Limpia para todos los europeos”**, conocido también como “Winter Package” o “Paquete de Invierno”. Con este paquete de medidas, aún en proceso de tramitación, la CE elevó la mejora de la eficiencia energética al 30%.

Estos objetivos se encuentran en los compromisos de la UE de acuerdo con el Acuerdo de París.

Tabla 1. Objetivos de la política energética de energía y clima de la UE a 2020 y 2030.

Objetivo	Explicación	2020	Ámbito	2030	Ámbito
Eficiencia energética	Objetivo de reducción de consumo de energía primaria respecto a proyecciones tendenciales realizadas en 2007	20%	Vinculante para Europa, con objetivo orientativo para España	27%	Orientativo para Europa
Cuota de renovables	Objetivo de cuota de energía final proveniente de fuentes renovables	20%	Vinculante para España, con objetivo específico	30%	Vinculante para Europa, sin objetivo específico definido para España
Emisiones globales	Objetivo de reducción de emisiones globales respecto de niveles de 1990	20%	Vinculante para Europa, sin objetivo específico definido para España	40%	Vinculante para Europa, sin objetivo específico definido para España
Emisiones sectores no-ETS	Objetivo de reducción de emisiones para los sectores no-ETS respecto de los niveles de 2005	10%	Vinculante para España, con objetivo específico	30%	Vinculante para España, pendiente aprobación objetivo específico para España
Emisiones sectores ETS	Objetivo de reducción de emisiones para los sectores ETS respecto de los niveles de 2005	21%	Vinculante para Europa, sin objetivo definido para España	43%	Vinculante para Europa, sin objetivo específico definido para España



### Perspectiva a largo plazo (2050)

La Unión Europea facilita a sus Estados miembros un marco general a largo plazo para abordar el problema de la sostenibilidad y los efectos transfronterizos que no pueden solucionarse solo a nivel nacional.

Con el objeto de limitar el aumento de la temperatura media a menos de 2°C, el Consejo Europeo reafirmó en febrero de 2011 el objetivo de la UE de reducir las emisiones de GEI entre un 80% y un 95% de aquí a 2050 respecto a los niveles de 1990<sup>1</sup>.

En marzo de 2011, en apoyo a este compromiso, la Comisión Europea publicó una **Hoja de ruta hacia una economía baja en carbono y competitiva en 2050**<sup>2</sup>. Esta Comunicación establece los elementos clave que deberían estructurar la acción climática para que la UE pueda convertirse en una economía hipocarbónica competitiva en de aquí a 2050.

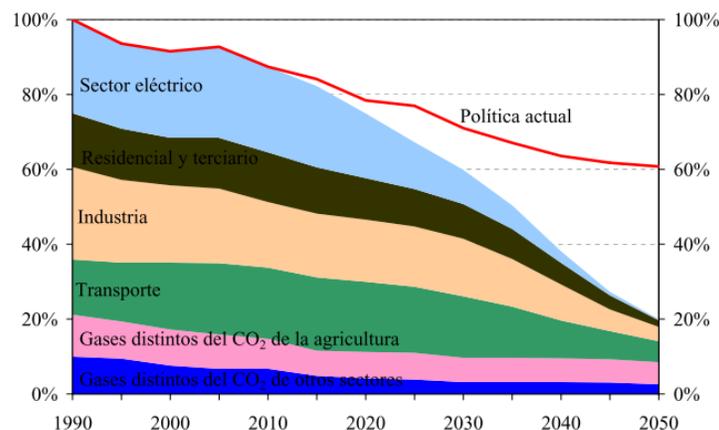


Ilustración 1. Emisiones de GEI de la UE: hacia una reducción interna del 80%.

Fuente: Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050. COM (2011) 112 final.

<sup>1</sup> En el Consejo Europeo de octubre de 2009, la UE se comprometió a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entre un 80% y un 95% para 2050, respecto a los niveles de 1990.

<sup>2</sup> COM (2011) 112 final.



El análisis detallado efectuado por la Comisión sobre las vías más rentables para reducir las emisiones de GEI de aquí a 2050 ha proyectado algunos resultados importantes, que se muestran a continuación:

1. De cara a la consecución del objetivo de reducir entre el 80% y el 95% del total de las emisiones de GEI ante el horizonte de 2050, una transición gradual rentable exigiría reducir a nivel interno el 40% de las emisiones en 2030 y el 80% en 2050 respecto a 1990.
2. Si el Plan de Eficiencia Energética<sup>3</sup> se aplicara en su totalidad y con eficacia, la UE podría rebasar el objetivo actual del 20% de reducción de las emisiones y alcanzar una reducción del 25%.
3. La reducción drástica de las emisiones de la UE puede aportar beneficios en términos de ahorro en las importaciones de combustibles fósiles y de mejoras de la calidad atmosférica y de la sanidad pública.

La hoja de ruta establece una serie de metas, en intervalos de reducción de las emisiones hasta 2030 y 2050, para algunos sectores clave de la economía. Esta hoja de ruta es el punto de partida para el desarrollo de iniciativas políticas y hojas de ruta sectoriales, tales como la Hoja de Ruta Energía y el Libro Blanco del Transporte.

La **Hoja de Ruta de la Energía**<sup>4</sup> fue publicada el 15 de diciembre de 2011 debido a que el sector de la energía es responsable de la mayor parte de las emisiones de GEI que produce el ser humano. En esta Hoja la Comisión analiza los retos planteados para el cumplimiento del objetivo de descarbonización de la UE y, simultáneamente, la garantía de la seguridad del abastecimiento energético y la competitividad.

Las políticas y medidas de la UE para alcanzar los objetivos de la política energética para 2020 y la estrategia Energía 2020 son ambiciosas y continuarán cumpliendo los compromisos contraídos después de 2020, contribuyendo a reducir las emisiones en casi un 40 % en 2050. Sin embargo, seguirán siendo insuficientes para lograr el objetivo de descarbonización de la UE para 2050, ya que para entonces solo se habrá logrado cumplir menos de la mitad del objetivo de la descarbonización. Esto da una idea del nivel de esfuerzo y de cambio, tanto desde el punto de vista estructural como social, que serán

---

<sup>3</sup> Plan de Eficiencia Energética, COM (2011) 109

<sup>4</sup> COM (2011) 885 final



precisos para realizar la necesaria reducción de emisiones, logrando al mismo tiempo que el sector de la energía siga siendo competitivo y seguro.

La Comisión publicó, también en 2011, el **Libro Blanco del Transporte**<sup>5</sup> por ser el sector transporte una fuente significativa de emisiones de GEI en continuo aumento. En el Libro se describen 40 iniciativas con la finalidad de crear un espacio único europeo de transporte más competitivo y con una red de transporte plenamente integrada que enlace los diferentes modos y permita un cambio profundo en las pautas de transporte tanto de pasajeros como de mercancías. Además, también tienen como propósito reducir drásticamente la dependencia europea del petróleo y disminuir las emisiones de GEI en el transporte un 60% para 2050.

Todos estos objetivos europeos y las medidas asociadas están alineados con las cinco dimensiones de la Unión de la Energía<sup>6</sup>: Seguridad energética, solidaridad y confianza; Un mercado europeo de la energía plenamente integrado; Eficiencia energética como contribución a la moderación de la demanda; Descarbonización de la economía; e Investigación e innovación y competitividad.

---

<sup>5</sup> COM (2011) 144 final

<sup>6</sup> El 25 de febrero la Comisión Europea lanzó la “Estrategia Marco para una Unión de la Energía resiliente con una política climática prospectiva”.



## 1.2. Objetivos del trabajo

La finalidad de este trabajo es determinar si es posible alcanzar en España los objetivos de energía y clima fijados por la Unión Europea para 2050 y analizar las repercusiones de dichos propósitos. Para ello, se abordarán también los mecanismos más adecuados que permitan su consecución.

Para la elaboración del mismo ha sido necesaria la consulta de distintas publicaciones y estadísticas, y la habituación a las bases de datos de la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat), el Instituto Nacional de Estadística (INE), el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD), y el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la energía (IDEA), entre otros.



## 2. Evolución reciente del consumo energético

El consumo energético depende del crecimiento económico, y de la intensidad energética de la economía. La necesidad de un modelo energético sostenible hace de la reducción de emisiones un reto global. Es necesario considerar diferentes factores, y su evolución histórica, para entender la evolución futura del sector energético.

Por tanto, en primer lugar, se estudiará la evolución de cada una de estas variables.

### 2.1. Demografía

La población española tuvo un elevado crecimiento hasta el año 2012 hasta alcanzar casi los 47 millones, como se puede observar en la Ilustración que sigue.

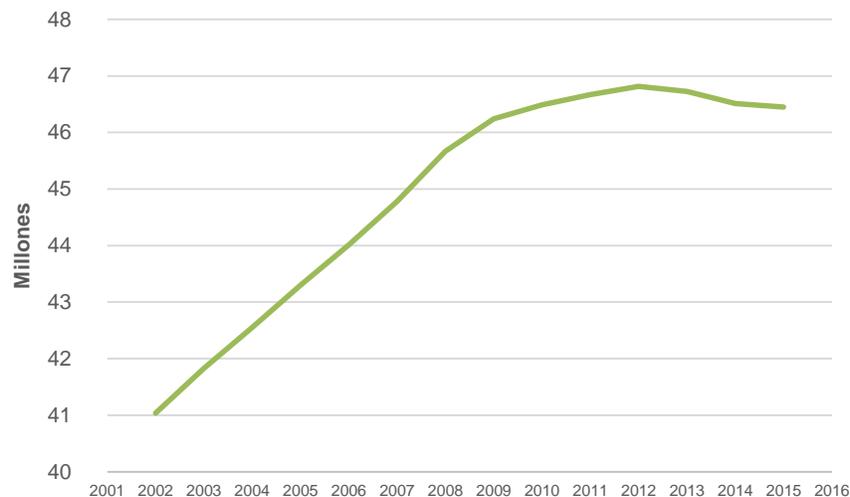


Ilustración 2. Evolución de la población.

Si consideramos el periodo 2002-2015, en España tuvo lugar un crecimiento demográfico anual del 1%.



## 2.2. Producto Interior Bruto (PIB) y Valor Añadido Bruto (VAB)

El PIB, al igual que el VAB, es una variable de nivel macroeconómico que junto con el consumo de energía nos permite calcular la intensidad energética, tanto primaria como final.

En 2015 el PIB nacional<sup>7</sup> aumentó un 3,2%, por encima del 1,4% del año anterior, recuperando con ello el impulso que había mantenido hasta el inicio de la crisis en 2008.

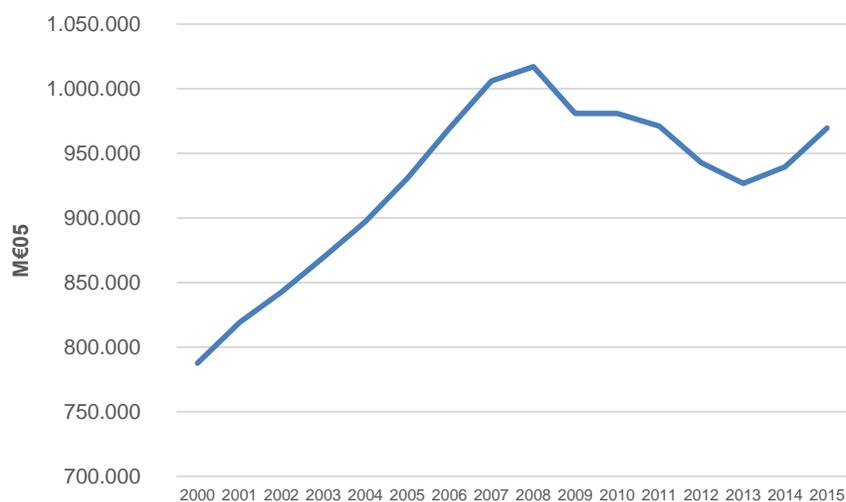


Ilustración 3. Evolución del PIB a precios constantes 2005.

En cuanto a la evolución económica por sectores, en el periodo 2000-2015, se puede observar el incremento del peso en el PIB del sector servicios, en claro contraste con la contracción experimentada por la industria. Tanto en el transporte como en el sector primario su aportación al PIB se ha mantenido prácticamente constante.

<sup>7</sup> Para evitar distorsiones por las modificaciones de los precios se toma como referencia los precios de un año base, que en el caso de este estudio es el 2005.

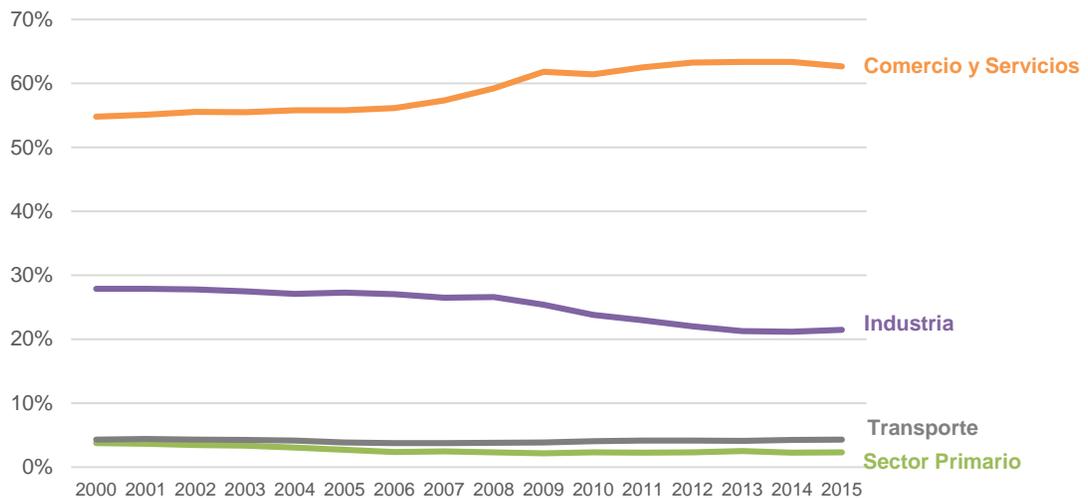


Ilustración 4. Participación por sectores en el PIB.

### 2.3. Intensidad Energética (IE)

La intensidad energética es un indicador de eficiencia energética. Se define, típicamente, como la relación entre el consumo energético y el volumen de la actividad económica (PIB/VAB).

Para mejorar la eficiencia energética es necesario reducir la intensidad energética. Es importante diferenciar entre eficiencia y ahorro. La primera conlleva un ahorro energético, el cual puede venir de una disminución de la cantidad de servicio; mientras que el ahorro es consumir menos, evitando despilfarros, excesos o disminuyendo el grado de confort. La eficiencia es un concepto que suele estar vinculado a los equipos y a la gestión de los mismos, sin embargo, el ahorro está ligado a las personas y al uso que hacen de la energía. Otro aspecto que también es importante señalar es que la intensidad energética es más un indicador de productividad que de eficiencia energética, ya que depende de la estructura económica, del mix energético de las condiciones climatológicas y hasta del tipo de cambio de moneda; por lo que no es lo mismo comparar un país muy industrializado con un país especializado en servicios, ya que este último tendrá una intensidad energética menor pero no implica necesariamente que su eficiencia sea mayor.



Por tanto, la disminución de la intensidad energética puede descomponerse en dos componentes:

- **Intrasectorial.** Representa el efecto de la intensidad energética final por ganancia de eficiencia.
- **Estructural.** Es el cambio de la estructura de nuestra economía.

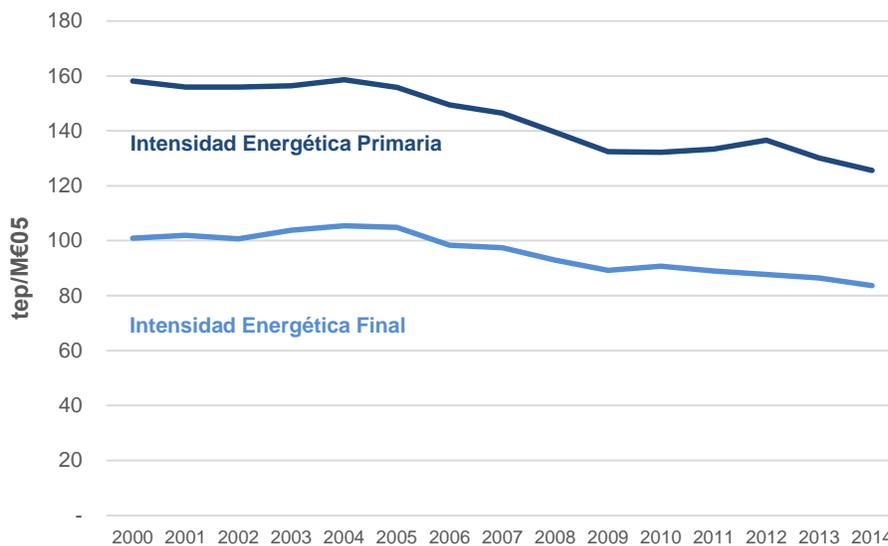


Ilustración 5. Evolución de la intensidad energética primaria y final.

En la Ilustración anterior se puede observar que el crecimiento de la intensidad energética española fue continuo hasta 2004, coincidiendo con una etapa de alto crecimiento del PIB. A partir de entonces ha sufrido un cambio notable, con una reducción importante de la misma entre 2004 y 2014 (-20,6%). También se puede destacar que la reducción de la intensidad primaria es aún mayor, esto es debido al mix de generación (con una mayor aportación renovable y de ciclos combinados de gas natural, que tienen un mejor rendimiento que las plantas convencionales).

### 2.3.1. Desagregación por sectores

#### Sector industrial

En la industria española destacan cinco ramas por su mayor demanda e intensidad energética, tal y como se observa en la Ilustración que sigue: metalurgia; minerales no metálicos; química; pasta, papel e impresión; y alimentación, bebidas y tabaco. Esta intensidad tan alta se explica por su elevado consumo energético lo que contrasta con una aportación limitada al VAB.

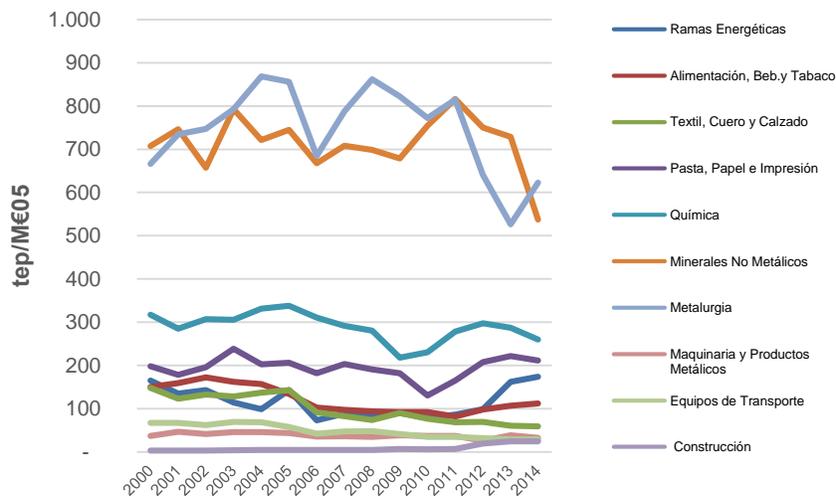


Ilustración 6. Evolución de la intensidad energética de las distintas ramas industriales.

Con esto se puede decir que la intensidad energética de la industria manufacturera en España tiene un valor muy elevado, sin embargo, si se considera la industria en su conjunto (incluyendo la construcción), la evaluación de la intensidad energética resulta más favorable.

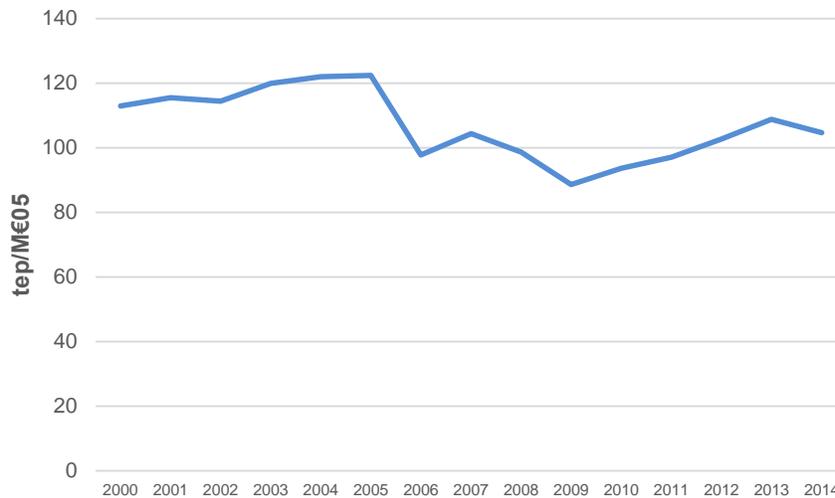


Ilustración 7. Evolución de la intensidad energética del sector industrial.

En el periodo 2000-2014 la industria ha sufrido una caída media anual del 0,5%, a pesar del incremento sufrido a partir de 2009 como consecuencia de la crisis económica.

### Sector transporte

Entre los años 2000-2014 el sector transporte ha reducido su intensidad energética un 19,1%, lo que supone un descenso anual del 1,5%. Esta evolución de la intensidad responde a mejoras de eficiencia inducidas por actuaciones implementadas en el marco de los Planes de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética, reforzadas por efectos estructurales y de actividad inducidos por la crisis en los distintos sectores de la economía, lo que ha llevado a una disminución de la movilidad asociada al transporte de mercancías y pasajeros (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2014).

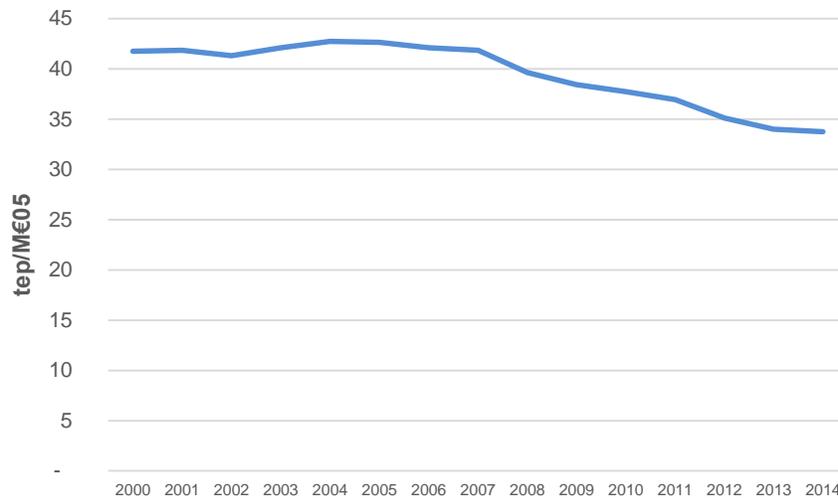


Ilustración 8. Evolución de la intensidad energética del sector transporte.

### Sector servicios

La intensidad energética de este sector es muy inferior a la de los anteriores, esto es debido tanto a que es un sector menos intensivo desde el punto de vista energético como a su elevado VAB (63% del PIB en los últimos años).

En el periodo 2000-2014 se ha reducido un 5,4%. A partir de 2011 se observa una paulatina tendencia decreciente del indicador, concretamente en estos años se ha reducido un 8,6%.

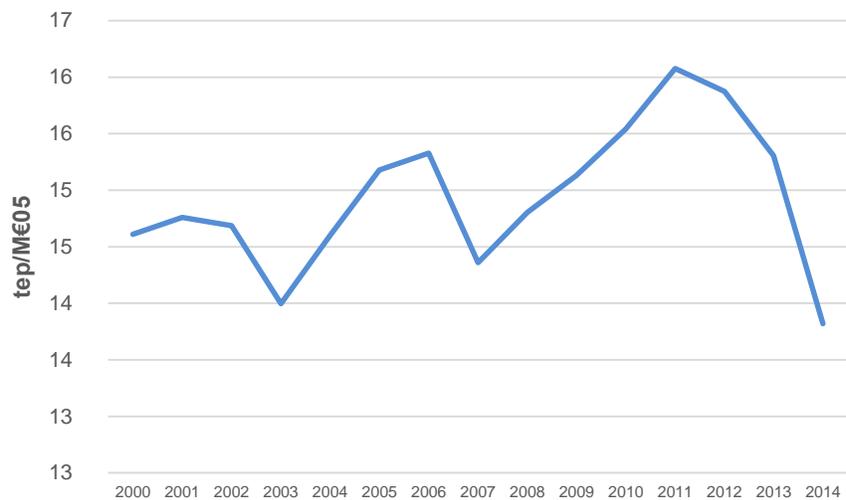


Ilustración 9. Evolución de la intensidad energética del sector servicios.

### Sector residencial

El indicador de la intensidad energética de este sector disminuyó a un ritmo medio anual del 1% en estos años (2000-2014).

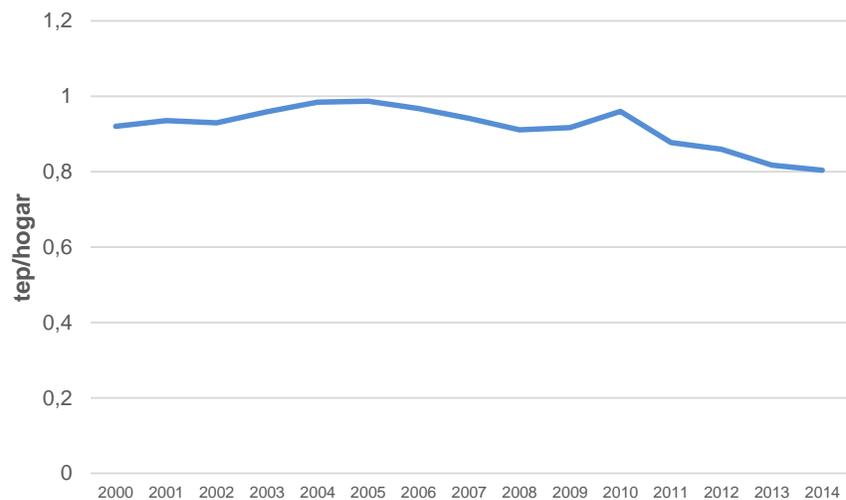


Ilustración 10. Evolución de la intensidad energética del sector residencial.



Esta mejora es debida a las mejoras tecnológicas incorporadas por los hogares en cuanto a equipamiento electrodoméstico e instalaciones, así como a otras mejoras inducidas por requerimientos legislativos más exigentes en materia de eficiencia energética en el sector de la edificación.

#### 2.4. Energía final

El indicador de consumo de energía final nacional contabiliza los consumos totales de carbón, productos petrolíferos, gas natural, energías renovables y electricidad, para todos los sectores: industrial, transporte, servicios, residencial y primario.

El consumo de energía final en 2015 ha aumentado un 1% respecto al año 2000. En 2015, el consumo de energía final, usos no energéticos excluidos, asciende a 80.461 ktep, es decir, un 1,6% superior al consumo del año precedente. Este aumento supone una ruptura en la tendencia a la baja iniciada en 2007 y mantenida hasta el 2014, con excepción del repunte del 2010.

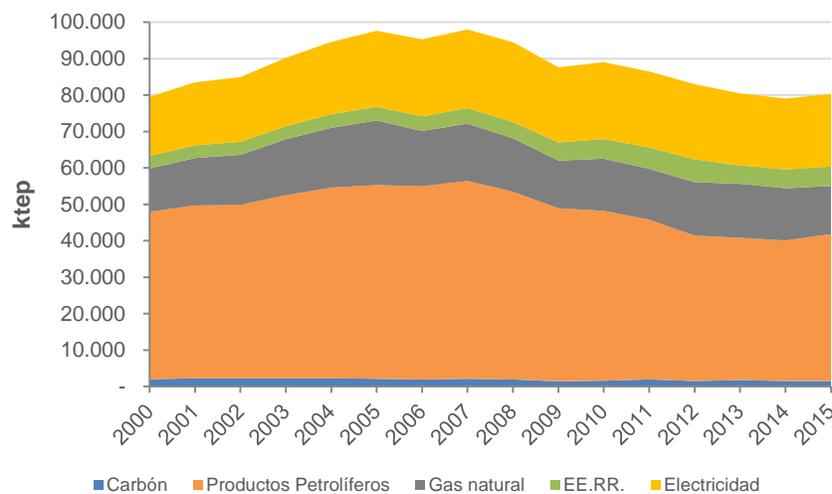


Ilustración 11. Evolución por fuentes de la demanda final (excluyendo usos no energéticos).

### 2.4.1. Energía final por fuentes

La participación de cada una de las energías en el consumo final ha ido variando a lo largo del periodo (2000-2015) de manera considerable, tal y como se muestra en la siguiente Ilustración.

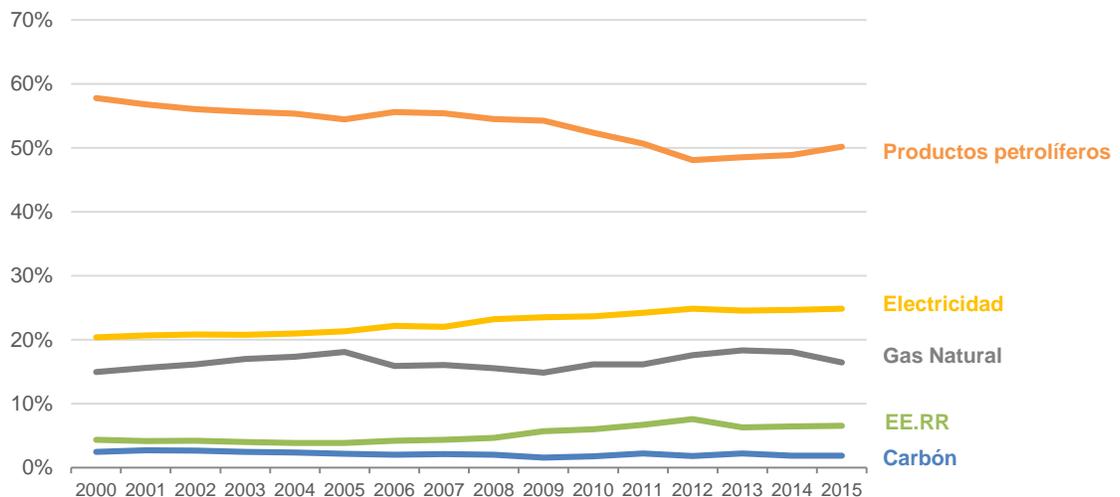


Ilustración 12. Participación por fuentes en el mix energético (excluyendo usos no energéticos).

El consumo final de **carbón** ha sufrido un descenso medio anual del 1,7%. A pesar de esto, su participación en el mix ha permanecido prácticamente constante a lo largo de estos años, aunque es la fuente de energía minoritaria en el consumo de energía final, concretamente un 2%.

Los **productos petrolíferos** están perdiendo peso, pero siguen siendo el principal componente del mix. En este periodo (2000-2015) su consumo ha descendido a una media anual del 0,9%. Sin embargo en el último año aumentaron un 4,4%.

El **gas natural** ha aumentado su participación en el mix, a pesar del descenso que experimenta desde el año 2013.

Las **energías renovables** han sido las que han mostrado un mayor crecimiento (+2,9% anual). Su participación en el mix aumentó un 1,9% de 2000 a 2015.

La **energía eléctrica** ha sufrido un descenso desde el año 2011 a pesar del aumento experimentado en 2015 (+2,3%).



En 2015 los productos petrolíferos y la electricidad representaron el 71,5% de la demanda global de energía final<sup>8</sup>.

#### 2.4.2. Energía final por sectores

Según se observa en la Ilustración que sigue, actualmente, el sector transporte es el de mayor consumo de energía, seguido por el de usos diversos (sector primario, residencial y servicios); siendo el sector industrial el que menos energía consume en España.

Hasta el año 2005 la industria era el segundo consumidor de energía, pero a partir de entonces se modificó esta tendencia, y la diferencia entre ambos es cada vez más pronunciada.

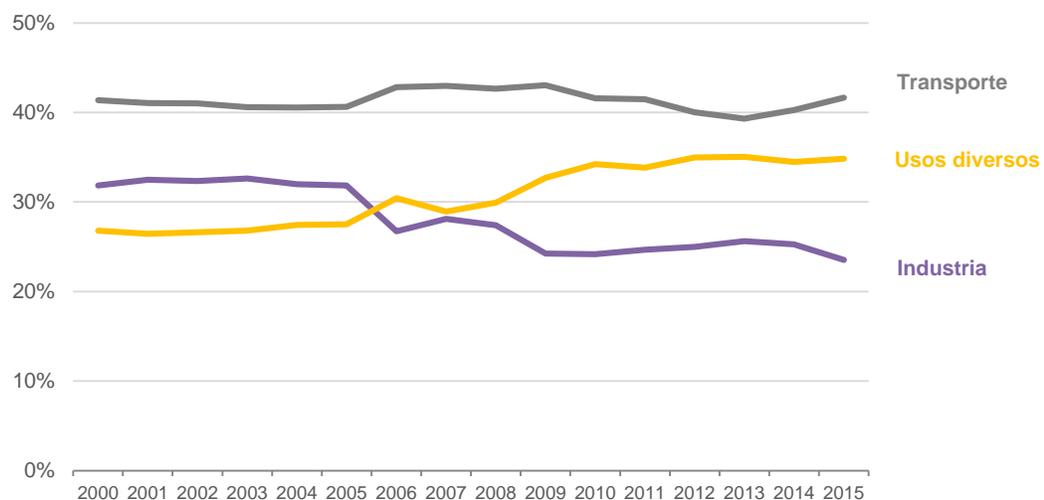


Ilustración 13. Consumo de energía por sector.

El consumo de energía final en el **sector industrial** en el año 2015 disminuyó hasta alcanzar los 18.897,28 ktep, lo que significa un descenso del 5,4% respecto al año anterior.

En el **sector transporte** el consumo aumentó un 5,1% hasta llegar a los 33.445,46 ktep. Las demandas de energía aumentaron en todos los modos de transporte este último año.

<sup>8</sup> No se hace referencia a los usos no energéticos



En España, el transporte por carretera y el aéreo son los modos más intensivos desde el punto de vista energético, por lo que el repunte de la demanda observado en 2015 ha supuesto un mayor consumo de los productos petrolíferos, responsables del 95% de la demanda energética del sector.

Tabla 2. Consumo de energía final en el sector transporte.

	Carretera	Ferrocarril	Marítimo	Aéreo	Otros	Total
2000	26.134	709	1.397	4.496	146	32.882
2015	26.763	327	446	5.642	269	33.445
2015/2000	2,4%	-53,9%	-68,1%	25,5%	84,1%	1,7%

Fuente: IDAE

En cuanto al **sector “usos diversos”** los que tienen un mayor peso en el mismo son el sector servicios y el residencial, ya que el consumo energético del sector primario es prácticamente insignificante.

El consumo energético en el sector servicios aumentó a una tasa interanual del 2,7% alcanzando los 10.039 ktep en 2015, pasando de representar el 8% en el año 2000 al 13% en el 2015.

El sector residencial es clave en el contexto energético actual, representando el 19% de la demanda de energía final. Algunos factores que explican el alto porcentaje de consumo de este sector son el aumento del número de hogares, el mayor confort requerido por los mismos, y por tanto, el aumento del equipamiento. Otro factor que influye en este sector son las condiciones meteorológicas.

## 2.5. Energía primaria

En las últimas décadas, el consumo de energía primaria ha experimentado una variación en su estructura que viene dada por la diversificación de sus fuentes, con una mayor participación del gas natural y de las renovables.

La demanda energética ha ido aumentando hasta el 2007, donde se alcanza un punto de inflexión, reflejando así el efecto de la crisis. Esta tendencia a la baja se interrumpe en 2015, momento en el que se alcanzan los 123.867 ktep (+4,6%). Este incremento viene dado por el aumento de la demanda de petróleo (+3,9%), del carbón (+23,9%) y del gas natural (+3,9%), el aumento de las dos últimas está ligado a su participación en generación eléctrica, ya que el 2015 fue un año de baja contribución hidráulica y eólica, por lo que aumentó la producción eléctrica convencional asociada a centrales térmicas de carbón y ciclos combinados de gas natural.

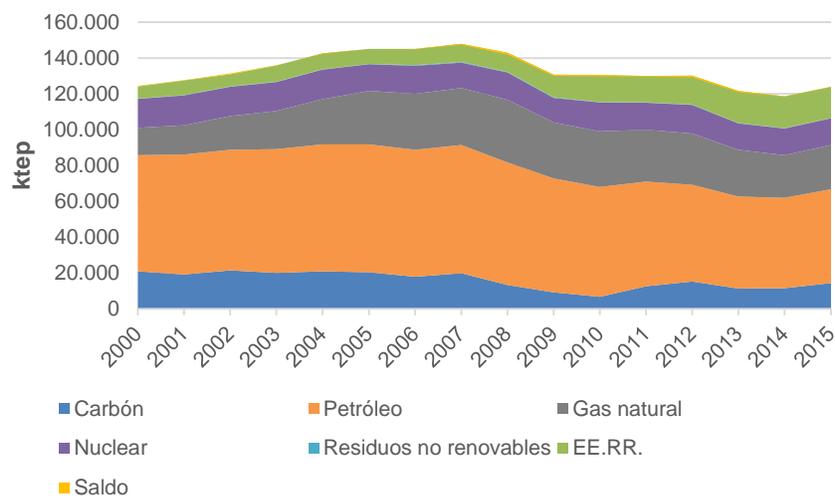


Ilustración 14. Consumo de energía primaria según fuentes energéticas.

El aumento de las energías renovables en el mix energético junto con el descenso de las demandas finales, ha hecho que se produzca una mejora en el **grado de autoabastecimiento**. En 2014 se logró la menor cifra de dependencia energética de los últimos años.



En cuanto a la aportación a la demanda de las energías renovables puede observarse un descenso en el 2015, como consecuencia de su menor participación en la generación eléctrica, ya comentado anteriormente. Este hecho también hace que la dependencia energética nacional sea mayor en dicho año.

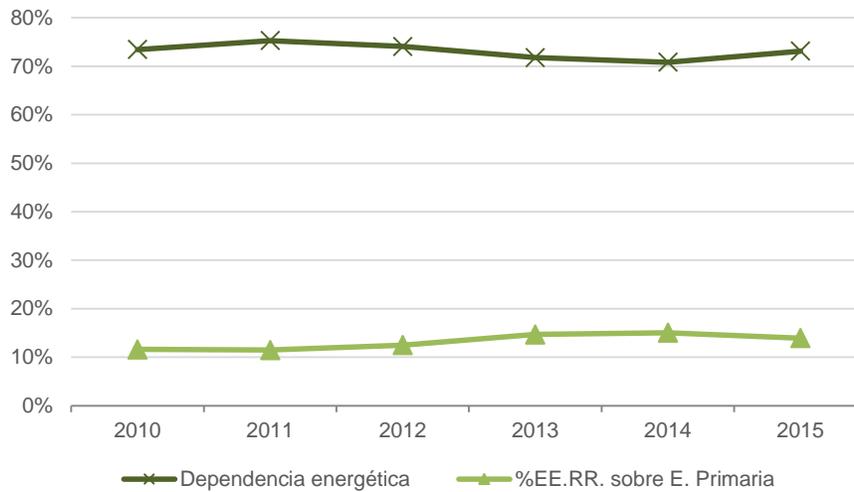


Ilustración 15. Nivel de dependencia energética.



## 2.6. Generación eléctrica

En la evolución de la potencia instalada podemos destacar que se ha producido una transformación del mix de producción eléctrica en el periodo 2006-2016. Se han puesto en servicio 10,3 GW de centrales de ciclo combinado, 23,0 GW de generación con renovables (destacando la eólica +11,6 GW) y 1,0 GW de cogeneración. Al mismo tiempo se han retirado 1,4 GW de grupos generadores convencionales de carbón y 6,4 GW de productos petrolíferos (centrales de fuel).

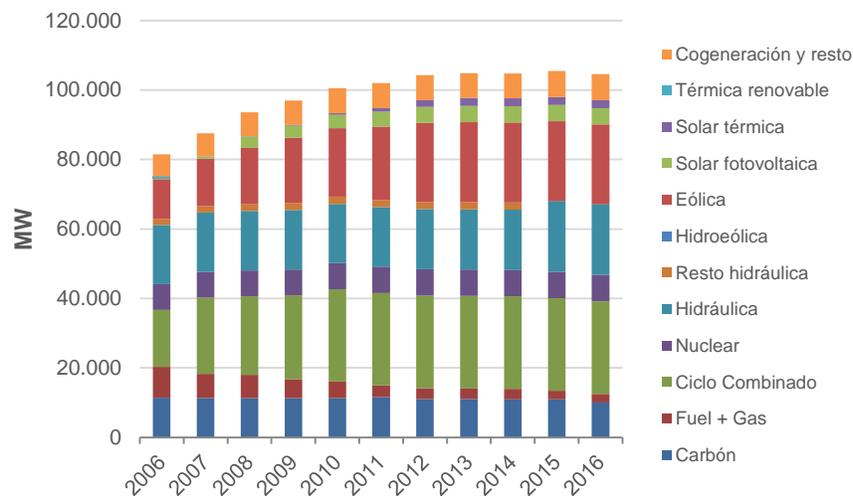


Ilustración 16. Potencia nacional instalada.

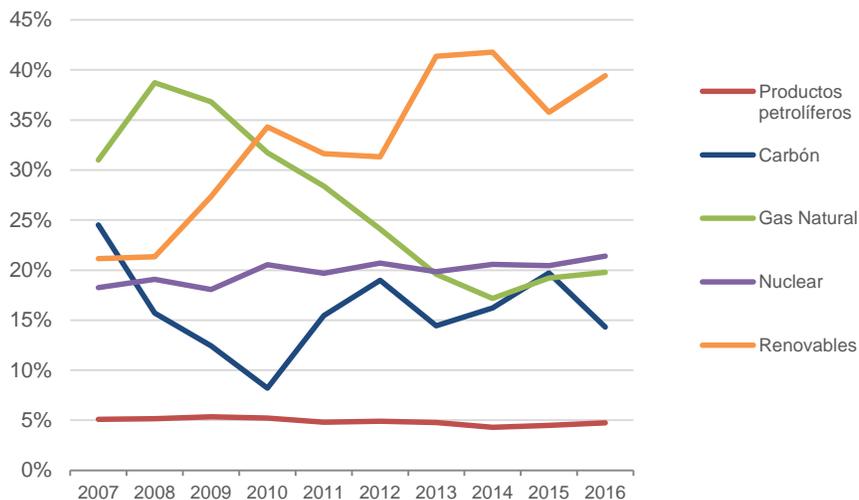


Ilustración 17. Estructura de generación eléctrica bruta.



Debido a estos cambios en la estructura del mix de generación, el consumo de energía primaria para la generación de electricidad ha ido disminuyendo a lo largo de estos años, a pesar del aumento realizado en los dos últimos años que se debe, como se ha dicho, a la baja eolicidad e hidráulica.

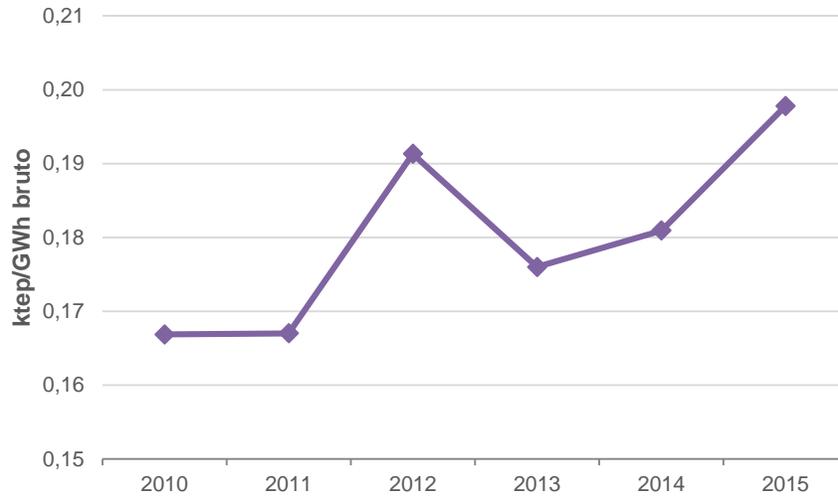


Ilustración 18. Consumo específico primario para la generación eléctrica.



## 2.7. Intensidad Carbónica (IC)

Se entiende por intensidad carbónica la relación que hay entre las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de energía consumida.

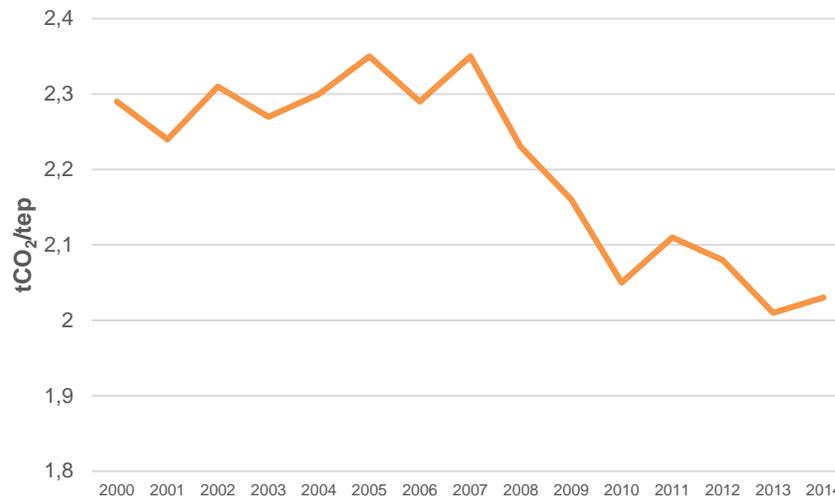


Ilustración 19. Evolución de la intensidad carbónica.

El punto máximo se alcanzó en 2007 (2,35 tCO<sub>2</sub>/tep), momento en el cual también se emitieron mayores toneladas de CO<sub>2</sub>. Si evaluamos el periodo 2000-2014 la intensidad carbónica presenta una mejora del 11%, sin embargo a partir de los años de la crisis ha mejorado un 16%.



## 2.8. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Por "gases de efecto invernadero" se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja<sup>9</sup>.

La historia del descubrimiento científico del cambio climático comenzó a principios del siglo XIX cuando se sospechó que hubo cambios naturales en el paleoclima y se identificó por primera vez el efecto invernadero natural.

A nivel mundial, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), desde 1992, ha dado forma a la acción del gobierno en el medio ambiente. Este marco establece un objetivo "estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático". La COP (Conferencia de las Partes) se reúne todos los años desde 1995 para evaluar los avances en la lucha contra el cambio climático.

Como se ha comentado anteriormente en 1997 se adoptó el Protocolo de Kioto (PK), mediante el cual las Partes Contratantes se comprometieron a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, expresadas en dióxido de carbono equivalente, respecto a los niveles de emisiones del año base. Como este compromiso se repartió entre los participantes en función de sus posibilidades, a España se le permitía aumentar sus emisiones GEI un 15%.

Los GEI a los que hace referencia el Protocolo de Kioto son los siguientes: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). El año base que se ha de tomar como referencia para los tres primeros es 1990, mientras que el Protocolo permite a las Partes escoger entre 1990 y 1995 como año base para el resto, que en el caso de España es este último.

---

<sup>9</sup> Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992



En la COP17, celebrada en Durban, se obtuvieron los siguientes resultados:

- La consecución de un proceso para la adopción de un marco legal de naturaleza vinculante antes de 2015, que se aplicaría a todos los países, a partir de 2020.
- La continuidad del PK, a través de un segundo periodo de compromiso (2013-2017 o 2013-2020). Los nuevos compromisos se contemplan en el anexo de la decisión correspondiente (para la UE se fija el rango 20-30%, ya presentado en Copenhague y Cancún).

En diciembre de 2014 (COP20) se pactó un documento base sobre la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, el cual fue aprobado el 12 de diciembre de 2015 en París (COP 21) para sustituir al Protocolo de Kioto, suscrito en 1997 y con vigencia hasta 2020.

El acuerdo de París fue negociado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP21) por los 195 países miembros. Este acuerdo tiene como objetivo mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2°C y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales. Para ello, los EM han fijado el objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> con el fin de lograr una emisión neta cero en la segunda mitad de siglo. Además de estos compromisos internacionales, la UE ha querido tener un liderazgo en la lucha contra el cambio climático.

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de España cubre todos los sectores de actividad descritos en las directrices del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) y de la CMNUCC: energía, procesos industriales, uso de disolventes, agricultura, uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura y residuos. Asimismo, los contaminantes objeto del Inventario son los que se muestran en la tabla que sigue:



Tabla 3. Contaminantes del Inventario de Emisiones.

<b>Emisiones directas</b>	Gases de efecto invernadero	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )
		Metano (CH <sub>4</sub> )
		Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)
		Hidrofluorocarburos (HFCs)
		Perfluorocarburos (PFCs)
		Hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )
	Tricloruro de nitrógeno (NF <sub>3</sub> )	
	Otros gases (precursores)	Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )
		Amoniaco (NH <sub>3</sub> )
		Monóxido de carbono (CO)
Compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM)		
<b>Emisiones indirectas</b>	Óxidos de azufre (SO <sub>x</sub> )	
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	
	Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI 1990-2015

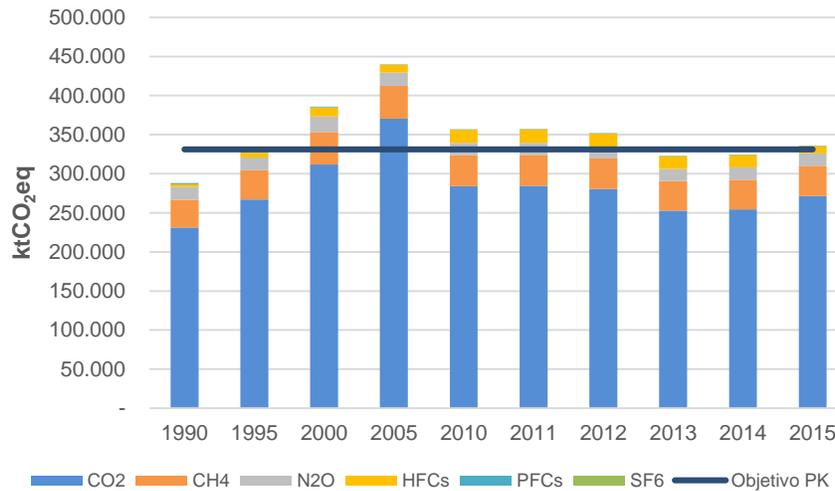


Ilustración 20. Emisiones GEI por fuente.



Se puede observar que el CO<sub>2</sub> es el principal gas emitido, seguido por el metano y el N<sub>2</sub>O. El conjunto de gases fluorados supone una porción muy pequeña de las emisiones en términos de CO<sub>2</sub> eq.

En cuanto a la distribución por sector de actividad, aproximadamente tres cuartas parte de las emisiones globales se originan en el sector procesado de energía. Dentro de este grupo, la generación de electricidad y el transporte son los de mayor peso en las emisiones.

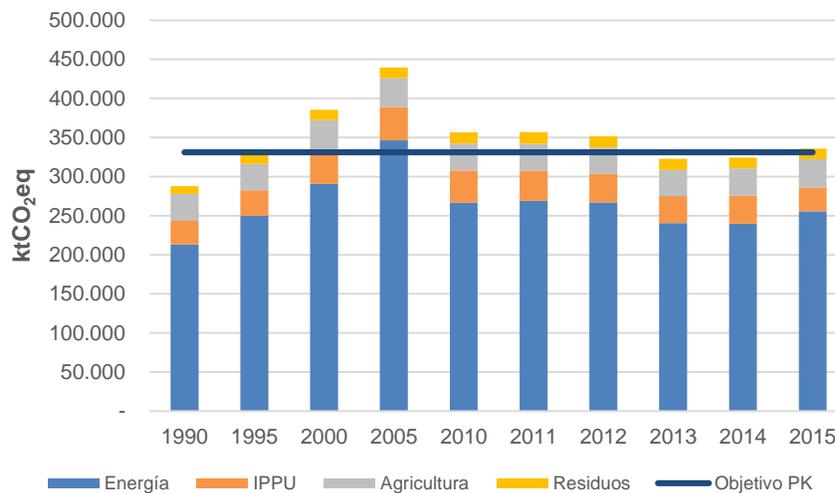


Ilustración 21. Emisiones GEI por sectores.

El “Emission Trade System” (ETS) es el Sistema de Comercio de Emisiones que la UE puso en marcha en 2005 para la reducción de las emisiones de dióxido de carbono y otros GEI al menor coste posible, el cual incluye los consumos industriales, la generación eléctrica y el transporte aéreo. Bajo el principio de "cap and trade", un máximo (cap) fija la cantidad total de gases de efecto invernadero que pueden ser emitidos por todas las instalaciones participantes.

El ETS opera en los 28 países de la UE, Islandia, Liechtenstein y Noruega. Limita las emisiones de GEI de más de 11.000 instalaciones de alto consumo de energía en los sectores de generación eléctrica y en la industria manufacturera, y de los vuelos entre la



UE, Islandia, Liechtenstein y Noruega. Cubre alrededor del 45% de las emisiones de GEI de la UE.

Es un mercado en el que los derechos de emisión son la “moneda” de cambio del ETS. Las empresas reciben (pueden recibir algunos derechos de los gobiernos de manera gratuita) o compran derechos de emisión a otros agentes o en subastas, con los que pueden comerciar libremente. También pueden utilizar derechos sobrantes, que no hayan consumido en años anteriores, o vender derechos si, por ejemplo, piensan que tienen más de los que van a necesitar. Cada derecho concede al titular permiso para emitir una tonelada de CO<sub>2</sub>, o la cantidad equivalente de los otros dos principales GEI (N<sub>2</sub>O y PFC).

Esta flexibilidad del sistema permite a las empresas elegir las opciones más rentables para justificar sus emisiones. Las principales opciones son:

- Invertir en tecnología más eficaz y/o migrar a fuentes de energía que liberen menos carbono para reducir sus emisiones
- Comprar derechos adicionales o créditos en el mercado
- Una combinación de ambas opciones

Actualmente se encuentra en la tercera fase, muy distinta de las fases anteriores, siendo los cambios principales:

- Se aplica un solo límite para toda la UE en lugar de límites nacionales.
- La subasta es el método para asignar derechos, en lugar de la asignación gratuita. Se aplican normas armonizadas de asignación a los derechos que se siguen dando de forma gratuita.
- Se incluyen más sectores y gases.
- Se reservan 300 millones de derechos en la reserva de nuevos entrantes para financiar el desarrollo de tecnologías innovadoras de energías renovables y almacenamiento y captura de carbono a través del programa NER 300.



### 3. Objetivos a 2050

Europa ha fijado un compromiso de reducción de emisiones entre un 80% y un 95% en 2050. Esto supone para España que las emisiones se limiten hasta un valor muy reducido (58 y 14 MtCO<sub>2</sub>)<sup>10</sup>.

Para la realización del trabajo se ha partido de la hipótesis de que los objetivos se cumplen tanto para 2020, como para 2030 y 2050.

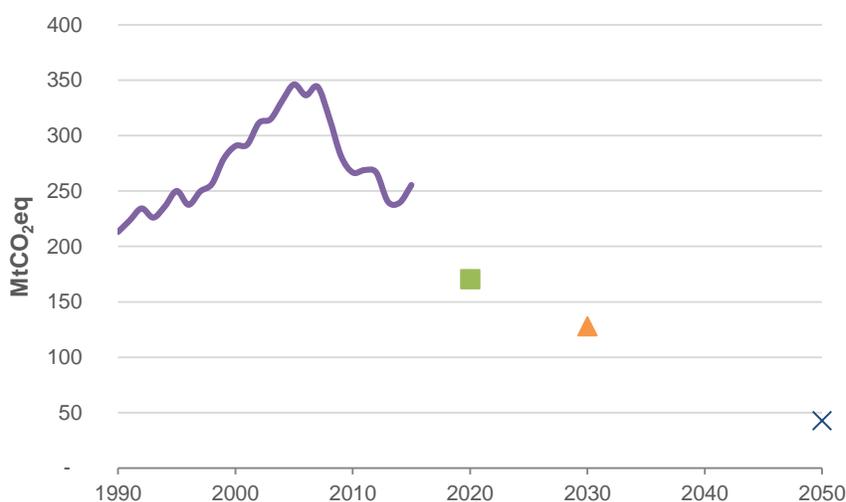


Ilustración 22. Evolución de las emisiones de GEI y objetivos para 2020, 2030 y 2050.

La “Identidad de Kaya” (Kaya, 1997) nos permite explicar los factores que influyen en las mismas.

$$\text{Emisiones CO}_2 = \text{Población} \cdot \frac{\text{PIB}}{\text{cápita}} \cdot \frac{\text{Energía}}{\text{PIB}} \cdot \frac{\text{CO}_2}{\text{Energía}}$$

Por tanto, como se muestra en la fórmula anterior, se puede decir que las emisiones de CO<sub>2</sub> de cada país son función de la población, la riqueza (PIB per cápita), la intensidad energética (energía por unidad de PIB) y la intensidad carbónica (emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de energía consumida).

<sup>10</sup> Este valor es el referido a las emisiones de los usos energéticos y no energéticos. En el caso de este estudio no se han analizado las emisiones relacionadas con los usos no energéticos ni los posibles mecanismos para reducirlas.



Las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) para el 2030 apuntan a una reducción muy significativa de las intensidades carbónicas y energéticas de la UE. El informe World Energy Outlook define dos escenarios:

- **New Policies Scenario** (Escenario de Nuevas Políticas). Este escenario es menos ambicioso. En él, sólo se consideran las medidas y objetivos aprobados por los gobiernos, siendo este no consistente con el cumplimiento del objetivo de los 2°C.
- **450 Scenario** (450 ppm). Este escenario es el consistente con la limitación de la temperatura 2°C por lo que para la definición del mismo se han considerado las siguientes implicaciones, en función de los sectores consumidores de energía:
  - Sector eléctrico. Aumento del precio del CO<sub>2</sub>, refuerzo de políticas de apoyo a la generación baja en carbono (en especial en eólica y solar), incremento del peso de la nuclear en el mix y en la utilización del secuestro y captura del CO<sub>2</sub> (CCS).
  - Transporte.
    - Transporte por carretera de pasajeros: electrificación y penetración importante de gas y biocombustibles.
    - Transporte de mercancías por carretera y transporte marítimo: cierta penetración de gas natural.
    - Aviación: incremento del uso de los biocarburantes.
  - Industria. Eficiencia energética.
  - Edificios. Eficiencia energética en usos térmicos (calefacciones más eficientes, mejoras de aislamiento, instalaciones de bombas de calor...).

En la actualidad este escenario puede alcanzarse impulsando tecnologías que están próximas a su disponibilidad a escala comercial.



La evolución estimada de las intensidades energética y carbónica de la UE hasta el año 2035 son las que se muestran a continuación<sup>11</sup>:

Tabla 4. Evolución estimada de las intensidades energética y carbónica

	Escenario de Nuevas Políticas	Escenario 450
Intensidad energética	-1,4%/año	-1,5%/año
Intensidad carbónica	-1,1%/año	-2,5%/año

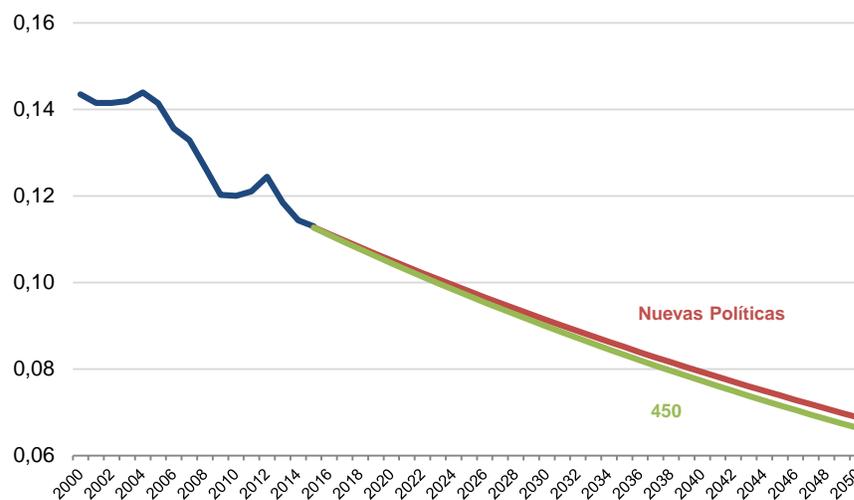


Ilustración 23. Evolución de la intensidad energética primaria según los distintos escenarios.

<sup>11</sup> Fuente: “World Energy Outlook 2010”-IEA; “World Development Indicators”-Banco Mundial; “Perspectivas Energéticas Mundiales 2010”-IEA; “Indicadores de Desarrollo Mundial”-Banco Mundial.



## Modelo energético de España para el cumplimiento de los objetivos europeos sobre Clima y Energía a 2050

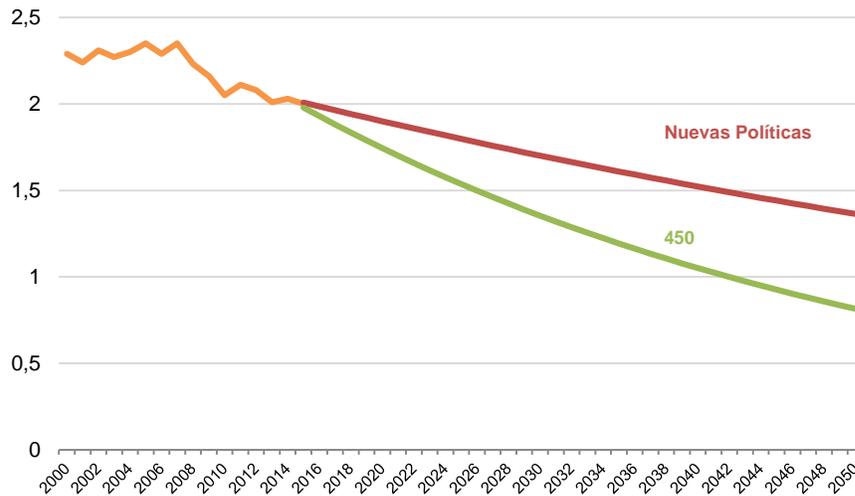


Ilustración 24. Evolución de la intensidad carbónica según los distintos escenarios.

Asumiendo para el caso de España la misma reducción, al igual que estamos asumiendo que los objetivos de reducción de emisiones son los mismos para España que para la media de la UE; y que las previsiones de la AIE hasta el año 2035 son alcanzadas y los ratios se mantienen hasta el año 2050.

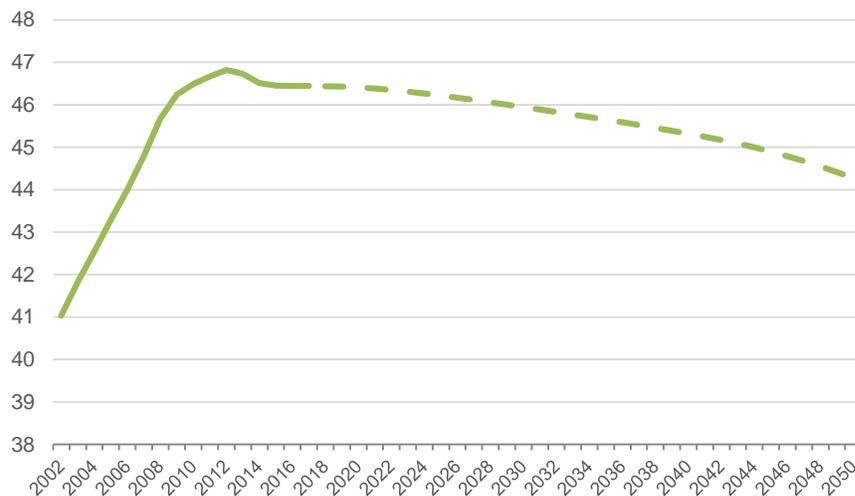


Ilustración 25. Evolución de población hasta 2050.



Se puede calcular, por medio de la “Identidad de Kaya”, la evolución del PIB de aquí a 2050, ya que también sabemos el progreso de la población española<sup>12</sup>, y con esto se consigue deducir si estos escenarios planteados son viables para el caso de España.

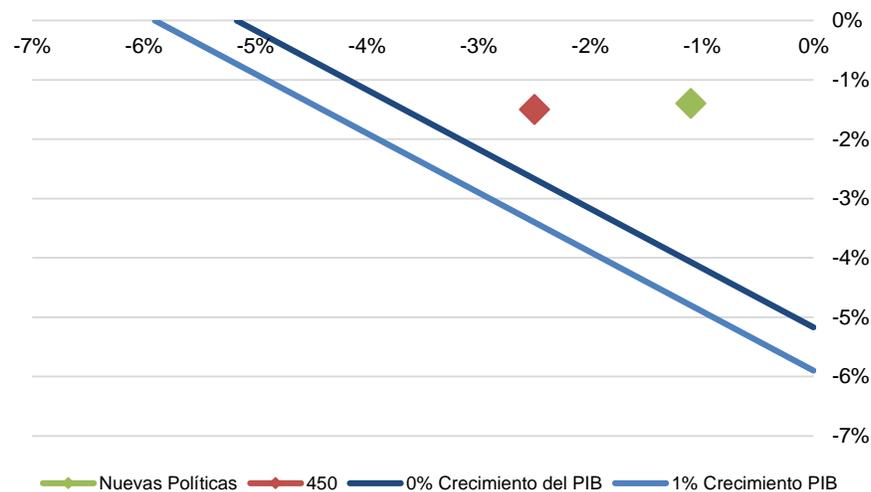


Ilustración 26. Evolución según los escenarios de la AIE España hasta 2050.

En la Ilustración anterior se puede ver que para el cumplimiento de estos objetivos la evolución del PIB hasta el año 2050 debería ser negativa, hecho que parece difícil que vaya a suceder.

Como estos escenarios descritos resulta complicado que se lleven a cabo, en este estudio se ha realizado un modelo propio en el que se considera que el PIB evoluciona hasta 2022 según las previsiones realizadas por el FMI (las cuales son más austeras que las que realiza el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad). A partir de dicho año se considera un crecimiento moderado del PIB (1%).

<sup>12</sup> INE. Proyecciones de población (2016-2066).



Tabla 5. Evolución PIB.

2017	2018	2019	2020	2021	2022
2,6%	2,1%	2,0%	1,9%	1,7%	1,6%

Fuente: FMI.

Después de numerosas simulaciones, y el estudio de diferentes escenarios se llega a la conclusión de que para el cumplimiento de estos objetivos se requiere una reducción de la intensidad energética y de la carbonica de forma continuada del -2,3% y del -3,7%, respectivamente.

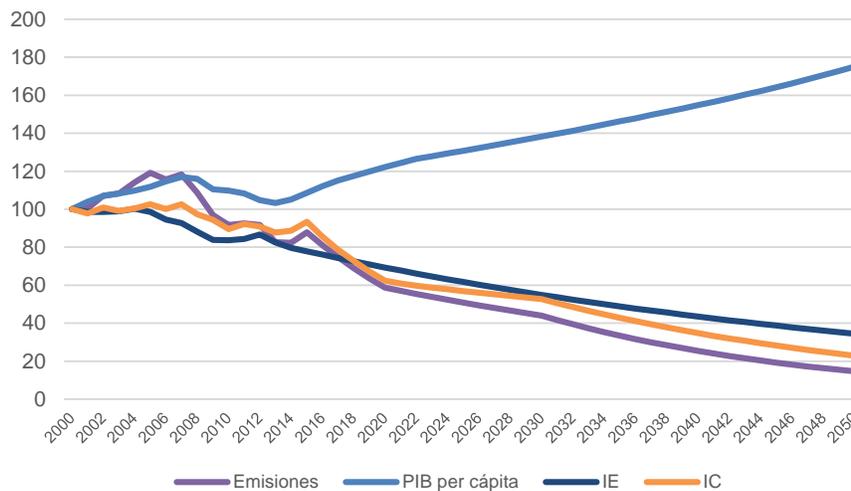


Ilustración 27. Evolución de los parámetros que influyen en la "Identidad de Kaya" (base 2000=100).



#### 4. Transición del modelo energético

El proceso de transición energética hacia un modelo descarbonizado es un asunto complejo ya que se deben tener en cuenta un gran número de elementos para gran parte de los sectores de la economía, como el efecto en cada uno de ellos de la competitividad, de la seguridad energética, de los objetivos de reducción de emisiones, de la vulnerabilidad de determinados sectores o industrias, etc.

Existen muchas dudas en este proceso de transición, por lo que se necesitan políticas y medidas “seguras”, que no vayamos a modificar más adelante, es decir, que no requieran inversiones que puedan quedar obsoletas o innecesarias en función del desarrollo tecnológico.

El estudio no persigue definir cuál es la acción más adecuada, si no describir las actuaciones necesarias para lograr una economía baja en carbono de aquí a 2050. También es necesario señalar que existe una gran incertidumbre respecto a si y cuando determinadas tecnologías que son clave para alcanzar estos objetivos estarán completamente disponibles para su utilización, tales como el vehículo eléctrico, las tecnologías de almacenamiento (baterías), las pilas de hidrógeno o la fusión nuclear.

El punto de partida para abordar esta transición está relativamente claro: España tiene una gran dependencia de recursos fósiles (73% en el año 2015).

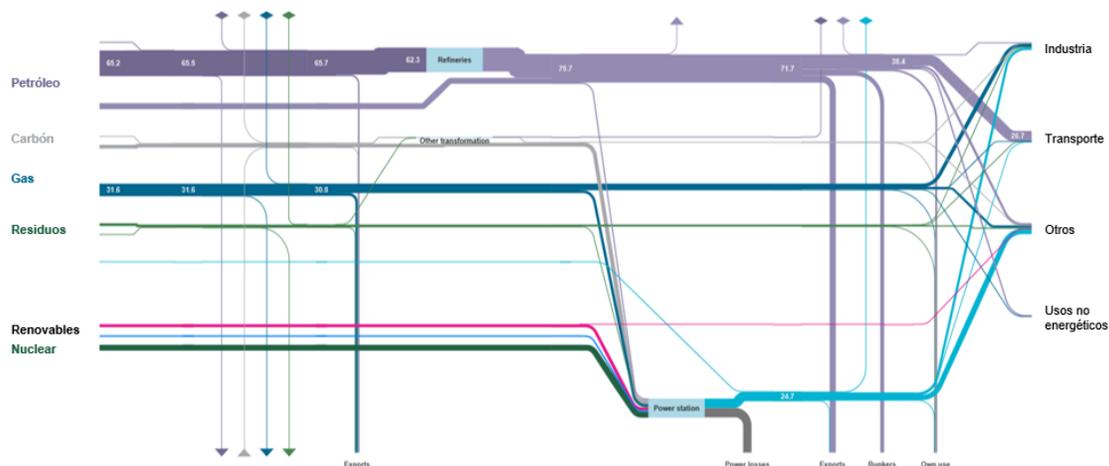


Ilustración 28. Diagrama Sankey 2014 (Mtep). Fuente: IEA



Por tanto, la reducción de emisiones (en el caso de los usos energéticos) sólo se podrá alcanzar combinando simultáneamente las siguientes acciones: elevar la eficiencia energética, sustituir los combustibles fósiles por renovables y luchar contra la deforestación (los árboles ayudan a capturar el carbono y de esta forma España podrá compensar la acumulación de emisiones en la atmósfera).

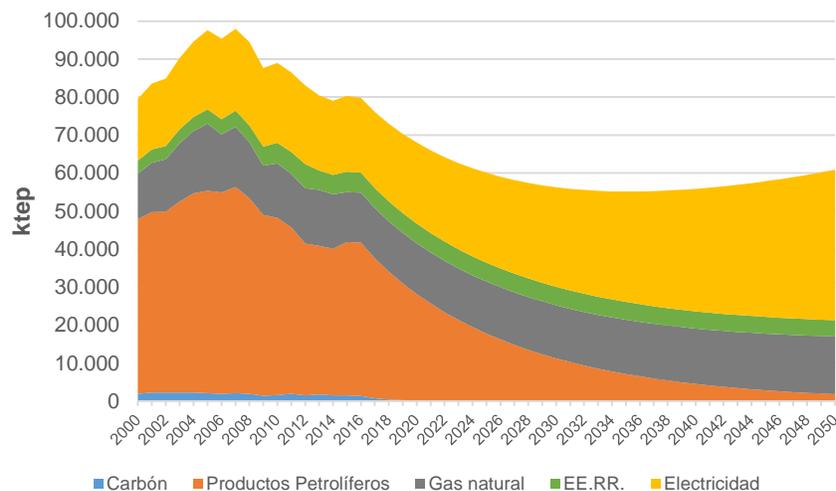


Ilustración 29. Evolución por fuentes de la demanda final hasta 2050.

La sustitución de los combustibles fósiles por renovables se consigue por diferentes vías, siendo las más recomendables la **electrificación** de la demanda (más renovables y mayor eficiencia) acompañada de una evolución hacia un mix de generación eléctrica libre de emisiones.

La implantación de la electricidad depende de la competitividad del precio de la electricidad frente a otras fuentes de energía como son los combustibles fósiles y hay que tener en cuenta que la electricidad está penalizada por el coste de las políticas energéticas, por lo que estos costes deben distribuirse de una forma más eficiente.

En este sentido las acciones a realizar para la reducción del consumo de combustibles fósiles son las que siguen:

- Electrificación, y en menor medida gasificación, de los consumos de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) del sector edificios (residencial y servicios).



- Electrificación y gasificación (el gas es el combustible que menos contamina en determinados procesos térmicos donde no es posible utilizar un vector con menores emisiones) del sector industrial
- Sustitución de vehículos convencionales por eléctricos, los vehículos híbridos o con consumo de biocombustible o gas natural vehicular podrían utilizarse como tecnologías de transición.
- Desplazamiento del transporte de mercancías por carretera a transporte ferroviario eléctrico.

Las dos últimas medidas requerirán importantes inversiones en infraestructura, ya que una de las razones por las que actualmente no se invierte en vehículos eléctricos, en España, es la falta de infraestructura de recarga. Con relación al cambio modal a ferrocarril eléctrico para el transporte de mercancías, nuestro país se posiciona en los últimos lugares de Europa. Además, hoy en día, no todas las redes ferroviarias están electrificadas<sup>13</sup>.

En 2050 el mix de generación eléctrica debe tener hasta el 90-100% de origen renovable, esto implica la instalación de nueva potencia renovable así como tecnologías de almacenamiento de energía, las cuales son necesarias para la seguridad de suministro y respaldo que solicita el sistema eléctrico con una alta penetración de renovables no gestionables. Estas tecnologías de almacenamiento hacen posible la sustitución de las tecnologías térmicas. Para este parque de generación también es necesario el desarrollo de las interconexiones internacionales, ya que requiere un nivel muy alto de interconexión.

Otra opción, que conllevaría una menor exigencia de renovables en el mix, sería la convivencia de las renovables (aproximadamente 60%) con un respaldo térmico al que se le debería de añadir técnicas de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> (CCS). En caso de optar por esta opción el grado de exigencia en interconexiones y almacenamiento sería mucho menor.

En relación a la **eficiencia energética**, para reducir la intensidad energética en un 2,3% (valor en el que se ha ido reduciendo cada año en la última década) hay que realizar actuaciones, entre otras, en nueva edificación, rehabilitación de edificios existentes y

---

<sup>13</sup> El 37% de las redes ferroviarias aún no están electrificadas. Fuente: Eurostat.



nuevos procesos industriales. Estas actuaciones son muy numerosas, de muy diferente naturaleza y engloban prácticamente todos los sectores.



## 5. Conclusiones

- Los objetivos se presentan ambiciosos, se observa que se requieren cambios en las formas de producción y consumo de energía de aquí a 2050. Reemplazar prematuramente tecnologías o combustibles significa poner en riesgo la seguridad de suministro o la eficiencia económica de la transición.
- España depende excesivamente de los combustibles fósiles para cubrir sus necesidades energéticas, pese a la reducción de los mismos en el mix, por lo que aún tiene un largo camino por recorrer para progresar hacia una economía descarbonizada. En este sentido la electricidad tiene un papel crucial para la reducción de emisiones.
- Un modelo tan exigente como el 450 ppm no cumpliría el objetivo de reducción del 80% de emisiones de CO<sub>2</sub>, en el caso de España, por lo que hay que definir unos objetivos más estrictos que los fijados por este escenario de la AIE.
- Para cumplir los objetivos en el horizonte 2050 es necesario que se lleven a cabo todas las acciones anteriormente descritas. No será suficiente que todo el esfuerzo se centre en la eficiencia energética si no se alcanza un parque generador libre de emisiones; o que se consiga un mix libre de emisiones pero se sigan utilizando combustibles fósiles para transporte, usos térmicos en edificación o procesos industriales.
- Se deben fijar políticas energéticas y climáticas coherentes con los objetivos, a la vez que se eliminan las restricciones que impiden la evolución hacia una economía descarbonizada (cargas a fuentes de producción limpia o cargos a la tarifa eléctrica derivados de políticas energéticas que distorsionan la señal de precio). Son necesarios incentivos tanto positivos (ayudas a la inversión) como negativos (barreras en el uso de los combustibles más contaminantes).
- Este proceso de descarbonización, además de ayudar a la lucha contra el cambio climático, tendrá otros impactos positivos (menor dependencia energética, mayor eficiencia energética y un menor precio de la electricidad).



## 6. Referencias bibliográficas

Comisión Europea. (2011). *Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050*. COM(2011) 112 final.

Comisión Europea. (2011). *Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. Hoja de ruta de la Energía para 2050*. COM(2011) 885 final.

Comisión Europea. (2011). *Libro Blanco. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*. COM(2011) 144 final.

Comisión Europea. (2015). *Paquete sobre la Unión de la Energía. Estrategia Marco para una Unión de la Energía resiliente con una política climática prospectiva*. COM (2015) 80 final.

Consejo Europeo. (2014). *Conclusiones sobre el marco de actuación en materia de clima y energía hasta el año 2030*.

Foro Nuclear. Energía 2016.

IDAE. Estudios, informes y estadísticas. Balances de energía final (1990-2015).

IDAE. Estudios, informes y estadísticas. Intensidades energéticas (2014).

IMF. World Economic Outlook Databases (April 2017).

INE. Economía. Cuentas económicas. Contabilidad Nacional Anual de España. Base 2010. Resultados detallados. Agregados por ramas de actividad (31 octubre 2016).

INE. Demografía y población. Cifras de población. Series detalladas desde 2002. Resultados Nacionales. Población residente por fecha, sexo y edad.

INE. Demografía y población. Cifras de población y Censos demográficos. Proyecciones de población (2016-2066).

Kaya Y. & Yokobory K. (1997). *Environment, Energy, and Economy: Strategies for Sustainability*. United Nations University Press.



Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2016). *Comunicación al secretariado de la convención marco de NNUU sobre cambio climático. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2015.*

Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Indicadores e informes macroeconómicos. Escenario Macroeconómico 2017-2020.

Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital. (2017). *Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020.*

Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2016). *La Energía en España 2015.*

Monitor Deloitte. (2016). *Un modelo energético sostenible para España en 2050. Recomendaciones de política para la transición.*

REE. Estadísticas del sistema eléctrico español. Indicadores nacionales.



## Anexo estadístico

### Datos históricos

Tabla 1. Evolución de la población (millones).

2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
41,0	41,8	42,5	43,3	44,0	44,8	45,7	46,2	46,5	46,7	46,8	46,7	46,5	46,4	46,4

Fuente: INE

Tabla 2. Evolución del PIB y del VAB por ramas de actividad (M€05).

	Agricultura	Industria	Servicios	Transporte	VAB	Impuestos	PIB
<b>2000</b>	29.447	219.640	431.544	33.991	714.622	73.043	<b>787.664</b>
<b>2001</b>	29.901	228.528	451.151	36.189	745.769	73.431	<b>819.200</b>
<b>2002</b>	29.122	234.059	467.910	36.444	767.535	75.258	<b>842.792</b>
<b>2003</b>	29.409	238.844	482.494	36.872	787.618	82.029	<b>869.647</b>
<b>2004</b>	27.578	243.221	500.370	37.279	808.449	88.769	<b>897.217</b>
<b>2005</b>	25.238	253.900	519.385	35.724	834.247	96.319	<b>930.566</b>
<b>2006</b>	22.840	262.282	544.025	36.539	865.686	103.758	<b>969.444</b>
<b>2007</b>	24.550	266.292	576.871	37.795	905.508	100.479	<b>1.005.987</b>
<b>2008</b>	23.294	270.715	602.224	38.477	934.710	82.506	<b>1.017.216</b>
<b>2009</b>	21.406	249.038	606.114	38.012	914.570	66.277	<b>980.848</b>
<b>2010</b>	22.919	233.705	602.253	39.546	898.423	82.590	<b>981.013</b>
<b>2011</b>	22.130	222.860	607.200	40.337	892.527	78.655	<b>971.182</b>
<b>2012</b>	21.777	207.706	596.288	39.208	864.980	77.730	<b>942.709</b>
<b>2013</b>	23.264	196.862	587.190	38.034	845.351	81.295	<b>926.645</b>
<b>2014</b>	21.343	198.843	594.918	39.851	854.954	84.470	<b>939.424</b>
<b>2015</b>	22.537	207.900	607.338	41.749	879.524	89.993	<b>969.517</b>

Fuente: INE



Tabla 3. Evolución del consumo de energía final en España (ktep).

	Carbón	Productos petrolíferos	Gas Natural	EE.RR.	Energía eléctrica	Total
2000	1.959	54.893	12.377	3.469	16.207	88.906
2001	2.276	56.611	13.511	3.486	17.282	93.166
2002	2.273	56.656	14.172	3.593	17.674	94.367
2003	2.257	59.080	15.790	3.688	18.739	99.555
2004	2.277	60.627	16.809	3.723	19.838	103.274
2005	2.116	61.071	18.129	3.832	20.831	105.979
2006	2.008	60.483	15.635	4.005	21.167	103.298
2007	2.175	61.708	16.222	4.279	21.568	105.952
2008	2.015	58.727	15.112	4.409	21.938	102.200
2009	1.410	54.317	13.418	5.005	20.621	94.771
2010	1.603	53.171	14.848	5.367	21.053	96.042
2011	1.915	50.119	14.486	5.815	20.942	93.277
2012	1.507	45.543	14.988	6.297	20.661	88.995
2013	1.753	43.603	15.254	5.293	19.953	85.855
2014	1.367	42.264	14.778	5.109	19.513	83.031
2015	1.443	42.879	14.344	5.302	19.999	83.966

Fuente: SEE



Tabla 4. Evolución del consumo de energía primaria en España (ktep).

	Carbón	Petróleo	Gas Natural	Nuclear	Residuos <sup>1</sup>	EE.RR.	Saldo	Total
<b>2000</b>	20.936	64.875	15.216	16.211	115	6.815	382	<b>124.551</b>
<b>2001</b>	19.168	67.004	16.397	16.603	139	8.157	297	<b>127.764</b>
<b>2002</b>	21.598	67.206	18.748	16.422	97	6.894	458	<b>131.423</b>
<b>2003</b>	20.129	69.008	21.349	16.125	114	9.196	109	<b>136.029</b>
<b>2004</b>	21.049	70.838	25.167	16.576	122	8.815	- 260	<b>142.307</b>
<b>2005</b>	20.513	71.241	29.838	14.995	189	8.398	- 116	<b>145.058</b>
<b>2006</b>	17.908	70.937	31.227	15.669	252	9.164	- 282	<b>144.875</b>
<b>2007</b>	19.970	71.430	31.778	14.360	309	10.007	- 495	<b>147.359</b>
<b>2008</b>	13.267	68.506	34.903	15.369	328	10.552	- 949	<b>141.976</b>
<b>2009</b>	9.316	63.473	31.219	13.750	319	12.597	- 697	<b>129.977</b>
<b>2010</b>	6.800	61.160	31.123	16.155	174	15.075	- 717	<b>129.771</b>
<b>2011</b>	12.691	58.372	28.930	15.042	195	14.860	- 524	<b>129.565</b>
<b>2012</b>	15.331	53.978	28.569	16.020	176	16.162	- 963	<b>129.272</b>
<b>2013</b>	11.348	51.318	26.158	14.783	200	17.771	- 581	<b>120.997</b>
<b>2014</b>	11.640	50.447	23.662	14.934	204	17.796	- 293	<b>118.389</b>
<b>2015</b>	14.426	52.434	24.591	14.927	260	17.243	- 13	<b>123.867</b>

Fuente: SEE



Tabla 5. Evolución de la intensidad energética (ktep/M€05)<sup>14</sup>.

	Intensidad de Energía Primaria	Intensidad de Energía Final	Intensidad Final Industria	Intensidad Final Transporte	Intensidad Final Servicios	Consumo Unitario (Residencial)
2000	0,158	0,101	0,113	0,042	0,015	0,921
2001	0,156	0,102	0,115	0,042	0,015	0,936
2002	0,156	0,101	0,114	0,041	0,015	0,929
2003	0,156	0,104	0,120	0,042	0,014	0,959
2004	0,159	0,105	0,122	0,043	0,015	0,985
2005	0,156	0,105	0,122	0,043	0,015	0,988
2006	0,149	0,098	0,098	0,042	0,015	0,968
2007	0,146	0,097	0,104	0,042	0,014	0,941
2008	0,140	0,093	0,099	0,040	0,015	0,911
2009	0,132	0,089	0,089	0,038	0,015	0,917
2010	0,132	0,091	0,094	0,038	0,016	0,960
2011	0,133	0,089	0,097	0,037	0,016	0,877
2012	0,137	0,088	0,103	0,035	0,016	0,860
2013	0,130	0,086	0,109	0,034	0,015	0,817
2014	0,126	0,084	0,105	0,034	0,014	0,804

Fuente: IDEA

<sup>14</sup> Consumo unitario (Residencial) en tep/hogar



Tabla 6. Potencia eléctrica instalada nacional (MW).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Hidráulica convencional y mixta</b>	14.656,1	14.668,0	14.887,5	14.890,5	14.896,7	17.022,2	17.025,4
<b>Bombeo puro</b>	2.450,9	2.450,9	2.450,9	2.450,9	2.450,9	3.328,9	3.328,9
<b>Nuclear</b>	7.515,4	7.572,6	7.572,6	7.572,6	7.572,6	7.572,6	7.572,6
<b>Carbón</b>	11.342,4	11.571,8	11.063,9	11.078,8	10.936,4	10.936,4	10.004,3
<b>Fuel + Gas</b>	4.698,0	3.382,6	3.105,6	2.995,9	2.995,6	2.490,1	2.490,1
<b>Ciclo combinado</b>	26.572,9	26.633,9	26.669,9	26.669,9	26.669,9	26.669,9	26.669,9
<b>Hidroeléctrica</b>	-	-	-	-	11,4	11,4	11,4
<b>Resto hidráulica</b>	2.036,1	2.041,6	2.042,0	2.103,2	2.103,2	-	-
<b>Eólica</b>	19.706,3	21.165,9	22.756,9	23.003,3	23.020,5	23.020,5	23.020,5
<b>Solar fotovoltaica</b>	3.840,4	4.261,0	4.560,8	4.638,9	4.645,7	4.656,1	4.668,6
<b>Solar térmica</b>	532,0	998,6	1.950,0	2.299,5	2.299,5	2.299,5	2.299,5
<b>Térmica renovable</b>	821,1	887,1	975,4	950,7	988,2	748,1	748,4
<b>Térmica no renovable</b>	7.239,7	7.313,2	7.276,3	7.179,1	7.171,9	6.714,2	6.714,3
<b>Residuos</b>	-	-	-	-	-	754,4	754,4
<b>Total</b>	<b>101.411,4</b>	<b>102.947,2</b>	<b>105.311,6</b>	<b>105.833,4</b>	<b>105.762,6</b>	<b>106.224,2</b>	<b>105.308,2</b>

Fuente: REE



Tabla 7. Balance eléctrico nacional (GWh).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Hidráulica</b>	38.130	27.226	19.180	33.577	35.459	31.221	39.171
<b>Nuclear</b>	59.242	55.104	58.667	54.307	54.870	54.755	56.099
<b>Carbón</b>	23.701	43.267	53.813	39.528	43.320	52.789	37.491
<b>Fuel + Gas</b>	8.822	7.024	7.098	6.574	6.257	6.497	6.765
<b>Ciclo combinado</b>	66.799	53.657	41.300	27.827	25.075	29.291	29.260
<b>Régimen ordinario</b>	196.694	186.278	180.058	161.812	-	-	-
<b>Hidroeléctrica</b>	-	-	-	-	1	9	18
<b>Hidráulica</b>	6.824	5.296	4.646	7.102	7.073	-	-
<b>Eólica</b>	43.545	42.465	48.508	54.713	51.031	48.115	47.695
<b>Solar fotovoltaica</b>	6.423	7.425	8.202	8.327	8.208	8.243	7.965
<b>Solar térmica</b>	692	1.832	3.444	4.442	4.959	5.085	5.060
<b>Térmica renovable</b>	3.332	4.318	4.755	5.075	4.729	3.184	3.426
<b>Térmica no renovable</b>	30.973	32.319	33.767	32.296	25.886	25.449	25.817
<b>Residuos</b>	-	-	-	-	-	3.298	3.392
<b>Régimen especial</b>	91.790	93.656	103.323	111.955	-	-	-
<b>Generación</b>	288.483	279.934	283.381	273.767	266.867	267.936	262.161
<b>Consumos en bombeo</b>	- 4.458	- 3.215	- 5.023	- 5.958	- 5.330	- 4.520	- 4.819
<b>Saldo intercambios internacionales</b>	8.333	- 6.090	- 11.200	- 6.732	- 3.406	- 133	7.667
<b>Demanda transporte (b.c.)</b>	275.693	270.629	267.159	261.077	258.131	263.283	265.009

Fuente: REE

Tabla 8. Emisiones GEI brutas por sector de actividad (ktCO<sub>2</sub> eq).

	1990	1995	2000	2005	2010	2015
<b>Energía</b>	213.254	250.093	290.694	346.239	266.783	255.453
<b>IPPU</b>	29.994	32.208	41.911	42.398	40.817	30.760
<b>Agricultura</b>	34.755	34.022	39.999	37.360	34.712	35.979
<b>Residuos</b>	9.825	11.562	12.984	13.559	14.449	13.471
<b>Total (sin LULUCF)</b>	<b>287.828</b>	<b>327.885</b>	<b>385.588</b>	<b>439.556</b>	<b>356.761</b>	<b>335.662</b>
<b>LULUCF</b>	- 25.144	- 26.553	- 37.570	- 38.744	- 38.433	- 36.882

Fuente: MAPAMA



Tabla 9. Emisiones brutas (sin LULUCF) GEI por gas (ktCO<sub>2</sub> eq).

	1990	1995	2000	2005	2010	2015
CO <sub>2</sub>	231.310	267.285	311.934	370.512	284.367	271.726
CH <sub>4</sub>	35.169	37.296	41.585	41.843	39.226	38.352
N <sub>2</sub> O	17.082	16.275	19.721	16.968	15.895	16.108
HFCs	3.040	5.872	11.664	9.808	16.932	9.165
PFCs	1.164	1.055	496	213	107	88
SF <sub>6</sub>	64	101	188	213	235	222
<b>Total (sin LULUCF)</b>	<b>287.828</b>	<b>327.885</b>	<b>385.588</b>	<b>439.556</b>	<b>356.761</b>	<b>335.662</b>

Fuente: MAPAMA

Tabla 10. Intensidad carbónica (t CO<sub>2</sub>/tep).

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2,29	2,24	2,31	2,27	2,3	2,35	2,29	2,35	2,23	2,16	2,05	2,11	2,08	2,01	2,03

Fuente: IEA



## Diccionario de acrónimos

AIE: Agencia Internacional de la Energía (IEA-International Energy Agency)

CE: Comisión Europea

CMNUCC: Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

COP: Conferencia de las Partes

EM: Estados Miembro

ETS: Sistema de Comercio de Emisiones (Emission Trading Scheme)

FMI: Fondo Monetario Internacional

GEI: Gases de Efecto Invernadero

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía

IE: Intensidad Energética

INE: Instituto Nacional de Estadística

IPPC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático  
(Intergovernmental Panel on Climate Change)

LULUCF: Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura (Land Use, Land Use  
Change and Forestry).

MAPAMA: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

MINETAD: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital

PIB: Producto Interior Bruto

PK: Protocolo de Kioto

REE: Red Eléctrica España

SEE: Secretaría de Estado de Energía

UE: Unión Europea

VAB: Valor Añadido Bruto



---

**Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica en 2050**

ES

ES

ES



COMISIÓN EUROPEA

Bruselas, 8.3.2011  
COM(2011) 112 final

**COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN  
AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y  
SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES**

**Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050**

{SEC(2011) 287 final}

{SEC(2011) 288 final}

{SEC(2011) 289 final}

1.	Principales desafíos de Europa.....	3
2.	Objetivos intermedios hasta 2050 .....	4
3.	Innovación hipocarbónica: una perspectiva sectorial .....	6
4.	Inversión en un futuro hipocarbónico .....	11
5.	Dimensión internacional .....	14
6.	Conclusiones .....	15

## 1. PRINCIPALES DESAFÍOS DE EUROPA

La Unión Europea proporciona a sus Estados miembros un marco general a largo plazo para abordar el problema de la sostenibilidad y los efectos transfronterizos de fenómenos que no pueden solucionarse solo a nivel nacional. Se sabe desde hace tiempo que el cambio climático constituye uno de los factores determinantes a largo plazo que requieren una acción coherente de la UE, tanto dentro como fuera de ella.

La Comisión propuso recientemente la iniciativa emblemática de la estrategia Europa 2020 «Una Europa que utilice eficazmente los recursos»<sup>1</sup> y en ese marco presenta ahora una serie de planes políticos a largo plazo en ámbitos tales como el transporte, la energía y el cambio climático. La presente Comunicación establece los elementos clave que deberían estructurar la acción climática para que la UE pueda convertirse en una economía hipocarbónica competitiva de aquí a 2050. El enfoque se basa en la idea de que se requieren soluciones innovadoras para movilizar inversiones en energía, transporte, industria y tecnologías de la información y la comunicación y de que es preciso hacer mayor hincapié en las políticas de eficiencia energética.

La estrategia Europa 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador incluye cinco objetivos principales que ponen de manifiesto cuál debería ser la situación de la UE en 2020. Uno de ellos se refiere al clima y la energía: los Estados miembros se han comprometido a reducir un 20 % las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), aumentar un 20 % la parte de las energías renovables en la combinación energética de la UE y lograr el objetivo del 20 % de eficiencia energética de aquí a 2020. En estos momentos, la UE está en vías de alcanzar dos de esos objetivos, pero no logrará su objetivo de eficiencia energética si no se realizan mayores esfuerzos<sup>2</sup>. Por tanto, la prioridad sigue siendo alcanzar todos los objetivos establecidos para 2020.

Para contener el cambio climático por debajo de los 2 °C, el Consejo Europeo reafirmó en febrero de 2011 el objetivo de la UE de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entre un 80 % y un 90 % de aquí a 2050 respecto a los niveles de 1990, en el contexto de las reducciones que, según el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, son necesarias por parte del conjunto de los países desarrollados<sup>3</sup>. Este objetivo concuerda con la posición pactada por los líderes mundiales en los Acuerdos de Copenhague y Cancún. Esos acuerdos incluyen el compromiso de presentar estrategias para un desarrollo hipocarbónico a largo plazo. Algunos Estados miembros ya han dado pasos en esa dirección o están en vías de hacerlo, incluido el establecimiento de objetivos de reducción de emisiones para 2050.

Junto con el Libro Blanco del Transporte y el Plan de Eficiencia Energética, la presente Comunicación es uno de los principales resultados derivados de la iniciativa emblemática sobre la eficiencia de los recursos. Presenta una hoja de ruta para una posible actuación hasta 2050 que permita a la UE reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con el objetivo acordado del 80 %-95 %. Describe los objetivos intermedios que

---

<sup>1</sup> COM(2011) 21, véase: <http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe>

<sup>2</sup> Plan de Eficiencia Energética, COM(2011) 109.

<sup>3</sup> Teniendo en cuenta los esfuerzos necesarios por parte de los países en desarrollo, se conseguirá una reducción global de emisiones del 50 % de aquí a 2050.

permitirían indicar si la UE está en vías de alcanzar su objetivo, los retos políticos y las necesidades y oportunidades de inversión en los diferentes sectores, teniendo en cuenta que el objetivo de reducción del 80 %-95 % de la UE debe alcanzarse en gran parte a nivel interno.

## 2. OBJETIVOS INTERMEDIOS HASTA 2050

La transición hacia una economía hipocarbónica competitiva supone que la UE debe prepararse para reducir sus emisiones *internas* un 80 % de aquí a 2050 respecto a 1990<sup>4</sup>. La Comisión ha realizado un análisis exhaustivo mediante el establecimiento de modelos con varias hipótesis posibles en las que se indica el modo de conseguirlo, como se describe en el recuadro que figura a continuación.

El análisis de las distintas hipótesis muestra que la vía económicamente ventajosa sería una reducción de emisiones internas del orden del 40 % y del 60 % respecto a los niveles de 1990 de aquí a 2030 y 2040, respectivamente. En este contexto, indica asimismo reducciones del 25 % en 2020, lo que queda ilustrado en la figura 1. Esa vía tendría como resultado una reducción anual, respecto a 1990, del orden del 1 % en la primera década hasta 2020, el 1,5 % en la segunda década de 2020 a 2030 y el 2 % en las dos últimas hasta 2050. El esfuerzo aumentará con el tiempo a medida que se disponga de un conjunto más amplio de tecnologías rentables.

### Modelos para la hoja de ruta de aquí a 2050

Los resultados y conclusiones que figuran en la presente Comunicación se basan en un análisis completo de hipótesis y modelos a nivel mundial y de la UE sobre la manera en que Europa podría pasar a una economía hipocarbónica de aquí a 2050 en un contexto caracterizado por un crecimiento demográfico constante, un aumento del PIB y una variación de tendencias en términos de acción climática, energía y evolución tecnológica, todo ello a escala mundial.

Mediante una serie de proyecciones mundiales, se llevó a cabo un estudio del impacto de la acción climática a nivel mundial y la manera en que se relaciona con el sector de la energía, la agricultura y la deforestación. Por otra parte, se estimaron las repercusiones sobre los sectores competitivos de la UE para evaluar los riesgos que pueden derivarse de una actuación ambiciosa en el contexto de una acción mundial fragmentada en materia de clima.

Se realizaron proyecciones detalladas a escala de la UE en una gran variedad de posibles hipótesis futuras, centrándose en la sensibilidad de las hipótesis en relación con la evolución del precio de los combustibles fósiles y el ritmo de innovación tecnológica a escala mundial para analizar la contribución sectorial, incluida la de la agricultura y otros usos del suelo. Aunque las proyecciones a largo plazo siempre presentan un grado de incertidumbre, se ha dado mayor solidez a los resultados mediante la elaboración de una gran variedad de hipótesis con diferentes supuestos.

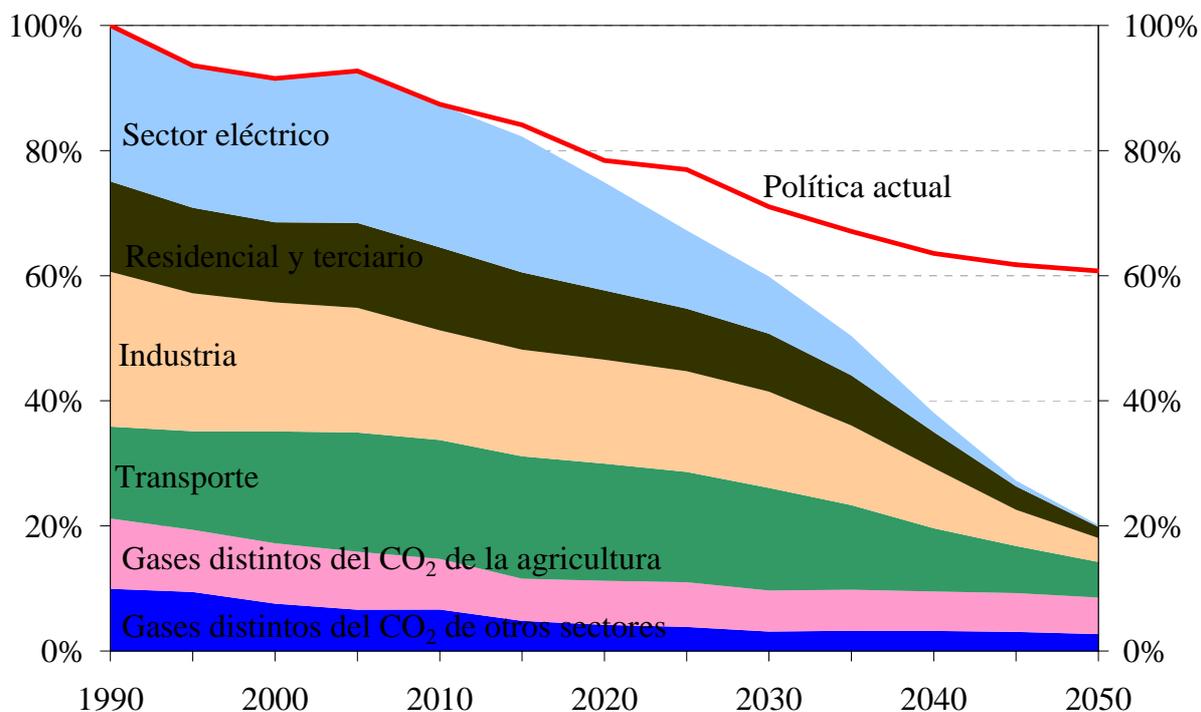
En futuras mejoras de los modelos se podría tener en cuenta una representación más adecuada del propio cambio climático, así como soluciones en materia de almacenamiento de energía y redes inteligentes para la generación distribuida.

La figura 1 ilustra la vía hacia una reducción del 80 % de aquí a 2050, en etapas de cinco años. La proyección de «referencia» en la parte superior de la figura indica cómo evolucionarían las emisiones internas de gases de efecto invernadero con las políticas

<sup>4</sup> Esto significa reducciones internas reales de las emisiones de la UE y no por compensación mediante el mercado del carbono.

actuales. Una hipótesis coherente con una reducción interna del 80 % muestra, a continuación, la manera en que podrían evolucionar las emisiones globales y sectoriales si se aplicaran políticas suplementarias, teniendo en cuenta las opciones tecnológicas disponibles con el tiempo.

**Figura 1: Emisiones de GEI de la UE: hacia una reducción interna del 80 % (100 % =1990)**



Según las estimaciones, las emisiones, incluidas las de la aviación internacional, se situaron en 2009 un 16 % por debajo de los niveles de 1990. Si se aplicaran plenamente las políticas actuales, la UE estaría en vías de conseguir una reducción interna del 20 % en 2020 respecto a los niveles de 1990, y del 30 % en 2030. Con las políticas actuales, sin embargo, de aquí a 2020 solo se alcanzaría la mitad del objetivo del 20 % de eficiencia energética.

Si se aplicaran las políticas actuales, incluido el compromiso de lograr un 20 % de energías renovables y un 20 % de eficiencia energética de aquí a 2020, la UE podría superar el objetivo actual de reducción de emisiones del 20 % y conseguir una reducción del 25 % para 2020. Para ello se requeriría la aplicación íntegra del Plan de Eficiencia Energética<sup>5</sup> presentado junto con esta Comunicación, que define las medidas suplementarias que serían necesarias para alcanzar el objetivo de eficiencia energética. La cantidad de compensaciones actualmente permitida no se vería afectada<sup>6</sup>.

El análisis indica, asimismo, que una vía menos ambiciosa podría bloquear inversiones intensivas en carbono, lo que daría lugar a unos precios del carbono más altos posteriormente

<sup>5</sup> Plan de Eficiencia Energética, COM(2011) 109.

<sup>6</sup> De conformidad con las disposiciones de la Directiva 2003/87/CE, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión (modificada por la Directiva 2009/29/CE), y de la Decisión 406/2009/CE, sobre la distribución del esfuerzo.

y a unos costes globales mucho más elevados durante todo el período. Además de ello, revisten una importancia crucial la I+D y la demostración y el rápido despliegue de tecnologías, como las diversas formas de fuentes de energía hipocarbónicas, la captura y el almacenamiento de carbono, las redes inteligentes y las tecnologías de vehículos eléctricos e híbridos, a fin de garantizar su penetración de una manera rentable y a gran escala más adelante. Resulta indispensable la plena aplicación del Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética, que requiere una inversión adicional de 50 000 millones de euros en I+D y demostración en los diez próximos años. Los ingresos derivados de las subastas y la política de cohesión constituyen opciones de financiación que los Estados miembros deberían aprovechar. Además, la mejora de la eficiencia de los recursos, en particular mediante el reciclado y una mejor gestión de los residuos, los cambios de comportamiento y el refuerzo de la resiliencia de los ecosistemas, puede desempeñar un papel fundamental. Asimismo será necesario seguir intensificando la investigación en el ámbito de las tecnologías de reducción de emisiones y adaptación al cambio climático.

### 3. INNOVACIÓN HIPOCARBÓNICA: UNA PERSPECTIVA SECTORIAL

En el análisis de la Comisión se han explorado, asimismo, distintas vías respecto a los sectores clave. Se han considerado diversas hipótesis con diferentes supuestos en cuanto a ritmos de innovación tecnológica y precios de los combustibles fósiles, y se han obtenido resultados en gran parte convergentes respecto a la magnitud de las reducciones necesarias en cada sector en 2030 y 2050, como se indica en el cuadro 1. En el desarrollo de las diferentes posibilidades de actuación a nivel sectorial deberán abordarse de una manera más exhaustiva los costes, los compromisos y las incertidumbres.

**Cuadro 1: reducciones sectoriales**

Reducciones de GEI respecto a 1990	2005	2030	2050
Total	- 7 %	- 40 a - 44 %	- 79 a - 82 %
Sectores			
Electricidad (CO <sub>2</sub> )	- 7 %	- 54 a - 68%	- 93 a - 99 %
Industria (CO <sub>2</sub> )	- 20%	- 34 a - 40 %	- 83 a - 87 %
Transporte (incluida la aviación, excluido el transporte marítimo) (CO <sub>2</sub> )	+ 30%	+ 20 a - 9 %	- 54 a - 67 %
Residencial y servicios (CO <sub>2</sub> )	- 12%	- 37 a - 53 %	- 88 a - 91 %
Agricultura (distintas de las de CO <sub>2</sub> )	- 20%	- 36 a - 37 %	- 42 a - 49 %
Otras emisiones distintas de las de CO <sub>2</sub>	- 30%	- 72 a - 73 %	- 70 a - 78 %

#### *Un sector eléctrico seguro, competitivo y totalmente descarbonizado*

La electricidad desempeñará un papel fundamental en la economía hipocarbónica. El análisis indica que es posible eliminar prácticamente todas las emisiones de CO<sub>2</sub> de aquí a 2050 y sustituir parcialmente los combustibles fósiles en el transporte y la calefacción. Aunque la electricidad se utilizará cada vez más en esos dos sectores, el consumo eléctrico global debería seguir aumentando de acuerdo con las tasas de crecimiento históricas, gracias a las mejoras constantes en materia de eficiencia.

Según las estimaciones, la parte de las tecnologías hipocarbónicas en la combinación energética pasaría de alrededor del 45 % actual al 60 % aproximadamente en 2020, en

particular gracias a la consecución del objetivo de energías renovables, al 75 %-80 % en 2030, y a casi el 100 % en 2050. De ese modo, y sin prejuzgar las preferencias de los Estados miembros en materia de combinación energética de acuerdo con sus circunstancias nacionales específicas, el sistema eléctrico de la UE resultaría más seguro y diversificado.

Será necesario un despliegue generalizado de toda una serie de tecnologías existentes, incluidas las tecnologías más avanzadas, como las fotovoltaicas, que irán abaratándose y, por tanto, serán más competitivas en el futuro.

En la hoja de ruta Energía 2050 se estudiarán hipótesis específicas en este ámbito y los medios de conseguir la descarbonización prevista, garantizando al mismo tiempo la seguridad energética y la competitividad, sobre la base de la actual política energética de la UE y la estrategia Europa 2020.

El Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE (RCDE UE) será determinante para la introducción en el mercado de toda una serie de tecnologías hipocarbónicas, de manera que el propio sector eléctrico pueda adaptar sus estrategias operativas y de inversión a la evolución de los precios energéticos y de la tecnología. A fin de que el RCDE pueda desempeñar ese papel en la vía definida hasta 2050, es preciso disponer de previsiones a largo plazo y de una señal del precio del carbono suficiente. En este sentido, deben preverse las medidas necesarias, incluida la revisión de la reducción lineal prevista del límite máximo del RCDE<sup>7</sup>. Para que el sector de la electricidad contribuya plenamente a la reducción de emisiones, puede justificarse asimismo el recurso a otros instrumentos, como la fiscalidad de la energía y el apoyo tecnológico.

Dado que el papel central que desempeña la electricidad en la economía hipocarbónica exige un uso significativo de las renovables, muchas de las cuales tienen una producción variable, se necesitan inversiones cuantiosas en redes para garantizar la continuidad del suministro en todo momento<sup>8</sup>. La inversión en redes inteligentes es un factor clave para un sistema eléctrico hipocarbónico para facilitar, en particular, la eficiencia de la demanda, una cuota mayor de renovables y la generación distribuida y permitir la electrificación del transporte. Por lo que respecta a las inversiones en redes, los beneficios no siempre revierten en el operador de la red, sino en el conjunto de la sociedad (los consumidores, los productores y la sociedad en general: mayor fiabilidad de la red, seguridad energética y reducción de emisiones). En este contexto, los trabajos que se realicen en el futuro deberían considerar de qué manera el marco político puede promover esas inversiones a escala local, nacional y de la UE e incentivar la gestión de la demanda.

*Movilidad sostenible mediante la eficiencia en el consumo de combustible, la electrificación y el establecimiento de precios adecuados*

La innovación tecnológica puede facilitar la transición a un sistema europeo de transporte más eficiente y sostenible, basándose en tres factores principales: la eficiencia de los vehículos mediante nuevos motores, materiales y diseño; el recurso a una energía más limpia mediante nuevos combustibles y sistemas de propulsión; una mejor utilización de las redes y un

---

<sup>7</sup> La Directiva 2003/87/CE, modificada por la Directiva 2009/29/CE, prevé una reducción lineal del límite máximo de 1,74 puntos porcentuales al año. Esa reducción debe mantenerse después de 2020.

<sup>8</sup> Véase también la Comunicación «Las prioridades de la infraestructura energética a partir de 2020 – Esquema para una red de energía europea integrada», COM(2010) 677.

funcionamiento más seguro mediante los sistemas de información y comunicación. El Libro Blanco del Transporte ofrecerá una serie de medidas completas para aumentar la sostenibilidad del sistema de transporte.

Es probable que, hasta 2025, el factor principal para invertir la tendencia al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en este sector sea una mayor eficiencia en términos de consumo de combustible. Las emisiones procedentes del transporte por carretera, ferrocarril y vías navegables podrían volver a situarse, de hecho, por debajo de los niveles de 1990 en 2030, si se combinaran medidas tales como la introducción de regímenes de tarificación para hacer frente a la congestión y la contaminación atmosférica, cánones por utilización de infraestructuras, planificación urbanística inteligente y mejora del transporte público, garantizando al mismo tiempo una movilidad asequible. Una mayor eficiencia y una mejor gestión de la demanda, promovidas mediante normas sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> y sistemas fiscales inteligentes, permitirían también impulsar el desarrollo de tecnologías de motores híbridos y facilitar la transición progresiva hacia la penetración a gran escala de vehículos más limpios en todos los modos de transporte, incluidos los vehículos eléctricos e híbridos recargables (equipados con baterías o pilas de combustible) en una fase posterior.

Las sinergias con otros objetivos de sostenibilidad, como la reducción de la dependencia del petróleo, la competitividad de la industria europea del automóvil y los beneficios sanitarios, en particular una mejor calidad del aire de las ciudades, constituyen argumentos indiscutibles para que la UE redoble sus esfuerzos a fin de acelerar el desarrollo y el despliegue rápido de la electrificación y, en general, de combustibles y métodos de propulsión alternativos en todo el sistema de transporte. En este sentido, tampoco sorprende que la industria automotriz de Estados Unidos, Japón, Corea y China aumente también sus inversiones en tecnologías de pilas y acumuladores, vehículos eléctricos y pilas de combustible.

Los biocombustibles sostenibles podrían utilizarse como combustibles alternativos, sobre todo en aviones y camiones, previéndose un fuerte crecimiento en esos sectores a partir de 2030. Si no se generalizara la electrificación, los biocombustibles y otros combustibles alternativos deberían desempeñar un papel más importante para lograr el mismo nivel de reducción de emisiones en el sector del transporte. Por lo que respecta a los biocombustibles, esto podría dar lugar, directa o indirectamente, a una disminución de los beneficios netos en relación con los gases de efecto invernadero y a un aumento de la presión sobre la biodiversidad, la gestión del agua y el medio ambiente en general, lo que acentúa la necesidad de avanzar en el desarrollo de biocombustibles de segunda y de tercera generación y de continuar con el trabajo en curso en materia de cambio indirecto en el uso de la tierra y de sostenibilidad.

### *Sector de la construcción*

Los edificios ofrecen oportunidades baratas y a corto plazo de reducir las emisiones, ante todo mediante la mejora de su rendimiento energético. El análisis de la Comisión indica que las emisiones en este ámbito podrían reducirse un 90 % aproximadamente de aquí a 2050, es decir, una contribución superior a la media a largo plazo. Ello pone de manifiesto la importancia de alcanzar el objetivo de la Directiva refundida relativa a la eficiencia energética de los edificios<sup>9</sup>, según la cual los nuevos edificios construidos a partir de 2021 tendrán un consumo de energía casi nulo. Este proceso ya está en marcha, dado que muchos Estados

---

<sup>9</sup> Directiva 2010/31/UE.

miembros aplican normas más estrictas en este ámbito. Teniendo en cuenta el objetivo principal de la UE, el 4 de febrero de 2011 el Consejo Europeo decidió que, a partir de 2012, todos los Estados miembros debían incluir normas de eficiencia energética en los contratos públicos para los edificios y servicios públicos pertinentes. A finales de 2011, la Comisión presentará una comunicación sobre construcción sostenible, en la que se establecerá una estrategia para estimular la competitividad del sector y mejorar al mismo tiempo su comportamiento ambiental y climático.

Los esfuerzos en este ámbito deberán reforzarse de manera significativa. Hoy en día, los nuevos edificios deben diseñarse como edificios inteligentes con un consumo energético bajo o casi nulo. El coste suplementario que esto genere puede recuperarse mediante el ahorro de combustible. La renovación del parque de edificios existentes plantea, sin embargo, un desafío mucho mayor, en particular la manera de financiar las inversiones necesarias. Algunos Estados miembros ya están recurriendo a los Fondos Estructurales. Según el análisis, en la próxima década será necesario aumentar hasta 200 000 millones de euros las inversiones en equipos y componentes que permitan el ahorro energético en edificios. Varios Estados miembros ya han puesto en marcha sistemas de financiación inteligente, como tipos de interés preferenciales, para impulsar las inversiones del sector privado en edificios más eficientes. Deberán estudiarse otros modelos de financiación privada.

Como ocurre en el sector del transporte, el paso del consumo de energía a la electricidad hipocarbónica (incluidas las bombas de calor y los calentadores de acumulación) y a las energías renovables (por ejemplo, energía solar, biogás, biomasa), también en los sistemas de calefacción urbana, contribuiría a proteger a los consumidores frente al aumento de los precios de los combustibles fósiles y reportaría beneficios sanitarios significativos.

#### *Sectores industriales, incluidas las industrias con alto consumo de energía*

El análisis de la Comisión muestra que las emisiones de gases de efecto invernadero del sector industrial podrían reducirse entre un 83 % y un 87 % en 2050. La utilización de equipos y procesos industriales más avanzados en materia de recursos y de eficiencia energética, el aumento del reciclado y las tecnologías de reducción de las emisiones distintas de las de CO<sub>2</sub> (por ejemplo, óxido nitroso y metano) podrían contribuir de manera significativa a que los sectores con alto consumo energético redujeran las emisiones a la mitad o más. Dado que las soluciones son específicas de cada sector, la Comisión considera necesario elaborar hojas de ruta en colaboración con los sectores afectados.

Además de la utilización de equipos y procesos industriales más avanzados, también sería necesario generalizar la captura y el almacenamiento de carbono después de 2035, especialmente para reducir las emisiones de los procesos industriales (por ejemplo, en los sectores del cemento y del acero), lo que requeriría una inversión anual de más de 10 000 millones de euros. En un mundo que lucha contra el cambio climático, esto no debería plantear problemas de competitividad. Pero si los principales competidores de la Unión Europea no se comprometen del mismo modo, la UE tendrá que considerar la manera de reducir aún más el riesgo de fuga de carbono derivado de esos costes suplementarios.

A medida que la UE desarrolle su política climática, será necesario seguir controlando y analizando los impactos de esas medidas sobre la competitividad de las industrias de alto consumo de energía en relación con los esfuerzos realizados por terceros países y prever las medidas adecuadas en caso necesario. El análisis de la Comisión confirma los resultados

anteriores según los cuales las medidas vigentes proporcionan garantías adecuadas en el contexto actual y toma nota de las conclusiones de la Comunicación de mayo de 2010 sobre las opciones para hacer frente a las fugas de carbono, en particular la inclusión de las importaciones en el RCDE<sup>10</sup>. Seguirá examinándose de cerca la suficiencia de las garantías existentes, en términos de adecuación a los esfuerzos realizados por terceros países. La Comisión sigue vigilante para mantener una base industrial sólida en la UE y continuará actualizando la lista de sectores que corren el riesgo de fuga de carbono, de conformidad con la Directiva del RCDE de la UE<sup>11</sup>. Evidentemente, la mejor protección contra el riesgo de fuga de carbono sería una acción eficaz a nivel mundial.

#### *Aumentar la productividad del uso de la tierra de una manera sostenible*

El análisis de la Comisión indica que, de aquí a 2050, el sector de la agricultura puede reducir sus emisiones distintas de las de CO<sub>2</sub> entre un 42 % y un 49 % respecto a 1990. El sector ya ha logrado una reducción significativa y será posible reducir aún más las emisiones en las dos próximas décadas. Las políticas agrícolas deberían centrarse en opciones tales como el incremento de la eficiencia, la utilización eficiente de abonos, la metanización de abono orgánico, una mejor gestión del estiércol, mejores forrajes, la diversificación y comercialización locales de la producción y un mayor rendimiento ganadero, así como la maximización de los beneficios de la agricultura extensiva.

La mejora de las prácticas agrícolas y forestales puede aumentar la capacidad del sector de preservar el carbono y secuestrarlo en los suelos y los bosques. Esto puede lograrse, por ejemplo, mediante la adopción de medidas específicas para mantener los prados, restaurar las zonas húmedas y las turberas, reducir la labranza o suprimirla, reducir la erosión y permitir el desarrollo de los bosques. La agricultura y la silvicultura proporcionan asimismo los recursos para la bioenergía y la producción de materia prima para la industria, contribución que deberá aumentar aún más.

Esos elementos se abordarán en detalle en las propuestas legislativas sobre la Política Agrícola Común previstas para 2013, cuyo impacto positivo aún no se ha tenido en cuenta en el análisis, y en la futura comunicación sobre la bioeconomía<sup>12</sup>.

Después de 2030, podría disminuir el ritmo de reducción de emisiones en el sector de la agricultura, en parte debido al aumento de la producción agrícola como consecuencia del crecimiento de la población mundial. No obstante, cabe señalar que, de aquí a 2050, la agricultura podría suponer, según las estimaciones, un tercio de las emisiones de la UE, es decir, el triple de lo que representa actualmente. Por tanto, debería aumentar la importancia de este sector en términos de política climática: si no consigue reducir las emisiones de acuerdo con las previsiones, otros sectores tendrán que reducirlas aún más, lo que tendría costes elevados. Podría existir, asimismo, algún riesgo de fuga de carbono en el sector agrícola, de manera que convendría que los cambios en los modelos de producción y comerciales no comprometan, en el futuro, la reducción de las emisiones.

---

<sup>10</sup> COM(2010) 265.

<sup>11</sup> Artículo 10 bis, apartado 13, de la Directiva 2003/87/CE, modificada por la Directiva 2009/29/CE.

<sup>12</sup> Programa de trabajo de la Comisión 2011, Estrategia europea y Plan de acción hacia una bioeconomía sostenible para 2020.

El análisis considera, asimismo, las implicaciones para el sector agrícola y forestal en una perspectiva mundial. En 2050, el planeta tendrá que alimentar a unos 9 000 millones de personas. Al mismo tiempo, habrá que preservar los bosques tropicales como componente esencial de la lucha contra el cambio climático y de la conservación de la biodiversidad mundial. Por otra parte, se prevé que los esfuerzos de mitigación aumenten la demanda de bioenergía al mismo tiempo que la creciente demanda existente de piensos, madera y materias primas para la producción de papel y las bioindustrias. Los dos desafíos que representan la seguridad alimentaria mundial y la acción en materia de cambio climático deben abordarse conjuntamente. Para hacer frente a las crecientes exigencias en materia de uso del suelo a escala mundial y de la UE, será necesario seguir aumentando la productividad de los sistemas agrícolas y forestales (intensivos y extensivos) a un ritmo rápido y sostenible, especialmente en los países en desarrollo. Deberán gestionarse atentamente los impactos negativos en otros recursos (agua, suelo y biodiversidad). La rapidez del cambio climático, sin embargo, podría poner en peligro esas mejoras de productividad si las acciones mundiales para hacer frente a este problema son insuficientes.

Esta eventualidad subraya asimismo la necesidad de considerar todos los usos del suelo de una manera holística y tener en cuenta el uso de la tierra, los cambios en el uso de la tierra y la silvicultura (LULUCF) en la política climática de la UE. La Comisión está preparando una iniciativa sobre esta cuestión para este mismo año. Además, para reducir la presión sobre el uso de la tierra, deberá intensificarse la reutilización y el reciclado del papel y los productos derivados de la madera.

El análisis efectuado tiene en cuenta la tendencia mundial al aumento de la parte de productos animales en la alimentación. Sería conveniente invertir la tendencia actual al desperdicio de productos alimenticios y reorientar el consumo hacia una alimentación menos intensivas en carbono.

#### **4. INVERSIÓN EN UN FUTURO HIPOCARBÓNICO**

##### *Un aumento sustancial de las inversiones de capital*

Varias formas de fuentes de energía hipocarbónicas y sus sistemas e infraestructuras de apoyo, que incluyen las redes inteligentes, las viviendas pasivas, la captura y el almacenamiento de carbono, los procesos industriales avanzados y la electrificación del transporte (incluidas las tecnologías de almacenamiento de energía), son algunos de los elementos clave que están empezando a formar la espina dorsal de lo que serán los sistemas energéticos y de transporte eficientes e hipocarbónicos de 2020 en adelante. Este proceso requerirá una inversión sostenida sustancial: se calcula que, en los próximos cuarenta años, las inversiones públicas y privadas ascenderán a aproximadamente 270 000 millones de euros al año. Esta cifra, que representa una inversión adicional de alrededor del 1,5 % del PIB de la UE al año, viene a sumarse a las inversiones globales actuales, que, en 2009, constituyeron el 19 % del PIB<sup>13</sup>. Se trataría de volver a los niveles de inversión previos a la crisis económica. Las inversiones de hoy determinarán la competitividad de las economías de mañana. En este contexto, es interesante mencionar que la proporción del PIB dedicada a la inversión en 2009 fue mucho mayor en países como China (48 %), India (35 %) y Corea (26 %)<sup>14</sup>, lo que revela

---

<sup>13</sup> Eurostat, cuentas nacionales.

<sup>14</sup> Banco Mundial, indicadores.

la necesidad de las economías emergentes de desarrollar infraestructuras, pero también su potencial para avanzar hacia una economía hipocarbónica competitiva.

El despliegue del potencial de inversión del sector privado y de los particulares supone un gran desafío. Aunque la mayor parte de esta inversión adicional daría sus frutos con el tiempo gracias a la reducción de la factura energética y a una mayor productividad, los mercados tienden a descontar los beneficios futuros y a desatender los riesgos a largo plazo. Así pues, es esencial plantearse cómo crear, a través de medidas políticas, las condiciones de base para favorecer tales inversiones, incluso con nuevos modelos de financiación.

En la aplicación del objetivo del 20 % de eficiencia energética, la Comisión deberá supervisar los efectos de las nuevas medidas en el RCDE a fin de preservar los incentivos de este régimen, que recompensa las inversiones en tecnologías hipocarbónicas y prepara a los sectores sujetos al régimen para que emprendan las innovaciones necesarias en el futuro. A este respecto, debe considerarse la adopción de iniciativas adecuadas, incluido el reajuste del RCDE reservando una cantidad correspondiente de derechos de emisión de la parte por subastar en el periodo 2013-2020 en caso de que se adopte una decisión política en este sentido. De esta manera quedaría garantizada al mismo tiempo la rentabilidad de la contribución al objetivo de la eficiencia energética, tanto en los sectores sujetos al RCDE como en los demás.

Es esencial implantar mecanismos adicionales de financiación pública y privada para paliar los riesgos de la financiación inicial y los problemas de liquidez. La financiación pública mediante instrumentos de financiación innovadores —fondos rotatorios, tipos de interés preferenciales, regímenes de garantía, instrumentos de distribución de riesgos y mecanismos combinados— puede movilizar y dirigir la financiación privada necesaria, en particular de las PYME y los consumidores. De este modo, la limitada financiación pública puede potenciar una multitud de inversiones del sector privado<sup>15</sup>. El Banco Europeo de Inversiones, el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo y otras fuentes de financiación específica del próximo marco financiero plurianual deberán desempeñar su labor en la financiación adicional de tecnologías hipocarbónicas y eficientes desde el punto de vista de la energía.

El aumento de las inversiones internas ofrece una valiosa oportunidad para incrementar la productividad, el valor añadido y la producción en una gran variedad de industrias manufactureras de la UE (por ejemplo, en los sectores de la automoción, la generación eléctrica, los equipos industriales y de redes, los materiales de construcción eficientes energéticamente y la construcción), esenciales para el crecimiento y la creación de empleo en el futuro.

Aparte de su beneficio principal —la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero—, la transición hacia una economía hipocarbónica aportará un buen número de ventajas esenciales en otros ámbitos.

*Reducción de la factura energética de Europa y de su dependencia respecto a las importaciones de combustibles fósiles*

---

<sup>15</sup> En caso de ser constitutiva de ayuda estatal, la financiación pública debería ajustarse a las normas relativas a la compatibilidad de las ayudas estatales.

Se estima que la eficiencia energética y la transición hacia fuentes de energía hipocarbónicas y producidas en el ámbito interno reducirán los costes medios del combustible de la UE por un valor de entre 175 000 y 320 000 millones de euros anuales en el conjunto del periodo de cuarenta años considerado. El ahorro de costes efectivo dependerá de la adopción de medidas a escala mundial en materia de cambio climático. En la hipótesis de una acción mundial en este ámbito, disminuirá la cantidad de combustibles fósiles que será preciso importar en la Unión Europea y bajará el coste de las importaciones que aún sean necesarias.

Si el resto del mundo no adoptara medidas coordinadas, la actuación de la UE, con todo, aportaría la gran ventaja de proteger la economía frente al alza de los precios de los combustibles fósiles. El análisis efectuado, junto con las perspectivas energéticas mundiales para 2010 preparadas por la AIE (*World Energy Outlook 2010*), apunta sin lugar a dudas a una subida considerable de los precios de los combustibles fósiles en la hipótesis de una actuación mundial limitada. No se trata meramente de un problema a largo plazo. Incluso tras la recesión de la economía occidental, los precios del petróleo duplican los de 2005. La AIE ha estimado que la factura de las importaciones de la UE registró una subida de 70 000 millones de dólares estadounidenses de 2009 a 2010 y que, probablemente, se producirán más subidas en un futuro previsible. Tal como pudimos comprobar en los años setenta y ochenta, las crisis petrolíferas pueden generar inflación, lo que a su vez aumenta el déficit comercial, reduce la competitividad y eleva el desempleo.

En 2050, el consumo total de energía primaria en la Unión Europea podría situarse cerca de un 30 % por debajo de los niveles de 2005. Se utilizarían más recursos energéticos internos, en concreto más energías renovables. Las importaciones de petróleo y gas se reducirían a la mitad respecto a las cifras de hoy, lo que reduciría considerablemente las repercusiones negativas de los vaivenes que pueda sufrir el precio de esos dos combustibles. De lo contrario, si no se interviniera, el precio de las importaciones de petróleo y gas se duplicaría con respecto a los niveles actuales, lo que representaría una diferencia de cerca de 400 000 millones de euros anuales de aquí a 2050 o, dicho de otro modo, del 3 % del PIB actual<sup>16</sup>.

### *Puestos de trabajo nuevos*

La inversión temprana en la economía hipocarbónica estimularía un cambio estructural gradual de la economía y puede crear puestos de trabajo nuevos, en términos netos, tanto a corto como a medio plazo. Las fuentes de energía renovables tienen un sólido historial de creación de empleo. En solo cinco años, la industria de las energías renovables ha pasado de 230 000 a 550 000 empleos. Las inversiones en tecnologías hipocarbónicas también ofrecen grandes oportunidades para el empleo a corto plazo en el sector de la construcción. Con unos 15 millones de empleos en la Unión Europea, este sector se ha visto gravemente afectado por la crisis económica. Se podría impulsar de manera notable su recuperación si se redoblaran los esfuerzos para acelerar la renovación y la construcción de viviendas eficientes desde el punto de vista energético. El Plan de Eficiencia Energética confirma el enorme potencial que representa para la creación de empleo la promoción de inversiones en equipos más eficientes.

A largo plazo, la creación y el mantenimiento de puestos de trabajo dependerán de la capacidad de la Unión para liderar el desarrollo de nuevas tecnologías hipocarbónicas

---

<sup>16</sup> El alcance de la reducción de la factura relativa a las importaciones de combustibles fósiles dependerá de la evolución futura del precio de dichos combustibles y de la diversificación de las fuentes de abastecimiento.

mediante medidas de educación y formación, programas para fomentar la aceptación de las nuevas tecnologías, I+D e iniciativa empresarial, así como mediante la creación de condiciones económicas de base que favorezcan la inversión. En este contexto, la Comisión ha insistido en los beneficios que puede suponer para el empleo la utilización de los ingresos de la subasta de derechos de emisión del RCDE y de la fiscalidad del CO<sub>2</sub> para reducir los costes laborales, cuyo potencial de creación de empleo se cifra en 1,5 millones de puestos de trabajo de aquí a 2020.

A medida que la industria aprovecha las oportunidades económicas que ofrece la economía hipocarbónica, se hace más apremiante la necesidad de contar con una mano de obra especializada, sobre todo en el sector de la construcción y en las profesiones técnicas, la ingeniería y la investigación. Para ello será necesario garantizar que la mano de obra existente reciba formación profesional específica que facilite el acceso a las oportunidades de «empleo ecológico», abordar los problemas emergentes de penuria de competencias e impulsar la integración de esas competencias en los sistemas educativos. La Comisión está evaluando cómo incide en el empleo la ecologización de la economía mediante, por ejemplo, la aplicación de la Agenda de nuevas cualificaciones y empleos.

#### *Mejora de la calidad del aire y de la salud*

Las iniciativas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero serían un complemento importante de las medidas sobre calidad atmosférica vigentes y previstas, lo que redundaría en una disminución considerable de la contaminación atmosférica. La electrificación del transporte y la expansión del transporte público podrían mejorar espectacularmente la calidad del aire de las ciudades europeas. El efecto combinado de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de las medidas sobre calidad atmosférica permitirá reducir más de un 65 % los niveles de la contaminación del aire en 2030 con respecto a los niveles de 2005. Para 2030, los costes anuales del control de los contaminantes atmosféricos tradicionales podrían reducirse en más de 10 000 millones de euros y, en 2050, podrían ahorrarse cerca de 50 000 millones de euros al año. Además, esta evolución reduciría la mortalidad, lo que generaría unos beneficios que, según las estimaciones, podrían alcanzar hasta 17 000 millones de euros en 2030 y hasta 38 000 millones en 2050. Por su parte, la sanidad pública mejoraría al abaratare el coste de la atención sanitaria e infligirse menos daño a los ecosistemas, las cosechas, los materiales y los edificios. La revisión exhaustiva de la política de la UE en materia de calidad atmosférica prevista para 2013 a más tardar, cuyo objetivo consiste en maximizar los beneficios comunes a la política sobre el clima y minimizar los efectos negativos, atribuirá también la debida importancia a estas ganancias.

## **5. DIMENSIÓN INTERNACIONAL**

La Unión Europea, con algo más del 10 % de las emisiones mundiales, no estará en condiciones de combatir el cambio climático por sus propios medios. La única manera de resolver el problema del cambio climático es avanzar en el ámbito internacional, y la Unión debe seguir implicando a sus socios. Gracias a la formulación y aplicación de políticas internas ambiciosas en materia de cambio climático durante más de diez años, la Unión ha logrado que muchos otros países se sumen a esta labor. La situación actual es radicalmente distinta de la de finales de 2008, cuando la UE adoptó con carácter unilateral su paquete sobre el clima y la energía. En la COP15 de Copenhague, los líderes del mundo convinieron en que

la temperatura media mundial no debería elevarse más de 2 °C. Hoy en día, un buen número de países que representan más del 80 % de las emisiones globales se ha fijado objetivos nacionales en el marco de los Acuerdos de Copenhague y Cancún. En algunos países, el cumplimiento de esos compromisos exigirá medidas más contundentes que las previstas actualmente.

Esta acción concreta, a veces más ambiciosa de lo que los países estarían dispuestos a asumir en el ámbito internacional, se ve condicionada en una medida considerable por otras agendas internas: acelerar la innovación, reforzar la seguridad energética y la competitividad en sectores clave en fase de crecimiento y reducir la contaminación atmosférica. Algunos socios esenciales de Europa, como China, Brasil y Corea, han asumido estos retos, en un principio mediante programas de estímulo y ahora, cada vez más, mediante planes de acción concretos para promover la «economía hipocarbónica». La inacción supondría perder terreno en importantes sectores de la industria manufacturera de Europa.

La aplicación de esos compromisos será, en los años venideros, un paso esencial en la mundialización de las políticas sobre cambio climático. La Unión debería aprovechar esta oportunidad para fortalecer la cooperación con sus socios internacionales, lo que implica el desarrollo gradual de mercados del carbono de dimensión mundial a fin de respaldar los esfuerzos de los países desarrollados y los países en desarrollo en la aplicación de estrategias de desarrollo hipoemisoras y garantizar que la financiación en el ámbito del clima contribuye íntegramente a materializar oportunidades de desarrollo «a prueba de cambio climático».

Con todo, la rapidez en la aplicación de los compromisos asumidos desde Copenhague no permitiría alcanzar más que una parte de las reducciones necesarias. En un informe reciente del PNUMA se estimaba que su aplicación completa apenas permitiría alcanzar el 60 % de las reducciones de emisiones necesarias de aquí a 2020. Si no se adoptan medidas firmes a escala mundial contra el cambio climático, las temperaturas podrían subir más de 2 °C en 2050 y más de 4 °C en 2100. A fin de evitar que se cumpla este pronóstico, estudios científicos señalan que, de aquí a 2050, las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero deben reducirse por lo menos un 50 % respecto a los niveles de 1990. Con la preparación de la presente hoja de ruta, la UE está adoptando una iniciativa nueva para estimular las negociaciones internacionales en la fase preparatoria de Durban. Así, esta hoja de ruta forma parte integrante de una estrategia más amplia, a saber, la de cumplir el objetivo de que la temperatura media mundial no aumente más de 2 °C respecto de los niveles de la era preindustrial. En la cooperación con sus socios, la Unión debería adoptar un planteamiento global, intensificando los compromisos bilaterales y multilaterales en toda la gama de aspectos transversales que inciden en la política sobre el clima.

## **6. CONCLUSIONES**

El análisis detallado efectuado por la Comisión sobre las vías más rentables para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí a 2050 ha arrojado algunos resultados importantes.

La presente hoja de ruta indica que, de cara a la consecución del objetivo de reducir entre el 80 % y el 95 % del total de las emisiones de gases de efecto invernadero ante el horizonte de 2050, una transición gradual rentable exigiría reducir a nivel interno el 40 % de las emisiones en 2030 y el 80 % en 2050 respecto a 1990. Con el fin de consolidar los logros alcanzados

hasta la fecha, la Unión Europea debe empezar ahora a preparar las estrategias adecuadas para avanzar en esa dirección, y todos los Estados miembros que aún no lo hayan hecho deberían diseñar lo antes posible su hoja de ruta nacional hacia una economía hipocarbónica. La Comisión está dispuesta a proporcionar algunas de las herramientas y políticas necesarias al efecto.

En segundo lugar, el análisis revela que las políticas actuales permitirán a la Unión alcanzar el objetivo de reducir el 20 % de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel interno para 2020. Si el Plan de Eficiencia Energética se aplicara en su totalidad y con eficacia, la Unión podría rebasar el objetivo actual del 20 % de reducción de las emisiones y alcanzar una reducción del 25 %. La presente Comunicación no propone fijar objetivos nuevos para 2020 ni afecta a la oferta formulada por la UE en las negociaciones internacionales de asumir el objetivo de reducir las emisiones un 30 % de aquí a 2020, siempre y cuando las condiciones sean favorables. Ese debate prosigue sobre la base de la Comunicación de la Comisión de 26 de mayo de 2010<sup>17</sup>.

En tercer lugar, además de atenuar la amenaza de un cambio climático perjudicial en el marco de una acción mundial ambiciosa, la reducción drástica de las emisiones de la UE puede aportar beneficios en términos de ahorro en las importaciones de combustibles fósiles y de mejoras de la calidad atmosférica y de la sanidad pública.

En cuarto lugar, la presente hoja de ruta establece una serie de metas, en intervalos de reducción de las emisiones hasta 2030 y 2050, para algunos sectores clave de la economía. A fin de conseguir estos objetivos de la manera más rentable posible y de maximizar los beneficios para las industrias manufactureras de la Unión, reviste una importancia crucial la aplicación del Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética. Considerando sus importantes implicaciones para el mercado laboral, la Agenda de nuevas cualificaciones y empleos deberá respaldar el proceso de transición.

La Comisión quiere utilizar esta hoja de ruta como punto de partida para el desarrollo de iniciativas políticas y hojas de ruta sectoriales, tales como la hoja de ruta Energía 2050 y el próximo Libro Blanco del Transporte. A tal fin, iniciará los diálogos sectoriales correspondientes. Asimismo, seguirá velando por que el RCDE de la UE se mantenga como un instrumento clave para incentivar las inversiones en tecnologías hipocarbónicas en condiciones económicamente ventajosas y permanecerá vigilante frente al riesgo de fugas de carbono para garantizar a la industria unas condiciones equitativas.

Por otro lado, en el contexto de la preparación del próximo marco financiero plurianual, la Comisión examinará también de qué manera la financiación de la UE puede servir para respaldar los instrumentos e inversiones necesarios para promover la transición hacia una

---

<sup>17</sup> COM(2010) 265.

economía hipocarbónica, tomando en consideración las características específicas de los distintos sectores, países y regiones.

La Comisión hace un llamamiento a las demás instituciones europeas, a los Estados miembros, a los países candidatos y candidatos potenciales y a las partes interesadas para que tomen en consideración la presente hoja de ruta en el desarrollo futuro de las políticas de la Unión y de las políticas nacionales y regionales con miras a la consecución de una economía hipocarbónica de aquí a 2050. En el ámbito internacional, la Comisión presentará la hoja de ruta a sus socios mundiales para estimular las negociaciones internacionales en torno a una acción concertada de dimensión mundial y promoverá la cooperación con los países vecinos de la Unión Europea en relación con las medidas de fomento de una economía hipocarbónica sólida.