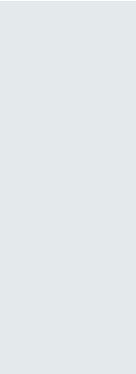


# economics for energy



# La sostenibilidad del modelo energético español. Diagnóstico y recomendaciones\*

Pedro Linares†

## 1 ¿Qué es un modelo energético sostenible?

El objetivo de este documento es reflexionar sobre la sostenibilidad del modelo energético español y proponer, en su caso, recomendaciones para su mejora. Sin embargo, sería irresponsable continuar sin antes dedicar algo de espacio a explicar qué entiendo por sostenibilidad.

Como tantos otros conceptos “reclamo”, el de sostenibilidad ha sido usado (y abusado) en múltiples ocasiones y según conviniera al usuario, lo que ha resultado finalmente en un concepto que vale para todo y no sirve para nada. Realmente, esta indefinición existe desde el comienzo; como ya decía Pezzey “A temptation when writing on “defining sustainability” is to try to distill, from the myriad debates, a single definition which commands the widest possible academic consent. However, several years spent in fitful pursuit of this goal have finally persuaded me that it is an alchemist's dream, no more likely to be found than an elixir to prolong life indefinitely”. Y sin embargo, sin esta definición es imposible evaluar nada. Por tanto, aquí va mi interpretación del término, y aquella según la cual analizaré el desempeño del modelo energético español.

Para mí, un sistema sostenible es aquel que permite mantener un nivel de bienestar no decreciente de forma indefinida en el tiempo, y de forma justa entre la población. Esta definición tan breve requiere sin embargo algunas precisiones:

---

\* Texto preparado para el Grupo de Expertos en Energía del País Vasco.

† Universidad Pontificia Comillas, Alberto Aguilera 23, 28015 Madrid; Harvard Kennedy School; y Economics for Energy. E-mail: pedro.linares@upcomillas.es

- Por bienestar entiendo no sólo el que proporciona el dinero, sino también otros bienes o servicios a veces difícilmente cuantificables: el medio ambiente, la estructura social, el conocimiento...
- ¿De dónde proviene el bienestar? Típicamente, de un recurso, de un capital: económico, ambiental, humano... Si queremos mantener un bienestar no decreciente debemos por tanto o mantener un nivel de capital no decreciente, o una eficiencia en su uso no decreciente.
- En cualquier caso, el bienestar se mide en términos antropocéntricos, es decir, es bienestar para la especie humana.
- A veces el bienestar es intercambiable: podemos cambiar más medio ambiente por menos dinero; a veces no lo es, porque chocamos con límites físicos. Estos dos conceptos, llamados respectivamente sostenibilidad débil y fuerte, están incluidos en la definición.
- Estamos hablando de sistema, y por tanto resulta difícil analizar la sostenibilidad de componentes aislados del mismo (como por ejemplo el sector energético), ya que todo está relacionado.
- Por último, me gustaría subrayar el componente distributivo. Sostenibilidad significa repartir los recursos en el tiempo y entre la población. Por tanto, es inevitable tener que introducir criterios éticos en la utilización del término.

A partir de todo lo anterior, ahora podemos tratar de definir un modelo energético sostenible. Entenderé como tal aquel que proporciona por tanto un nivel de bienestar no decreciente en el tiempo, y distribuido de manera justa entre la población. ¿Cuáles son los componentes del bienestar proporcionado por el modelo energético?

- En primer lugar, por supuesto, la energía, que es un componente fundamental del desarrollo económico. Aquí, si se quiere, se puede hablar, más que de energía, de servicio energético, con el fin de incorporar la eficiencia energética en la definición. Y por supuesto, también debemos incorporar el coste de esta energía, ya que, cuando mayor sea su coste,

menor será el bienestar total (por la reducción de capital económico que conlleva).

- El uso de la energía puede reducir el capital ambiental, y por tanto el bienestar que nos proporciona. También tiene o puede tener implicaciones sobre la estructura de la sociedad, y de nuevo sobre el bienestar que extraemos de ella.
- Finalmente, la forma en la que utilizamos la energía también tiene consecuencias sobre el capital tecnológico y el bienestar que este nos puede proporcionar, tanto dentro del sector energético como fuera de él.

Así pues, ¿cuáles son los indicadores que pueden ser relevantes para evaluar la sostenibilidad de un modelo energético?

- La cantidad de energía (o mejor aún, de servicio energético) utilizada
- El coste de la misma
- Su impacto sobre el capital natural
- Su impacto sobre la estructura social
- Sus consecuencias sobre el capital tecnológico
- La distribución del uso de la energía y de sus consecuencias

Nótese que estos indicadores pueden afectar positiva o negativamente sobre el bienestar: por una parte, cuanto más energía, mayor bienestar; pero por otra, si los recursos energéticos son agotables, más energía ahora compromete el bienestar de las generaciones futuras. De igual forma podemos analizar el coste: en principio, un coste menor es más deseable, pero un coste demasiado bajo puede transmitir señales erróneas e incentivar el derroche.

Por último, parece que me olvido de un elemento muy mencionado últimamente como parte de un modelo energético sostenible: la seguridad de suministro. Realmente no lo hago, la seguridad (o la falta de ella) repercute en el bienestar por dos vías: por la vía económica, es decir, del coste de la energía; y por la vía de la energía disponible, ya medida en la cantidad consumida. Así que lo correcto sería

medir la seguridad a través del coste y de la disponibilidad. Habitualmente, sin embargo, y por falta de datos adecuados, recurrimos a indicadores intermedios como el grado de dependencia energética externa.

Procedo ahora a analizar la sostenibilidad del modelo energético español en función de estos indicadores.

## **2 El modelo energético español actual**

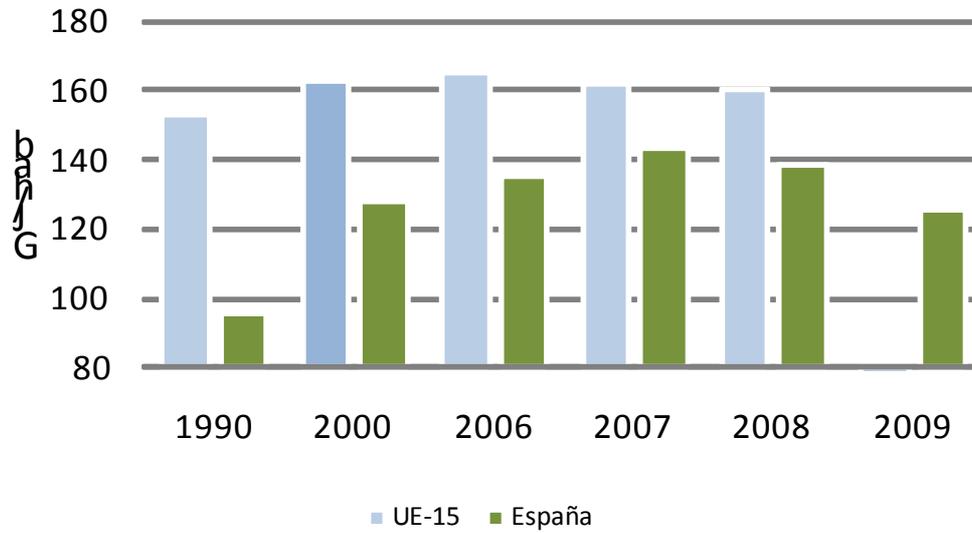
Las conclusiones y métodos de esta sección provienen del Observatorio BP de Energía y Sostenibilidad 2010.

### **2.1 Consumos energéticos**

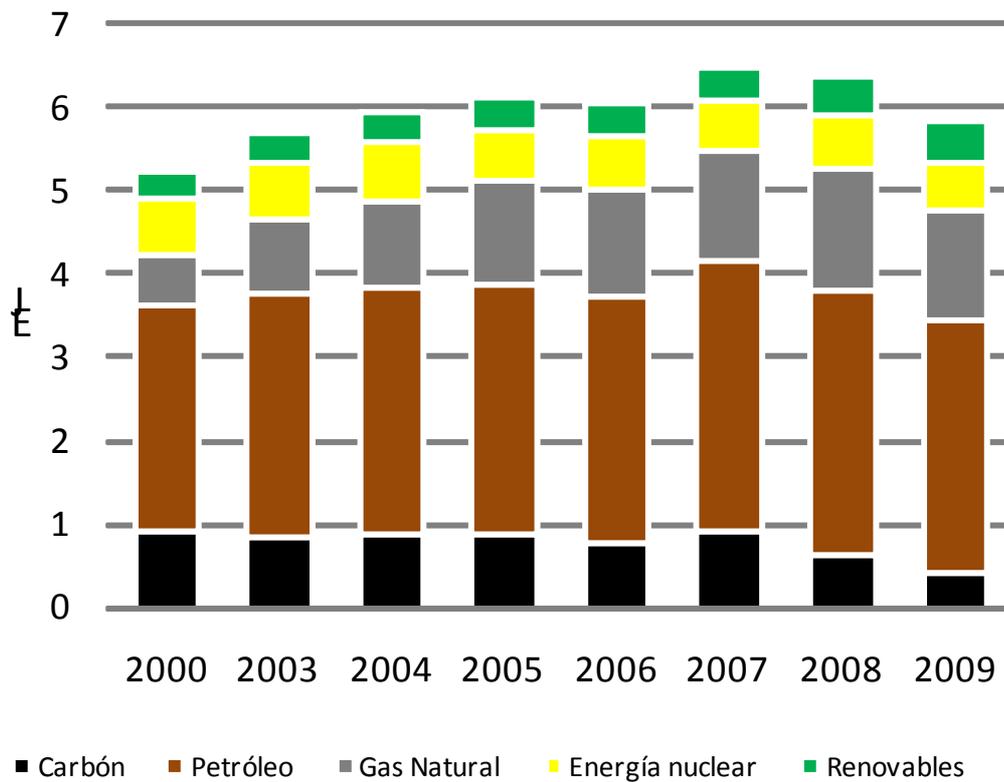
En España el consumo total de energía primaria en 2009 descendió el 8,2% respecto al de 2008, debido posiblemente a los efectos de la crisis. Aun así, fue un 55,9% superior al de 1990, y un 13,1% al de 2000, debido al crecimiento de la economía española en las dos últimas décadas, que ha traído un aumento medio anual del consumo total de energía primaria del 4,2% (a pesar de los descensos en 2008 y 2009).

El consumo español de energía primaria per cápita converge gradualmente al valor promedio de los países del mismo entorno económico (UE-15). Si en 1990 el consumo energético español representaba el 62% del consumo medio por habitante de la UE 15, en el año 2008 ya suponía un 86%. Ello se debe a que el consumo de energía primaria per cápita en España ha crecido, desde 1990 hasta 2007, en un 47%, a un ritmo medio anual de 2,7% (menor que el de energía primaria total debido al aumento de población). La contracción del consumo energético per cápita español en 2008 y 2009 sería resultado del efecto combinado de la crisis económica y el menor peso en la economía de actividades intensivas en energía.

## Energía Primaria per Cápita

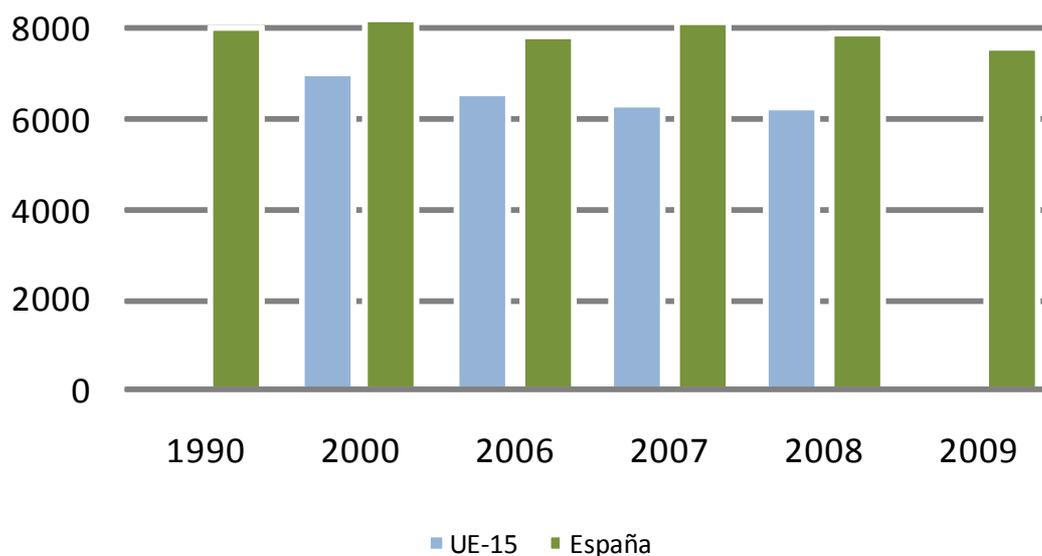


## Consumo de Energía Primaria en España



Sin embargo, y como mencionaba antes, más que el consumo de energía, lo que realmente indica el bienestar proporcionado es el nivel de servicio energético, o, dicho de una forma similar, el valor añadido generado por cada unidad energética. Esto es lo que mide de forma aproximada (e inversa) la intensidad energética de un país: la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de valor añadido (medido habitualmente en términos de PIB). Y en este indicador la citada convergencia no se reproduce. Si bien es cierto que en los últimos años tanto España como la UE han reducido el valor de este indicador, ocurre que la menor velocidad de cambio en el caso español está haciendo aumentar la diferencia. Tomando como referencia los años 2000 y 2008 se observa que en 2000 la intensidad energética española era un 17,65% superior a la media europea (UE-15), mientras que en 2008 el margen era del 26,3%. En España la intensidad energética ha seguido en primer lugar un periodo de crecimiento debido al creciente peso en la economía de la construcción, para después empezar a reducirse gracias a las políticas de eficiencia y el avance tecnológico, pero también como causa del incremento de los precios energéticos y la caída de la construcción. Así, la intensidad energética en 2000 fue un 2,4% mayor que la de 1990, y la de 2009 un 7,9% menor que la de 2000.

**Energía Primaria por PIB - Intensidad Energética**  
GJ/Millón € constantes 2000



## 2.2 Mix energético

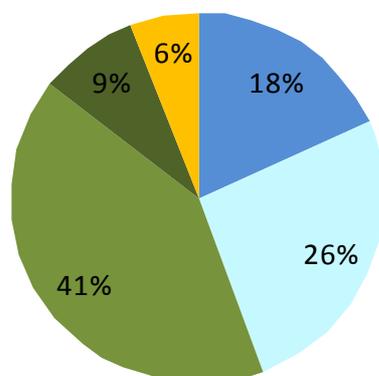
Como ya se mencionó anteriormente, la disponibilidad de energía depende también de las fuentes energéticas utilizadas: una elevada dependencia de fuentes finitas puede comprometer el suministro de energía a largo plazo. Por tanto, es interesante observar la composición del suministro energético por fuentes, y su evolución.

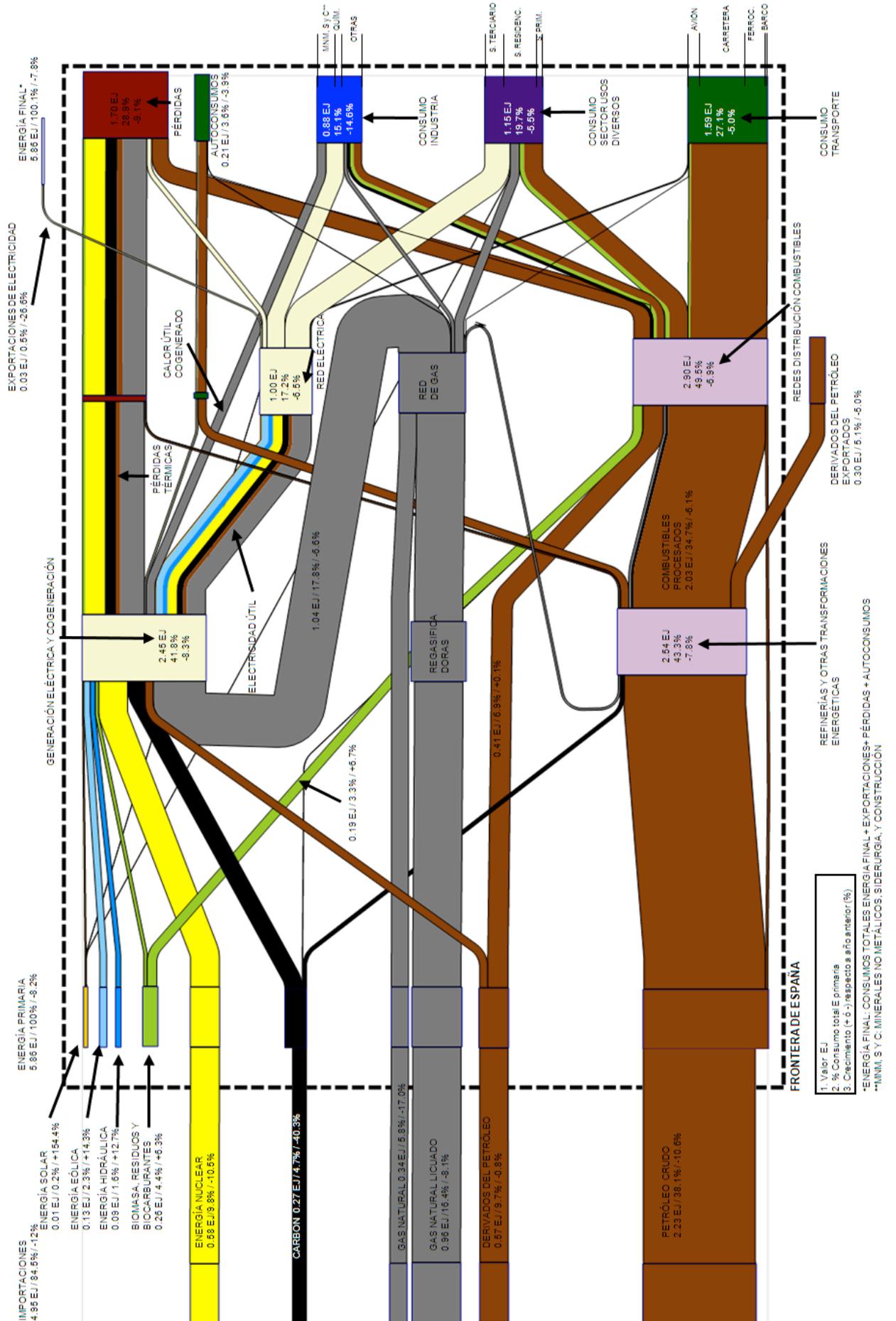
En 2009, el petróleo y sus derivados (el paradigma del recurso energético finito) representaron el 51,8% del total de energía primaria consumida, seguidos de lejos por el gas natural, que ha crecido desde el 12% en el año 2000 al 22,2% actual, absorbiendo la mayor parte del crecimiento del consumo energético español en este periodo, así como la reducción de la participación del carbón, que desde el año 2000 ha bajado su cuota del 17% al 7,4%. La energía nuclear, sin grandes variaciones, representó el 9,8% del consumo de 2009.

La contribución del conjunto de las energías renovables ha crecido sostenidamente desde el 5,6% en el año 2000 al 8,8% actual, sobre un consumo un 13,65% superior. La biomasa aporta el 41% del total, seguida por la energía eólica, con un 26% del total de las renovables y con uno de los mayores crecimientos en los últimos años. Por detrás se encuentran la energía hidráulica, los biocarburantes y la energía solar.

### Composición de Energías Renovables en Energía Primaria, 2009

■ Hidráulica ■ Eólica ■ Biomasa ■ Biocarburantes ■ Solar





1. Valor EJ  
 2. % Consumo total E primaria  
 3. Crecimiento (+/-) respecto a año anterior (%)

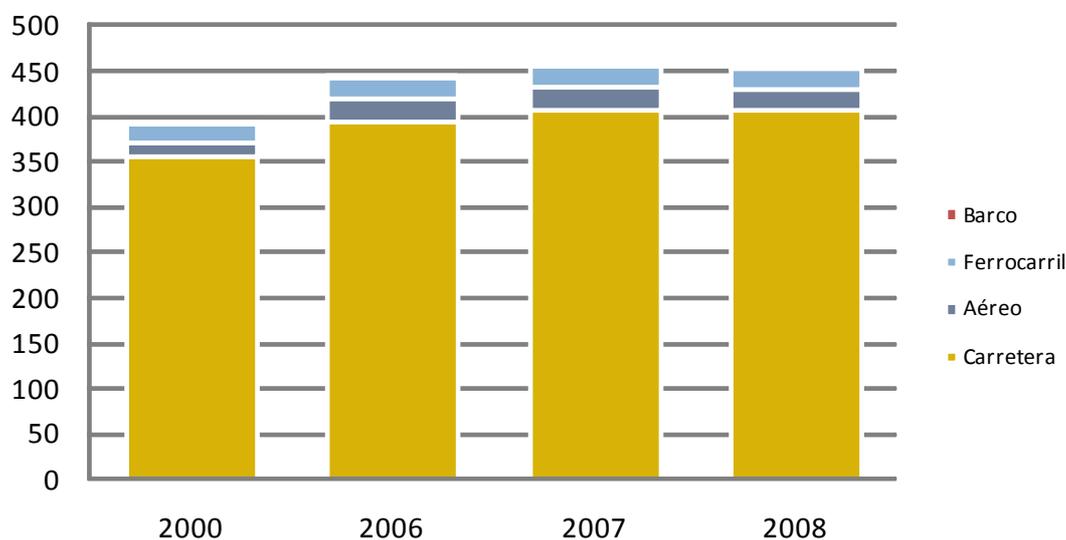
\*ENERGÍA FINAL: CONSUMOS TOTALES ENERGÍA FINAL + EXPORTACIONES + PERDIDAS + AUTOCONSUMOS  
 \*\*MIM. S. I. C. MINERALES NO METÁLICOS, SIDERURGIA, Y CONSTRUCCIÓN

En la figura precedente (diagrama de Sankey) puede observarse, para el año 2009, el flujo de energía en el sistema español, detallando por fuentes energéticas las entradas (producción e importaciones) y los consumos por sectores.

Por su peso en el consumo total de energía y en las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, el transporte merece un tratamiento individual en la discusión de la sostenibilidad del modelo.

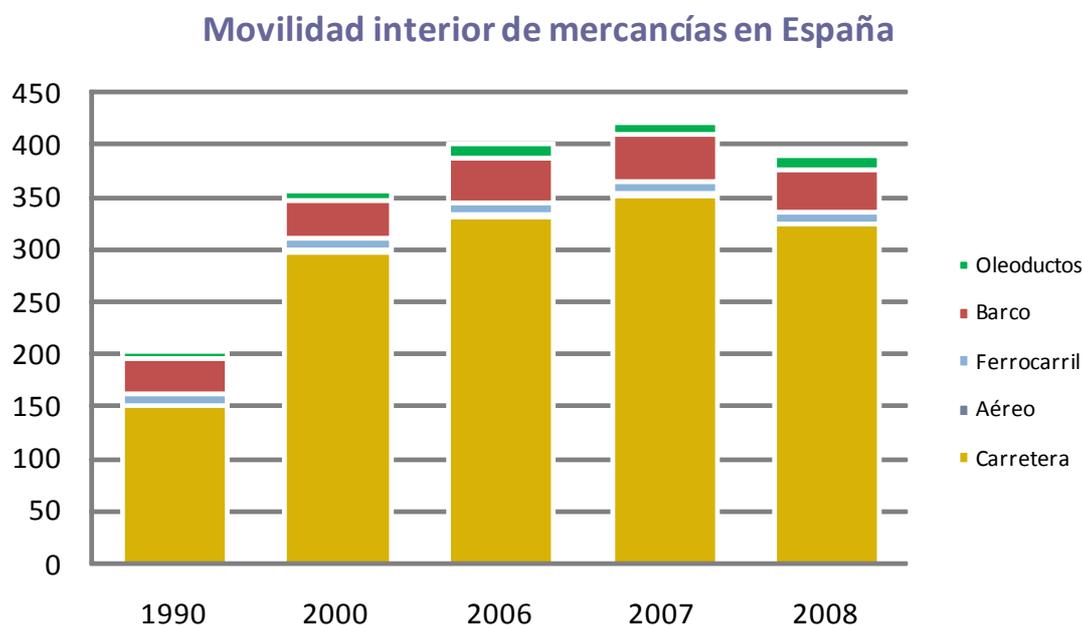
El transporte en 2008 ha sido afectado, como todos los otros sectores, por la crisis económica. Los efectos sobre el transporte son visibles tanto en el transporte de personas (viajeros-km) como en el transporte de mercancías (toneladas-km). Por cuanto afecta al caso español, el crecimiento continuo que ha caracterizado el periodo hasta el 2007 sufrió una parada. Al final de 2008 los viajeros-km internos han sido 452 millones contra los 454 millones del 2007. En el caso del transporte de mercancías, los efectos son aun más visibles. Entre el 2007 y el 2008, en España la bajada de movimientos interiores por tierra (carretera y ferrocarriles) ha sido del 7,8%, muy superior a los valores europeos (en UE-27 la bajada ha sido del 2,4%).

### Movilidad interior de viajeros en España



Por el contrario, los efectos sobre los pesos de los diferentes modos han sido mínimos en ambos casos (personas y mercancías). En 2008 los porcentajes para viajeros fueron de 89% para el transporte por carretera, 4,7% para el tráfico aéreo, 5,3% para el ferrocarril y 0,4% para el barco. Y para mercancías el 83% para

carretera, 10% en barco, 3% en ferrocarril, también 3% el transporte por oleoducto, y 1% el transporte aéreo.



### 2.3 Precios de la energía final

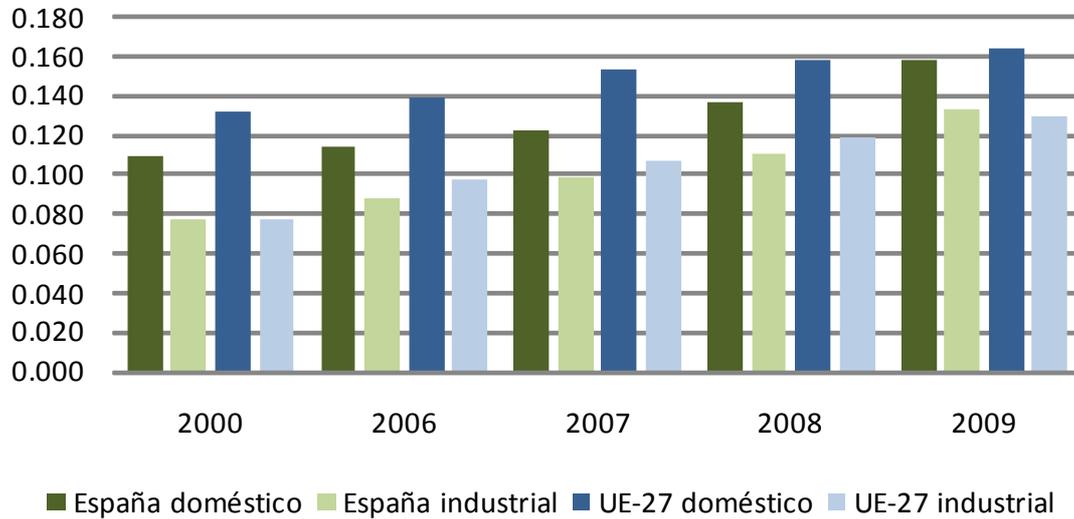
Entre los años 2008 y 2009, los precios finales de la electricidad (impuestos incluidos) en España subieron el 15,4% para los consumidores domésticos y el 20,8% para los consumidores industriales. Este aumento es considerablemente mayor a lo detectado a nivel UE-27, con incrementos del 3,9% para el caso doméstico y del 9% para el industrial.

En línea con la tendencia creciente de los precios internacionales del crudo, los precios finales (con impuestos) de los derivados del petróleo en España aumentaron entre 2007 y 2008 el 15,6% para la gasolina 95 y el 18,1% para el gasoil de automoción. Los precios finales siguen siendo menores que en la media de los países de la UE-27 debido a la menor fiscalidad española: 16% menos para la gasolina 95 y 13% menos para el gasoil en 2008. La gran volatilidad de estos precios no se refleja en las figuras, ya que éstas representan solamente los valores medios anuales.

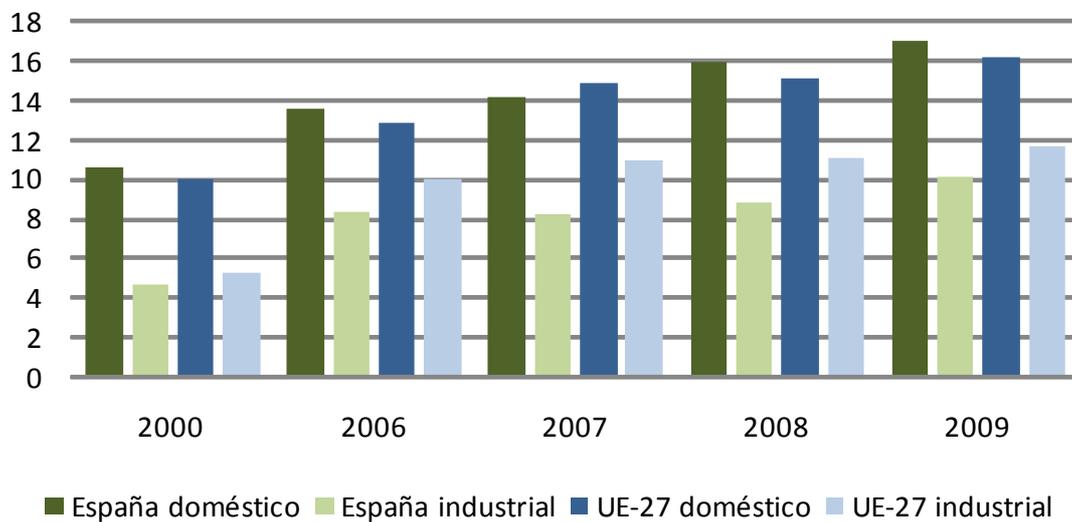
El precio del gas natural, entre 2008 y 2009, subió el 6,3% para el usuario doméstico, mientras aumentó un 13,9% para los usuarios industriales. Mientras

tanto en el resto de Europa (UE-27) los incrementos fueron del 7,6% y del 5,7%, respectivamente.

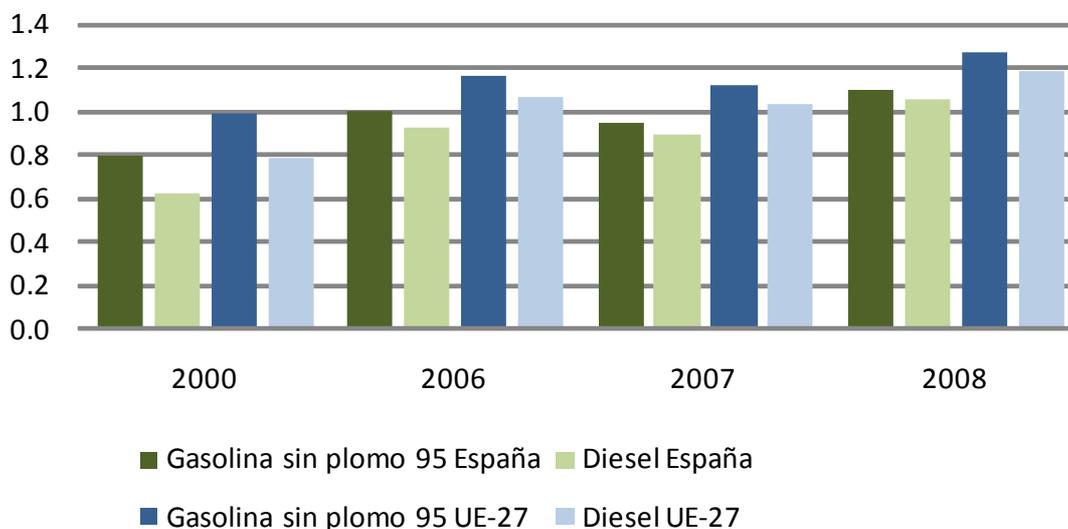
### Precios de la Electricidad €corrientes/kWh con impuestos



### Precios del Gas Natural €corrientes/GJ con impuestos



### Precios de los Carburantes €/corrientes/l con impuestos



#### 2.4 Flujos económicos

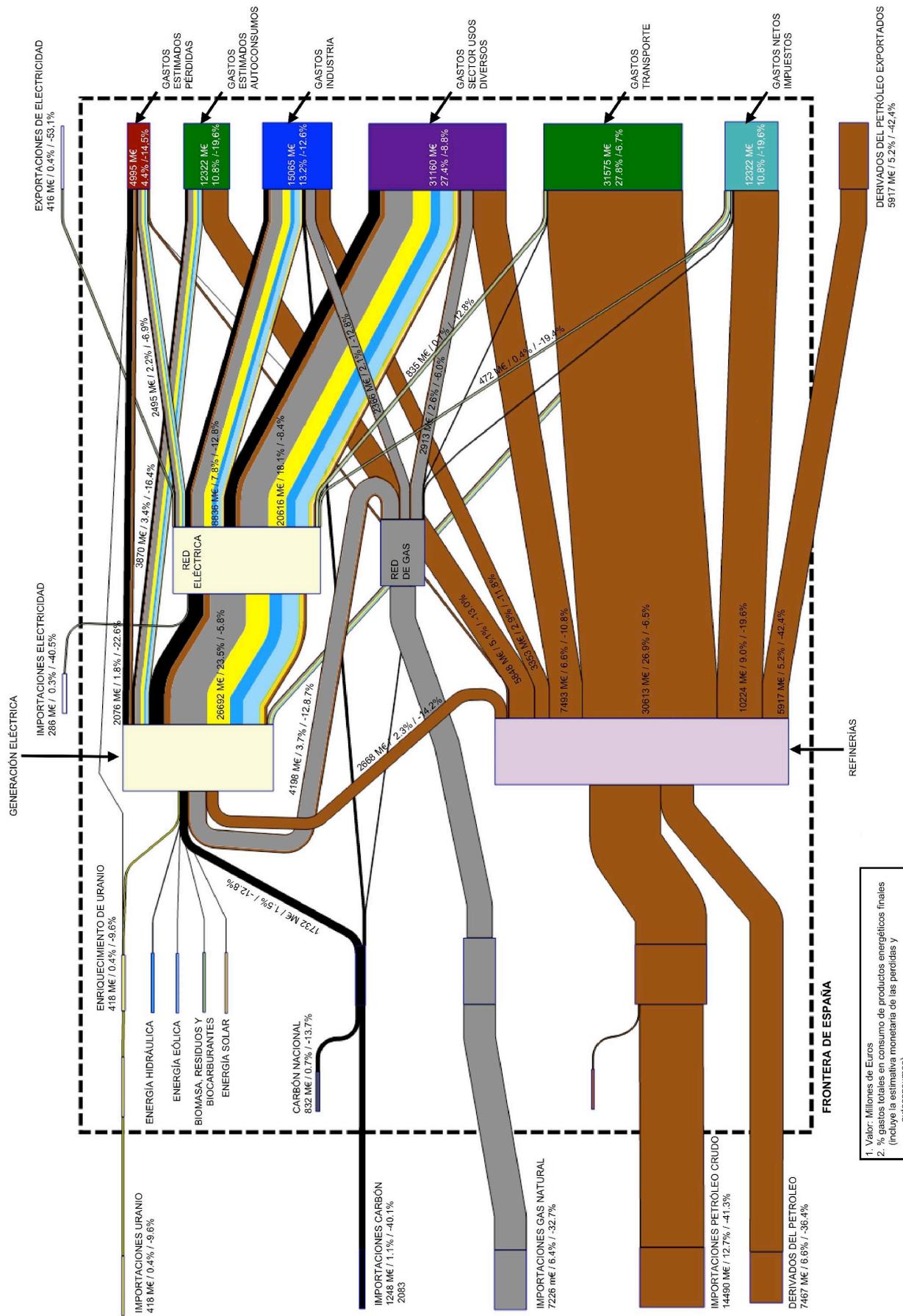
A continuación se muestra la creación de valor añadido en el sector energético español, por medio de una figura similar a las anteriores. Esta figura es interesante por cuanto muestra la distribución de los flujos económicos, y la creación de valor añadido por actividades.

Por ejemplo, si evaluamos la diferencia entre las entradas y salidas (gastos energéticos y ingresos totales), vemos que es necesario gastar un euro en la compra de energía primaria para obtener 1,52 euros de ingresos en la actividad de refino (descontados pérdidas, autoconsumos e impuestos). Sin embargo, cuando evaluamos el sector eléctrico como un todo, esta proporción sube a 3,30 euros obtenidos de cada euro gastado en la compra de energía primaria (en 2008 las proporciones eran 1:1,31 y 1:3,19 respectivamente). La gran diferencia observada en la magnitud del valor añadido no energético (capital, trabajo y otras materias primas) en estos sectores es explicada por la presencia de materias primas renovables en el sector eléctrico.

Una de las grandes ventajas de una representación como el Sankey económico es su capacidad de describir el flujo monetario que se deriva de una materia prima sin

derechos de propiedad bien definidos, como es el caso de la mayoría de las fuentes de energía renovable. Por ejemplo, el coste monetario del combustible viento puede ser considerado nulo, sin embargo es responsable del 13,6% de los ingresos del sector eléctrico (representado en color azul claro en el diagrama Sankey). Por lo tanto, toda la contribución del recurso renovable a los ingresos corresponde a factores de producción no energéticos, ampliando así la proporción entre el uso de energía primaria y la venta del producto energético ya transformado. Cuanto mayor sea la diferencia entre el ancho de las fuentes de energía primaria (parte izquierda del diagrama Sankey) y los ingresos y usos de los productos energéticos (parte derecha del diagrama Sankey), mayor es la seguridad económica del suministro energético, ya que aumenta su dependencia de factores de producción domésticos y se reduce la influencia del coste de combustible.

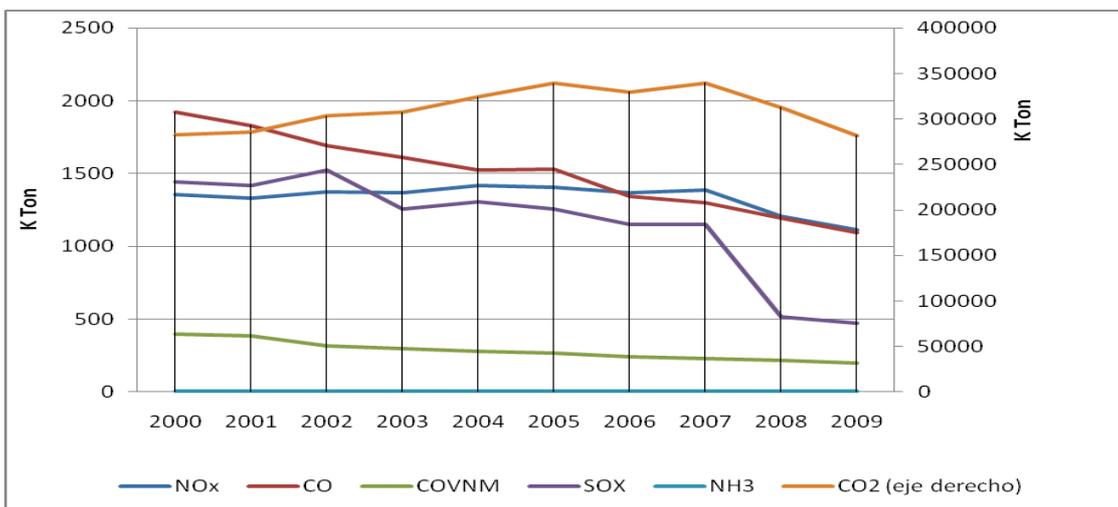
La figura también presenta la estimación de los costes monetarios de las ineficiencias contenidas en los procesos de transformación. El coste de pérdidas y, en la mayoría de las veces, de autoconsumos no suelen ser medidos en términos monetarios porque no son flujos económicos reales. Sin embargo, al presentar una estimación del valor monetario perdido por estas ineficiencias, se hacen patentes los incentivos económicos que existen para realizar inversiones en la mejora de la eficiencia de los procesos de transformación y en el transporte y distribución de los vectores energéticos.



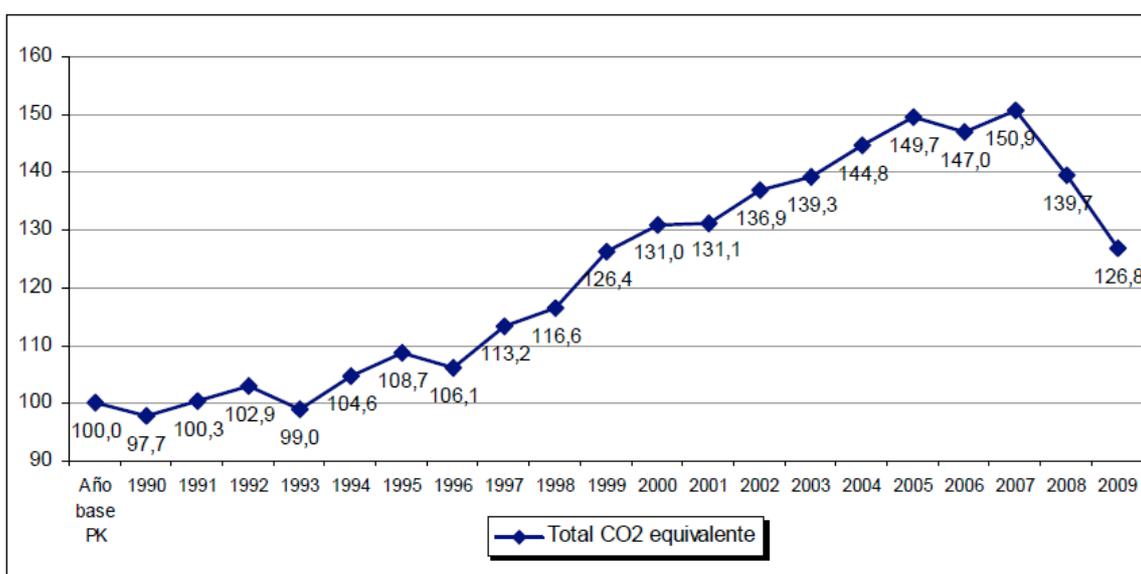
1. Valor: Millones de Euros  
 2. % gastos totales en consumo de productos energéticos finales (incluye la estimativa monetaria de las pérdidas y autoconsumos)  
 3. Crecimiento (+ o -) respecto a año anterior (%)

## 2.5 Impacto ambiental

El principal impacto ambiental del sector energético se debe a las emisiones de gases de efecto invernadero y también a las emisiones de otros gases contaminantes. En la siguiente figura se puede observar la evolución de estas emisiones en los últimos años.



Como se puede ver, el impacto ambiental del sector se ha reducido, especialmente en lo que se refiere al SO<sub>2</sub>. Sin embargo, aún seguimos por encima de nuestros compromisos internacionales en materia de emisiones de CO<sub>2</sub>, tal como se muestra en la figura siguiente. Por su parte, el diagrama Sankey de la siguiente página muestra la distribución de estas emisiones de CO<sub>2</sub> por fuentes y usos finales.





## 2.6 Diagnóstico

¿Qué podemos concluir pues acerca de la sostenibilidad del modelo energético español? Dicho brevemente, que el modelo no es muy sostenible:

- Si bien la cantidad de energía disponible aumenta, la intensidad energética no evoluciona favorablemente, o al menos no tanto como en los países de nuestro entorno
- Los costes de suministro van aumentando (algo que en parte viene causado por nuestra alta dependencia de combustibles fósiles, con un riesgo de precio elevado).
- Las emisiones de contaminantes disminuyen, pero la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> no es suficiente para cumplir los objetivos propuestos (además de que no está claro que la reducción de emisiones observada en los últimos años sea estructural, sino más bien coyuntural debida a la crisis de la construcción fundamentalmente).

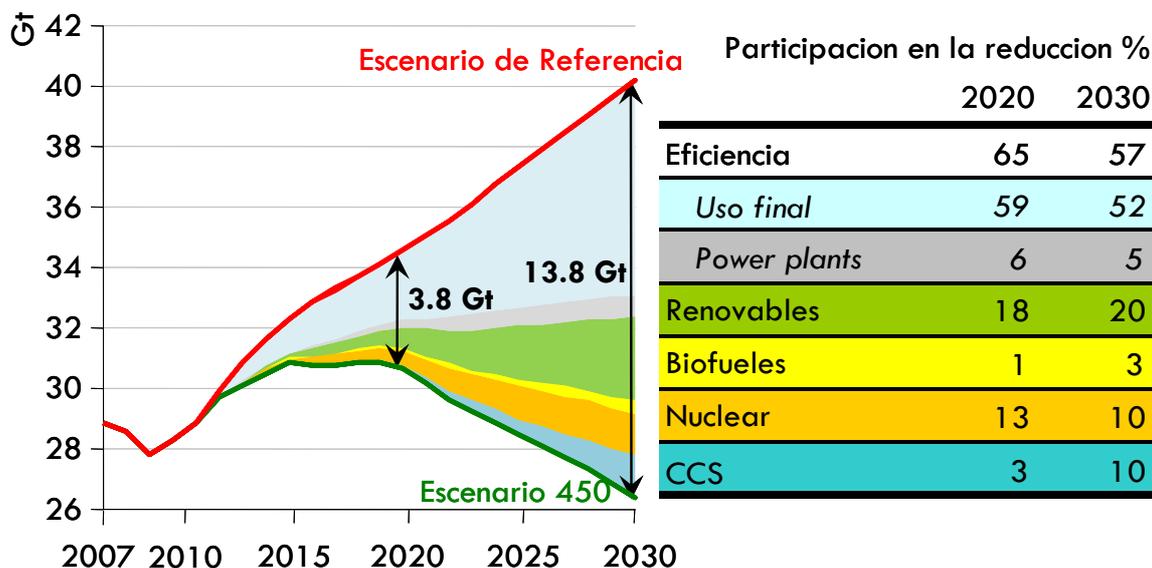
Otros aspectos, como el impacto sobre la estructura social, o la distribución en el acceso a la energía o a sus consecuencias, no son muy relevantes a escala española, y por tanto no las considero aquí. Sí sería de gran interés analizar la evolución del capital tecnológico creado o relacionado con el sector energético. Sin embargo, la falta de datos impide realizar un análisis detallado. En todo caso, informes como el de la Fundación COTEC no dan lugar a un gran optimismo sobre la inversión en capital humano en el sector energético español.

Por lo tanto, y en cualquier caso, parece recomendable redirigir el modelo energético español hacia una senda de mayor sostenibilidad. En la sección siguiente se ofrecen recomendaciones sobre los elementos que deben formar parte del nuevo modelo, y se aporta una propuesta de modelo energético sostenible para España.

### 3 Un modelo energético sostenible para España

Esta sección y la próxima provienen casi en su totalidad del Informe CONAMA Cambio Global 2020/2050 Energía, Economía y Sociedad. Así, en primer lugar, es preciso reconocer que el cambio de modelo es posible. Por ejemplo, a nivel global, la misma Agencia Internacional de la Energía presenta un modelo alternativo, llamado “escenario 450”, en el que se plantea una transformación radical del sistema energético. La figura presenta además de qué forma se puede lograr semejante esfuerzo de reducción de emisiones dentro del sector energético. En dicha propuesta, las distintas tecnologías de generación de electricidad tienen un papel destacado, en torno a la quinta parte del total. Sin embargo, es importante destacar que más de la mitad de la reducción se debe a mejoras en la eficiencia y ahorro energético en los usos finales. Estas medidas incluyen actuaciones en edificios, industria y transporte, con cortos periodos de pay-back e incluso costes negativos de reducción.

Emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en los dos escenarios de la AIE



También en España el ahorro y la eficiencia energética presentan un elevado potencial, y así existen numerosas posibilidades de reducción del consumo energético – y de los impactos ambientales asociados – desde el urbanismo, la edificación, el transporte, o la demanda de electricidad. En las secciones siguientes se detallan las posibles soluciones para aumentar la sostenibilidad del modelo, en

primer lugar desde la reducción de la demanda, y en segundo lugar desde el cambio de las tecnologías de generación energética.

### **3.1 Soluciones desde la demanda**

En el sector de la **edificación**, la optimización de la radiación solar, el aislamiento térmico, el control de la ventilación y el intercambio de calor pueden permitir reducir la demanda energética para climatización a valores residuales, próximos a los 10-15 kWh/m<sup>2</sup>. Tras el necesario ajuste de la demanda, la eficiencia en la captación, transformación, transporte y aportación de energía a los espacios que deben acondicionarse es el factor que debe asegurarse para obtener buenos comportamientos energéticos en la edificación.

Aumentar el porcentaje de la energía que va a satisfacer las necesidades del usuario, respecto a la cantidad total de energía que entra en el sistema, es el objetivo de la eficiencia en las instalaciones. La adecuación y el rendimiento de equipos transformadores de energía –como calderas, climatizadores, etc-, de sistemas de transporte de energía, y de difusores –radiadores, ventiladores, etc.- para servir la demanda, son factores que determinan la eficiencia en las instalaciones de climatización.

En definitiva, hoy podemos aspirar a vislumbrar una fuerte descarbonización de un sector de la edificación reconfigurado en torno a la idea de la rehabilitación bioclimática del tejido edificado de nuestras ciudades.

En el ámbito **urbanístico** el necesario aumento de la eficiencia energética --y por ende la reducción de las emisiones debidas a la edificación-- ha de plantearse desde la rehabilitación de los barrios, de la ciudad existente, y desde una gestión de los espacios construidos orientada a las necesidades de los ciudadanos. Unos usuarios cuyo convencimiento y apoyo en el cambio hacia una sociedad con un metabolismo bajo en carbono resulta el factor más determinante.

La tendencia actual de modelo de ciudad difusa crea urbanización (suburbios) pero no ciudad. En la medida que crece la ciudad difusa lo hace el consumo de recursos.

Abandonar el modelo actual de ciudad difusa y el marco institucional que la ha apoyado parece más que razonable.

El modelo urbano que podría revertir el proceso insostenible del actual es el modelo de la ciudad mediterránea, compacta en su estructura y compleja en su organización, eficiente en el consumo de recursos y estable socialmente. Este modelo compacto se puede articular en nuevas células urbanas para la funcionalidad del sistema, que trasciendan a la decimonónica manzana y respondan mejor a los objetivos de movilidad y acceso –ir de un punto a otro de la ciudad de la manera más eficiente posible- a la vez que liberen entre el 60 y el 70% del espacio público hoy sometido a una invasiva motorización. La nueva célula urbana propuesta (equivalente a una supermanzana de unos 400 m de lado) permitiría articular un nuevo modelo de movilidad basado en los modos de transporte alternativo y tener acceso a las actividades, fuentes de trabajo y equipamientos básicos de proximidad sin usar el coche.

Esta nueva concepción del urbanismo debe aplicarse fundamentalmente para regenerar la ciudad consolidada, ya que sólo gestionando de una forma eficiente los tejidos urbanos actuales y rehabilitando el sobredimensionado parque de edificios existente a gran escala, se puede dar una respuesta adecuada al reto energético que se plantea.

Sobre esta línea de trabajo, ya existen estudios y propuestas desarrolladas, entre otros dos informes de la serie de Cambio Global España 2020/50, que apuntan a cómo avanzar hacia la transformación de nuestras urbes en ciudades bajas en carbono.

En el sector del **transporte**, más allá de la reducción de demanda de movilidad que plantea la transformación hacia un urbanismo sostenible, también se ofrecen soluciones para la disminuir la demanda energética: reducción del parque de vehículos, haciendo innecesario el ser propietario de un vehículo para atender las necesidades de desplazamiento; reducción del número de viajes, convirtiendo viajes unipropósito en viajes multipropósito, o evitando, en general, los viajes innecesarios; reducción del número de vehículos-km mediante el aumento de la ocupación de los distintos medios de transporte, o la reducción de las distancias entre origen y destino; aplanamiento de las horas punta para evitar la congestión

del tráfico en determinadas franjas horarias; equilibrio entre la utilización del vehículo privado y el transporte público, favoreciendo una transferencia hacia el transporte público; y promoción de modos de transporte no contaminantes (modos soft: viajes en bicicleta y a pie que facilitan, además de beneficios ambientales, una mejora de la calidad de vida de las ciudades y un urbanismo de proximidad, enriquecedor para las relaciones ciudadanas).

En el informe CONAMA se apunta la posibilidad de reducciones en el consumo de energía final del orden del 60% en 2030 con respecto al año 2008.

El sector **energético**, muy especialmente el eléctrico, ofrece también muchas oportunidades de mejora desde la demanda. El uso más racional de electricidad presenta muchas oportunidades de reducción del consumo energético : la gestión eficiente de la demanda de electricidad, la iluminación de bajo consumo, los electrodomésticos eficientes, las tecnologías avanzadas para climatización, y los sistemas de almacenamiento y gestión de la energía permitirán reducir en gran medida el consumo.

### **3.2 Soluciones desde la oferta de energía**

La reducción del consumo no será suficiente para lograr un modelo sostenible. Será necesario también actuar sobre las tecnologías de transformación de la energía, tanto de calor y de electricidad como para el transporte. Tienen especial importancia aquí las tecnologías de generación de electricidad, por su participación cada vez mayor en el sistema.

Las energías renovables son las que ofrecen hoy mayores ventajas desde el punto de vista de la sostenibilidad ya que los combustibles fósiles y la energía nuclear no parecen sostenibles. Las propuestas de “captura y secuestro” de carbono están en fase de demostración y habrá que esperar unos años para analizar las posibilidades de generalización o no de la tecnología (no sólo en función de su competitividad, sino tras una consideración cuidadosa de las muchas incertidumbres aún por resolver en cuanto a la capacidad y seguridad de los almacenamientos). En cuanto a la energía nuclear, además de los elevados costes de inversión con largos períodos de amortización que generan grandes incertidumbres sobre su viabilidad

financiera, las cuestiones –no resueltas-- que focalizan hoy las polémicas sobre el futuro de la tecnología nuclear de fisión son el agotamiento de las reservas de uranio, los riesgos de proliferación nuclear y la producción de residuos radiactivos. Así pues, hoy es la generalización del uso de las energías renovables, desplazando progresivamente a las convencionales, lo que puede permitir avanzar hacia una generación sostenible. Si bien algunas de ellas todavía presentan unos costes elevados, otras como la energía eólica atravesaron ya el umbral de la competitividad con las tecnologías convencionales. La cogeneración también puede tener una aportación significativa, por su mayor eficiencia.

En lo que se refiere al sector del **transporte**, existe todavía un muy importante potencial de mejora. Si todas las mejoras en eficiencia fueran utilizadas para recortar el consumo de combustible en vez de potenciar las prestaciones, se estima que el uso de combustible se podría reducir hasta un 26% en 2035. La adopción agresiva de tecnologías híbridas (enchufables o no) podría resultar en una reducción del 40% del consumo de combustible en el coche. En cuanto a los nuevos motores, fabricantes y políticos parecen coincidir en centrarse en vehículos eléctricos y vehículos con pilas de combustible de hidrógeno (de hecho, estos últimos son también vehículos eléctricos, aunque con hidrógeno como combustible almacenable en vez de baterías, que luego es convertido en electricidad en la pila de combustible).

Todas las alternativas de oferta y demanda analizadas en el informe CONAMA se han combinado para construir unos escenarios energéticos deseables para 2020 y 2030, que deberían permitir alcanzar un modelo energético sostenible en el medio plazo. Es decir, un modelo más eficiente en el uso de la energía, con un menor coste (incluido el riesgo de precio asociado a las importaciones de combustibles fósiles), y con menor impacto ambiental. Reproduzco a continuación esta propuesta, sin esto quiera decir que sea la única opción posible.

### **3.3 La propuesta de modelo energético del Informe CONAMA**

Diversos escenarios apuntan hacia el 100% de generación eléctrica de fuentes renovables para 2050 en un contexto de mayor electrificación de la sociedad. También está establecido el entorno del escenario 2020 por el llamado Paquete

Europeo de Energía y Cambio Climático. Para alcanzar los objetivos a 2050 a partir de los alcanzados en 2020 queda por establecer el Escenario 2030, sobre el que se espera un interesante debate a lo largo de los próximos años. La propuesta que aquí se avanza pretende fomentar este debate pendiente en la sociedad española.

Para la realización de este ejercicio se han construido dos escenarios: un escenario base en el que se incluyen sólo las políticas energéticas y medioambientales actuales y un escenario deseable, más avanzado, con el objetivo fundamental de reducir las emisiones de GEI en 2050 en un 80% sobre el nivel de emisiones en 1990 (reducción mínima establecida por la comunidad científica para mantener la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera por debajo de 450 partes por millón y el incremento global de temperatura por debajo de los 2°C).

Se trata de un escenario de reducción de emisiones muy exigente, que a partir de 2030 tendría que ser acometido con tecnologías más avanzadas que las actualmente disponibles. Aunque se considera la aparición futura de soluciones tecnológicas novedosas, se desconoce el alcance de aplicación de 2030 a 2050; por ello sólo se presentan resultados detallados hasta el año 2030. Se trata de mostrar la composición del sistema energético que sería necesaria en el año 2030 para poder acometer los objetivos previstos para 2050. Conforme vayan apareciendo novedades tecnológicas aplicables cabrá actualizar y proyectar en el tiempo este ejercicio de modelización.

El escenario base incluye los objetivos de penetración de energías renovables marcados por la Unión Europea para 2020, donde un 20% del consumo energético final ha de ser con fuentes renovables y las emisiones de CO<sub>2</sub> deberían ser un 20% inferiores a las emisiones de 1990. Para ello se ha considerado la existencia del mercado de emisiones de CO<sub>2</sub> para los sectores que participan en el mismo, y para los sectores que no se integran en este mercado (sectores difusos) se han limitado las emisiones de acuerdo a las indicaciones de la Directiva sobre el reparto del esfuerzo de reducción, es decir, un 10% de reducción sobre las emisiones de 2005 en el año 2020. Estos mismos límites se han mantenido en todo el horizonte de modelización. En cuanto a las mejoras en la eficiencia energética para 2030, se ha considerado que el consumo energético en el sector residencial y de servicios disminuye un 22% respecto del año 2000. La eficiencia del sector transporte se ha considerado que mejora en un 10% respecto de la existente en 2009; y en

consonancia con los planes en preparación del Gobierno para la introducción del coche eléctrico, se ha supuesto que en 2020 el parque de automóviles contará con un millón de estos vehículos. En lo que a energía nuclear se refiere, se ha considerado la no instalación de nuevas capacidades y la extinción de las plantas actuales al final de su vida útil, de modo que a partir de 2028 no hay generación eléctrica de origen nuclear.

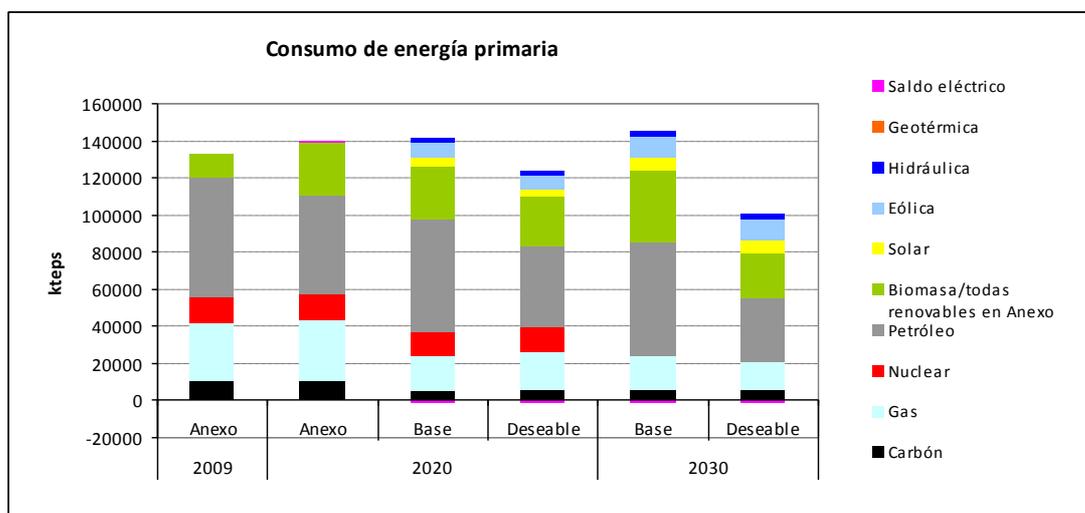
En el escenario deseable se han contemplado los mismos supuestos que en el escenario base, añadiéndose medidas adicionales y mayores restricciones, en particular las referidas a las emisiones de CO<sub>2</sub> que deberán reducirse respecto a sus niveles en 1990, un 30% para 2020 y un 50% para 2030 (ello permitiría alcanzar el 80% de reducción en 2050).

En el sector residencial y de servicios, adicionalmente a las mejoras de eficiencia del escenario base, el escenario deseable ha supuesto que cada año hasta 2050 medio millón de viviendas son rehabilitadas para conseguir un ahorro energético del 50% sobre el consumo de 2009 y que todas las nuevas viviendas construidas tienen una demanda energética un 80% inferior a la actual. Todo ello supondría un ahorro de la demanda energética global en el sector residencial y de servicios de un 46% en 2050 respecto a 2009.

En el sector del transporte se ha considerado un aumento de la eficiencia en 2020 de un 22% respecto de la existente en el año 2000. Además, se ha supuesto una apuesta decidida por el vehículo eléctrico para el transporte de pasajeros con 2.5 millones de vehículos en 2020, 5 millones de vehículos eléctricos en 2030 y 15 millones de vehículos eléctricos en 2050. Se ha considerado asimismo que el transporte de mercancías experimenta un cambio modal radical hacia el transporte ferroviario. De esta forma, en 2020 un 10% de la demanda de transporte total de mercancías se transfiere de transporte por carretera a transporte en tren, en 2030 un 30% y un 70% en 2050.

Bajo todos estos supuestos, en el escenario deseable, el consumo de energía primaria en el año 2030 se reduce en un 23% respecto del consumo del año 2009 y procede de fuentes renovables en un 45%. La energía nuclear desaparece del escenario energético en 2030. El carbón y el gas ven muy reducida su participación

y limitada a la industria, y el uso del petróleo se reduce desde un 49% en 2009 hasta un 34% en 2030.

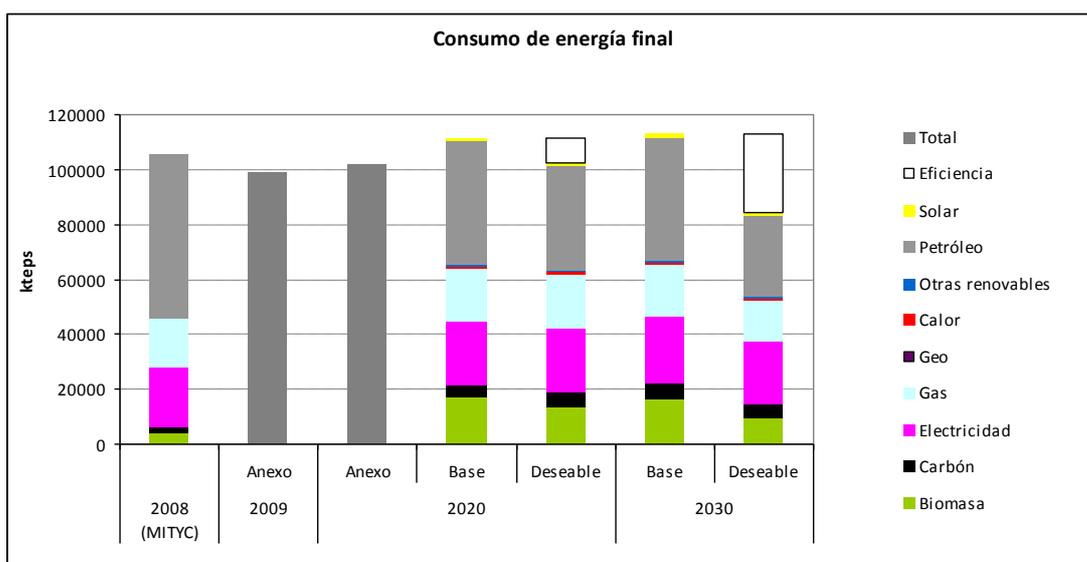
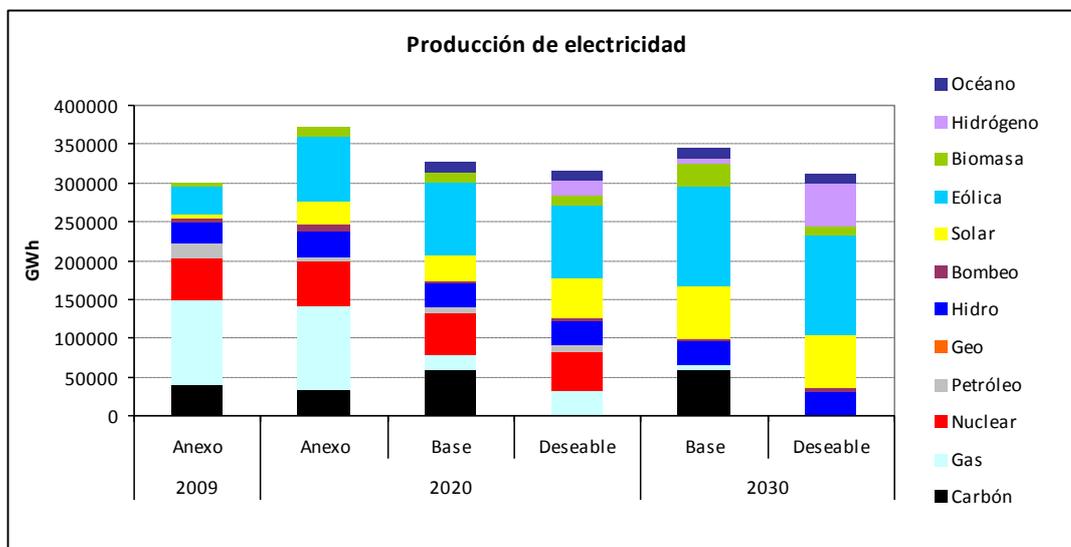


La propuesta de escenario deseable permite reducir el consumo de energía final en 2030 en un 15% respecto al año 2009, mientras que la tendencia que muestra el escenario base nos conduciría a un aumento de un 14% para 2030. Las medidas de eficiencia adoptadas en los distintos sectores y el uso de las tecnologías más eficientes en el escenario deseable permiten ahorrar en el año 2030 alrededor de 30000 ktep respecto del escenario base, lo que supone un 25% del consumo energético final total del escenario base en ese año.

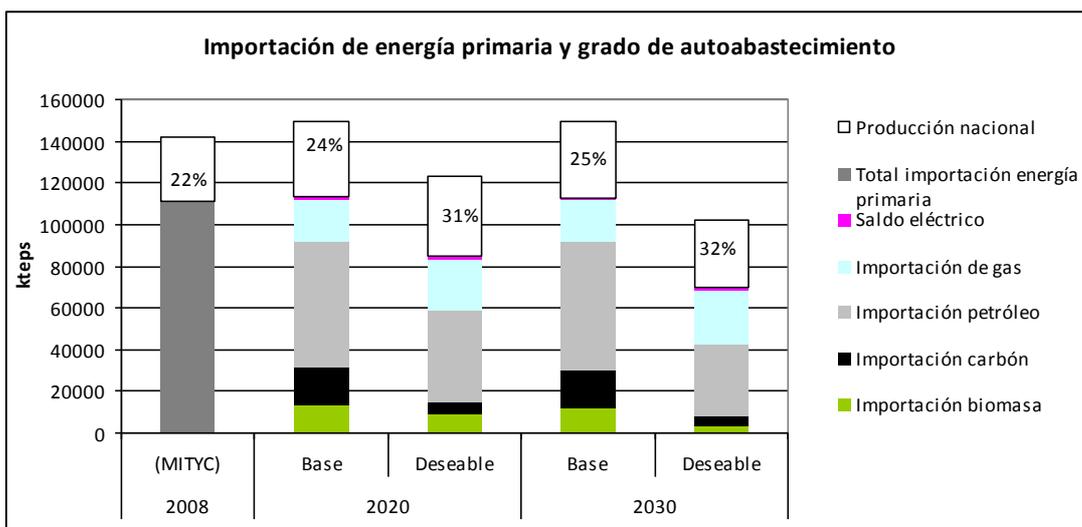
La electricidad aumenta su participación en el sistema energético desde un 20% en 2008 hasta un 27% en el escenario deseable. Los resultados obtenidos para el sector eléctrico muestran un rápido crecimiento de las fuentes renovables, que ya en 2020 suponen más de un 70% de la electricidad total en el escenario deseable y que en 2030 suponen un 100%.

En cuanto a la distribución del consumo de energía final por sectores, el sector del transporte pasa de contribuir en un 38% en el año 2008 a un 18% en 2030 en el escenario deseable. Esta reducción se consigue con la introducción de vehículos más eficientes, el cambio en los patrones de conducción y el cambio modal en el transporte. La participación de la electricidad se ve incrementada debido a la introducción del vehículo eléctrico y el mayor peso del tren -en general electrificado- en el transporte de mercancías. El uso de petróleo en 2030 se reduce a la mitad en este escenario con respecto al escenario base. Los sectores residencial,

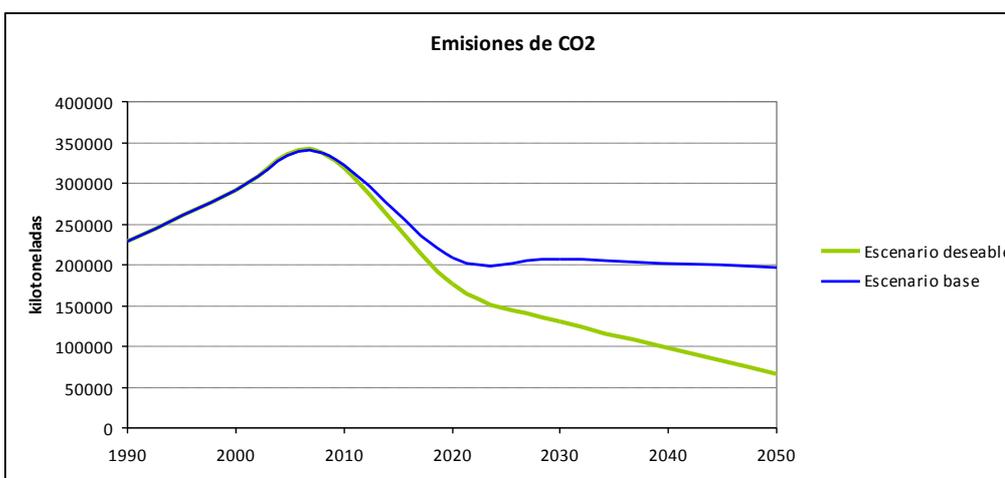
servicios y agrícola disminuyen también su contribución en 2030 al consumo energético final.



La dependencia energética en el escenario deseable disminuye considerablemente, debido al ahorro y al cambio de fuentes energéticas. Por un lado aumenta el autoabastecimiento, que pasa desde un 17% en 2008 (considerando que la energía nuclear no es autóctona dada la dependencia tecnológica y que el combustible es importado) hasta un 32% en 2030. Por otro, disminuye el consumo de energía primaria en un 22%. Considerando ambos procesos, la importación de energía primaria desciende de manera muy importante a lo largo del periodo de modelización, llegando a ser en 2030 un 40% inferior a la de 2008, dejando de importar unas 42.000 ktep.

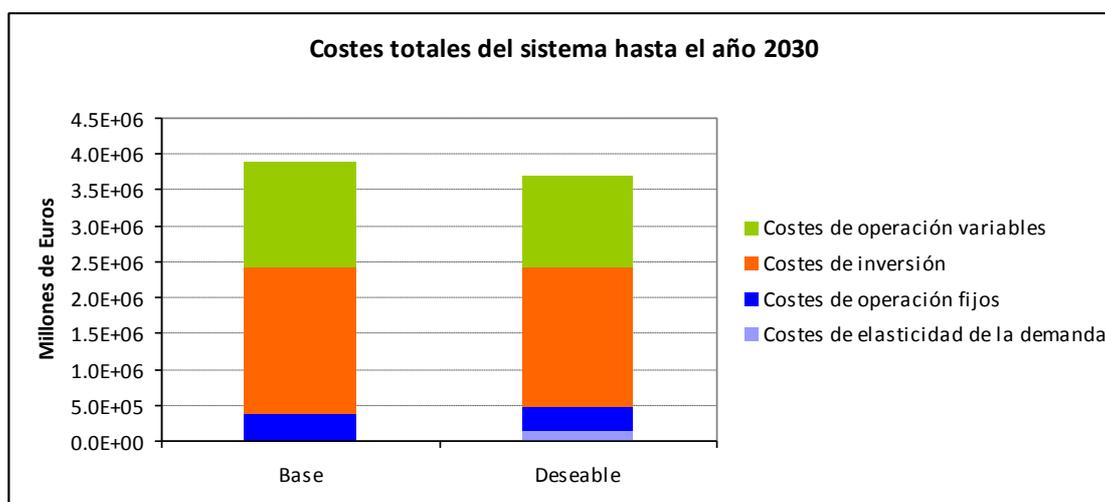


La evolución de las emisiones energéticas de CO<sub>2</sub> sigue una pauta descendiente resultante de las restricciones impuestas al sistema, para alcanzar el 80% de reducción en 2050 para lo cual, en el escenario deseable las emisiones se reducirían un 30% en 2020 y un 50% en 2030, siempre respecto a 1990.



Por último, en lo que se refiere a la viabilidad económica del escenario propuesto, los resultados muestran que, gracias fundamentalmente al ahorro de energía, los costes totales de aprovisionamiento energético del sistema se reducen en el escenario deseable respecto al caso base, debido en gran parte al descenso en los costes de operación variables (un 11% inferiores en el escenario deseable) por la reducción en el consumo de combustibles fósiles. Los demás costes en el escenario deseable, de inversión y de operación fijos, también se ven reducidos -ambos en un 6%- con respecto del escenario base. En el caso de las inversiones, éstas tenderán a

bajar conforme las nuevas tecnologías, con más presencia en el escenario deseable, se van haciendo maduras y las economías de escala mejoran.



#### 4 Políticas para el cambio de modelo

Una vez identificados los escenarios deseables, el dónde queremos llegar, hay que definir cómo hacerlo: cuáles deben ser los papeles de los distintos agentes sociales, cuáles las políticas fiscales, tecnológicas, o de otro tipo, necesarias para pasar del insostenible modelo actual al escenario deseable futuro en el que queremos situarnos. A continuación se apuntan algunas de las políticas necesarias para hacer posible la transición.

En las sociedades democráticas, la sociedad civil constituye una de las claves del cambio social, ya que, para que dicho cambio sea posible, se requiere de una base social suficiente que los apoye y demande a los gobiernos que los promuevan. Las organizaciones sociales -como entidades de intermediación entre los individuos, la sociedad y las instituciones- expresan los intereses de la sociedad civil, influyen decisivamente en la cultura de una sociedad y en sus comportamientos y desempeñan un importante papel en los cambios sociales. Así, es necesario lograr, mediante políticas educativas, informativas y participativas, una implicación de la sociedad civil en la percepción de los problemas y de las soluciones existentes, según el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas. La perspectiva

de una transición justa con participación comprometida de la sociedad civil facilitará los cambios necesarios en el comportamiento social.

A la vez que se avanza en la percepción social sobre la necesidad del cambio de modelo energético, hay que diseñar políticas que incentiven en la dirección adecuada este cambio, y además lo hagan de forma coste-efectiva, es decir, al menor coste posible para la sociedad.

Fundamentalmente, es necesario que los precios de la energía recojan todos los costes de su uso, para que los consumidores y las empresas puedan alinear sus intereses con los de la sociedad. En esta línea hay dos elementos que parecen esenciales. Por una parte, la reformulación de una estratégica energética concertada que establezca adecuadamente los objetivos integrales que se persiguen, las ventajas e inconvenientes de los mismos, y las políticas necesarias para alcanzarlo. Por otra parte, también resulta especialmente recomendable, y más en estos momentos, una reforma fiscal verde, que permita desincentivar las fuentes energéticas no deseadas mediante señales de precio, pero que a la vez no suponga necesariamente un aumento de la carga fiscal, al reducir otras cargas que pueden ser incluso distorsionantes, como las asociadas al mercado de trabajo.

Desgraciadamente, y por muchas razones, las señales de precio o la planificación estratégica no serán suficientes. Por una parte es necesario tener en cuenta la realidad de los mercados y la política; por otra, hace falta un desarrollo tecnológico aún elevado para las energías renovables, que les permitan competir en igualdad de condiciones. Por ello hacen falta, además de las políticas citadas, otras específicas para estimular el ahorro y la eficiencia energética, como los estándares, las cuotas, o las políticas educativas y formativas ya citadas; y otras que se encarguen de lograr el desarrollo tecnológico necesario, bien apoyando las actividades de investigación y desarrollo para las tecnologías menos maduras, con fondos públicos o creando un entorno favorable a la innovación y la iniciativa privada; o creando economías de escala para las que están ya en fase pre-competitiva.

Además, debe tenerse en cuenta que no todos los instrumentos son igualmente apropiados en todos los sectores de actividad. Por tanto, la aplicación de medidas que promuevan tecnologías energéticas más limpias o reducciones en la demanda

debe tener cuenta las características de los sectores. Los instrumentos de precios son especialmente idóneos en el sector de generación eléctrica y en el sector industrial, constituyen una medida necesaria pero no suficiente en el sector transporte y posiblemente son ineficaces en el sector de la edificación. Dada la complejidad del sector transporte, es necesario combinar todos los instrumentos posibles: de precios, informativos, educativos, regulaciones directas, etc.

Finalmente, es imprescindible imbricar todas estas políticas y sus interacciones en un marco institucional adecuado, tanto a nivel nacional como internacional. Las implicaciones de las políticas energéticas sobre unas economías cada vez más interconectadas hacen necesario un esfuerzo global de coordinación y armonización de políticas energéticas y ambientales. Por otra parte, parece más que recomendable lograr un marco regulatorio consensuado a largo plazo, que dé estabilidad a los inversores y consumidores, agentes fundamentales del cambio. Finalmente, es urgente un esfuerzo redoblado a nivel internacional que permita el acceso a fuentes avanzadas de energía a toda la población mundial, como factor clave para su desarrollo.

## **5 Conclusiones**

La conclusión principal del este documento, como el de aquellos en los que se basa, es que el modelo energético español no es sostenible, fundamentalmente debido a su baja eficiencia en el uso de la energía, a sus costes crecientes (muy expuestos al riesgo de precio de los combustibles fósiles), y a la baja inversión en capital tecnológico.

Ahora bien, como también se afirma en el documento, la transición hacia un modelo energético sostenible no sólo es deseable, sino también posible. Este modelo deseable debe ser uno basado fundamentalmente en el consumo eficiente de la energía, en el uso de las energías renovables, y en la inversión en tecnología, de forma que se maximice el bienestar aportado por los servicios energéticos sin que se reduzca el capital ambiental.

Para alcanzar este modelo es necesario por tanto, en primer lugar, incentivar el uso eficiente de la energía, sobre todo en los sectores más consumidores de la misma,

como son el sector residencial y el del transporte. Esto, evidentemente, no es sencillo: el elevado consumo de energía de estos sectores se debe entre otras razones a su baja respuesta a las señales del mercado (además de que las propias señales del mercado no sean las correctas). En segundo lugar, hace falta avanzar en la penetración de las energías renovables, pero sin que esto suponga un coste excesivo para el sistema. De nuevo, la realidad nos ha mostrado que esto es más complejo de lo que parece.

Por tanto, hará falta un buen diseño, y una acertada combinación de políticas, para sobreponerse a los obstáculos actuales. Será necesario establecer políticas que trasladen adecuadamente a los consumidores el coste de la energía, sin que esto comprometa innecesariamente la competitividad de nuestra economía (por ejemplo, mediante una reforma fiscal verde); pero también políticas educativas y formativas para hacer más conscientes de los problemas a los consumidores; estándares y cuotas cuando la respuesta al precio no sea la adecuada; o políticas de desarrollo tecnológico para reducir los costes de las energías renovables o de las tecnologías de reducción de emisiones de contaminantes.

Es imprescindible además que este conjunto de políticas sea coherente y estable, para lo que es necesario un consenso a largo plazo, inmune a las veleidades políticas. Para ello hace falta en primer lugar un gran debate sobre el futuro energético del país que permita alcanzar un amplio acuerdo institucional, político y social en torno a una estrategia energética ambiciosa y sostenible con objetivos de medio y largo plazo, cuestión de importancia decisiva para nuestro futuro.

A este respecto, puede considerarse como un paso positivo (aunque limitado, en parte porque no ha sido apoyado unánimemente por todas las fuerzas políticas) el documento propuesto por la Subcomisión de Análisis de la Estrategia Energética Española para los Próximos 25 Años, del Congreso de los Diputados. Entre sus conclusiones cabe resaltar como positivas la petición al Gobierno de una Ley de Ahorro, Eficiencia Energética y Energías Renovables, con la implantación progresiva y razonable de las renovables en un marco de seguridad jurídica (aunque con unos objetivos reducidos respecto a los expresados en otros foros) y el estímulo de la eficiencia en especial en los sectores de la edificación y el transporte; el abandono casi total de la tarifa regulada en 2013 y que el precio de la energía recoja plenamente los costes incurridos; el incremento de la independencia y

funciones de los reguladores; el fomento de las interconexiones; un marco regulatorio adecuado para fomentar la innovación y la implantación de redes eléctricas inteligentes y el desarrollo de la generación distribuida; el estudio de la viabilidad de medios de generación eléctrica flexible compatibles con una elevada penetración de energías renovables; el apoyo a la I+D en las áreas de mayor potencial para España, y también el reconocimiento del papel del carbón y de la energía nuclear, sobre la que debiera iniciarse ya un debate sobre su futuro.

Como se puede observar, muchos de los elementos citados en este documento están en la propuesta de la Subcomisión. Lo que faltan son las políticas para alcanzarlos. ¿Podemos ser optimistas?