

# Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

Informe basado en indicadores

Edición 2017



---

# Observatorio de Energía y Sostenibilidad

Edición 2017

Equipo de redacción

José Bellver, Rafael Cossent, Pedro Linares,  
Ignacio Pérez-Arriaga, José Carlos Romero

---

## Agradecimientos

Los autores del informe agradecen la colaboración del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente por facilitar datos relativos a las emisiones de contaminantes. Por supuesto, la responsabilidad de los posibles errores y omisiones corresponde únicamente a los autores del informe.

## Índice

Prólogo de la Dirección de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad .....	6
El Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España .....	8
Indicadores energéticos en 2016 .....	9
Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2016 .....	14
Origen de las emisiones de CO <sub>2</sub> en el sector energético español, 2016 .....	14
Flujos económicos en el sector energético español, 2016.....	14
Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2016 .....	15
Balance exergético en el sector energético español, 2016 .....	15
Tablas de datos.....	21
Notas.....	22

## Prólogo de la Dirección de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad

### La Política Energética en España en 2017

A la vista de los resultados, podemos considerar el año 2017 como uno de transición, o incluso de continuación de algunas de las tendencias ya manifestadas en 2016, aunque con algunos destellos de esperanza.

A nivel global, la COP23 de Bonn, que se celebró en noviembre de 2017, ha seguido trabajando en la implementación del Acuerdo de París. Y ha demostrado que la comunidad internacional sigue moviéndose en la dirección apropiada, incluso a pesar del papel insignificante de EEUU en las negociaciones, en las que de hecho las ciudades y estados norteamericanos han tenido una presencia política mayor que la del gobierno federal del presidente Trump.

En este sentido, la Unión Europea ha seguido avanzando, a través del desarrollo de su Paquete de Energía Limpia para todos los Europeos, hacia su objetivo de lograr un sistema energético descarbonizado y sostenible para 2050, en el que además el consumidor asuma un papel central. Así, ha confirmado su compromiso de lograr en 2030 una reducción de emisiones del 40% respecto a 1990, y está actualmente discutiendo sobre los otros dos objetivos asociados: la participación de las energías renovables en la demanda final, y el ahorro energético.

Respecto al primero, que se encuentra ahora mismo en la fase de trólogo (la negociación entre el Consejo, la Comisión y el Parlamento Europeo), la discusión se centra entre si mantener la propuesta de la Comisión del 27%, no vinculante, o si alcanzar la propuesta del Parlamento Europeo: un objetivo del 35%, vinculante a nivel europeo. La discusión sobre los objetivos de ahorro energético también se mueve entre el objetivo del 30% propuesto por la Comisión y el 35% demandado por el Parlamento.

Tendremos que esperar a este año para conocer cómo se concretan estos objetivos, y, en particular, cómo se trasladan a nuestro país. Por ejemplo, parece ya claro que el objetivo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero se trasladará como una reducción del 43% respecto a 2005 en las emisiones de los sectores incluidos en el sistema europeo de comercio de emisiones (EU ETS), y como una reducción del 26% respecto a 2005 de los sectores difusos. Dado que las emisiones españolas en 2005 fueron muy superiores a las de 1990, esta concreción resulta en unos objetivos de reducción menos ambiciosos, y quizá más sencillos de alcanzar. Sin embargo, es necesario ponerlos en el contexto de la trayectoria necesaria hasta los niveles de descarbonización requeridos para 2050 (entre un 80 y un 95%), algo que podría requerir un mayor nivel de ambición en 2030.

En todo caso, España debe estudiar cuidadosamente, y con visión de largo plazo, cómo engarzar estos objetivos europeos en esa política energética de largo plazo que demandamos desde la Cátedra año tras año, y que quizá, finalmente, se comience a materializar este año a partir de la elaboración de la esperada Ley de Cambio Climático y Transición Energética, o de las recomendaciones de la Comisión de Expertos sobre Escenarios de Transición Energética. De acuerdo con las indicaciones del Gobierno, la Ley debería presentarse en el primer semestre



Ignacio Pérez Arriaga



Pedro Linares

de 2018. Los trabajos de la Comisión terminaron en marzo de 2018, y su informe final acaba de publicarse.

Quizá por querer esperar a la Ley, o al informe de la Comisión, las actuaciones en materia de política energética del Gobierno han sido escasas, limitándose a la convocatoria de dos subastas de energías renovables, a la reforma del bono social, y en los últimos meses del año, a una propuesta sobre el cierre de centrales eléctricas.

Las subastas de energías renovables, realizadas en mayo y julio de 2017, resultaron en la asignación de 4.100 MW de potencia eólica, y 3.900 MW de potencia fotovoltaica, en ambos casos con un descuento máximo sobre la inversión sujeta a rentabilidad razonable establecida en la regulación. En la segunda subasta además se garantizaba un precio mínimo de mercado, aunque de nuevo sujeto al sistema de remuneración basado en la rentabilidad razonable actualmente en vigor. En este sentido, en febrero el Gobierno actualizó los parámetros de retribución de las energías renovables para garantizar esta ya mencionada rentabilidad razonable. Cabe plantearse, a este respecto, el elevado nivel de incertidumbre regulatoria que supone el sistema actual, incluso con las subastas, para la remuneración de los proyectos renovables, y en particular para su financiación, algo muy relevante para estas tecnologías de elevados costes fijos. Tendremos que esperar aún para ver cómo estas cuestiones impactan en la potencia renovable realmente instalada como resultado de las subastas.

El año pasado ya indicábamos la importancia de regular la pobreza energética, que afecta a un porcentaje significativo de los hogares españoles. El acceso a un consumo energético compatible con un nivel de vida digno es un componente fundamental de un modelo energético sostenible, y por tanto desde la Cátedra BP defendemos la necesidad de proteger a los consumidores vulnerables frente a este problema, algo que además se ha reforzado recientemente desde la Universidad con la creación de la Cátedra de Energía y Pobreza. En enero de 2017 se convalidó el Real Decreto-ley 7/2016 que regula esta cuestión en España. Como ya hemos indicado en otras ocasiones, esta nueva regulación corrige algunos errores de la anterior, en particular respecto a la protección del consumidor más vulnerable, y además incluye un necesario criterio de renta para percibir las ayudas, pero sigue errando, en nuestra opinión, en la consideración únicamente del suministro eléctrico (y no del de otras fuentes energéticas), y en la inclusión entre los consumidores vulnerables de colectivos no necesariamente afectados por la pobreza energética. Creemos que todavía es necesario avanzar más en este aspecto, para lo

que seguiremos trabajando en colaboración con la Cátedra de Energía y Pobreza.

La propuesta de Real Decreto por el que se regula el procedimiento de cierre de las Instalaciones de Generación Eléctrica, presentada en los últimos meses de 2017, ha generado también un elevado nivel de rechazo, incluyendo un informe desfavorable de la CNMC. El Gobierno ha manifestado sin embargo que seguirá adelante con la propuesta, introduciendo modificaciones y buscando apoyos para su aprobación como Proposición de Ley. En todo caso, lo cierto es que esta propuesta presenta importantes problemas, siendo el principal su compatibilidad con la regulación energética europea. En Europa se puede prohibir un cierre, pero siempre por razones de seguridad (algo que ya estaba contemplado en la normativa española) pero no económicas o medioambientales, que son los criterios adicionales que incluye la propuesta de Real Decreto. Otras cuestiones problemáticas son la ponderación de estos criterios, o el mecanismo de subasta planteado en caso de que la empresa quiera cerrar. Como en otras ocasiones, es preciso preguntarse si no sería más adecuado, más que seguir poniendo parches, regular correctamente la estructura y el diseño del mercado, de forma que se envíen a los agentes las señales correctas, y se alineen perfectamente los intereses particulares de las empresas con los intereses generales de la sociedad. En este sentido, tal vez sea necesario un diseño adecuado de los mecanismos de capacidad que contribuya a crear un marco regulador no intrusivo y eficiente.

Finalmente, y aunque en 2017 no ha habido avances en la regulación del autoconsumo, sí merece la pena citar la sentencia del Tribunal Constitucional que elimina la prohibición al autoconsumo compartido recogida en el RD 900/2015, aunque realmente la sentencia lo que hace es proteger las competencias de las Comunidades Autónomas para regular esta cuestión.

No entramos a valorar las propuestas de modificaciones en la remuneración de las actividades reguladas que ha presentado el Ministerio de Energía, Turismo, y Agenda Digital en enero de 2018, por cuanto todavía están concretándose. Pero sí nos gustaría volver a insistir en la necesidad de contar con regulaciones estables y predecibles, que den confianza a los inversores y permitan dirigir la evolución del sistema energético español hacia un modelo energético más sostenible. En este sentido, y como ya mencionábamos anteriormente, creemos que la Ley de Cambio Climático y Transición Energética es una oportunidad excelente para sentar las bases de la política energética y climática española hacia 2050. Esta Ley debiera dar las señales apropiadas para una transición energética inteligente.

Quizá el primer punto que debería incluir la ley, de forma similar al Acuerdo de París, es el compromiso de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al que aspira, y que debe ser coherente con los objetivos europeos de largo plazo. Además, sería conveniente añadir objetivos intermedios de reducción (a 2030 y 2040), para encauzar el proceso. También podrían incluirse otros objetivos intermedios deseables: penetración de energías renovables en los distintos sectores, avance en eficiencia energética, etc. Aunque estos objetivos no sean los finales, pueden orientar adecuadamente a los inversores. Estos objetivos deberían quedar institucionalizados de la forma más estable posible, de forma que se refleje el consenso, y que re-

quiera una mayoría importante del Congreso para su modificación o derogación.

También sería conveniente la creación de una Comisión independiente, sujeta a la supervisión del Parlamento, que se encargara de vigilar la evolución de los objetivos, y de las políticas adoptadas para alcanzarlos. El Comité de Cambio Climático británico puede ser una buena referencia.

Finalmente, la Ley también debería incluir algunos aspectos fundamentales para lograr la deseada transición hacia un modelo energético más sostenible. Sin entrar en detalles, nos permitimos plantear los siguientes:

- Un precio para el CO<sub>2</sub> estable y creciente, en el marco de una reforma fiscal que internalice los costes externos de la contaminación y cree un terreno de juego equilibrado entre los distintos vectores energéticos;
- Medidas adicionales para aquellos sectores en que la señal de precio de CO<sub>2</sub> no es efectiva: estándares de edificación, o de tecnologías de transporte o de climatización; políticas urbanísticas; inversiones en infraestructuras para promover el ferrocarril, etc.;
- Un diseño apropiado de los mercados energéticos, que permita trasladar las señales económicas y ambientales de forma eficiente;
- Una estrategia de innovación energética en un contexto global;
- Políticas educativas y de concienciación;
- Medidas de promoción de la economía circular y el eco-diseño;
- Políticas para asegurar una transición justa y la protección de los sectores vulnerables;
- Estrategias de adaptación al cambio climático.

*Ignacio J. Pérez-Amago*

*Ignacio J. Pérez-Amago*

## El Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

### Presentación

Es una satisfacción para la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad presentar la undécima edición de su Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España, una de las actividades principales de la Cátedra. La Cátedra BP es una iniciativa conjunta de la Universidad Pontificia Comillas y BP España, en la que ambas instituciones reflejan su prioridad al considerar la consecución de un modelo energético sostenible como uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad. La misión de la Cátedra es promover el debate público mediante estudios y acciones formativas y de divulgación en este ámbito.

La disponibilidad de energía constituye uno de los motores principales del desarrollo, por lo que resulta imprescindible garantizar su acceso a toda la población en condiciones económicamente apropiadas y de forma eficiente, especialmente a aquellos que no disponen de acceso a formas avanzadas de energía. Por otro lado, el uso predominante de recursos fósiles en la producción de energía representa una de las principales amenazas para la sostenibilidad del planeta por sus efectos sobre el cambio climático. Esta falta de sostenibilidad del modelo energético actual ha sido insistentemente señalada por las principales instituciones relevantes, tanto de ámbito mundial como europeo. Es imprescindible pues avanzar hacia un modelo energético más sostenible.

La Cátedra BP considera que un modelo energético sostenible es aquel que contribuye al bienestar de la humanidad, mientras preserva los recursos ambientales o institucionales, y contribuye a su distribución de forma justa. Esto se traduce en la práctica en un modelo energético compatible con la protección del medio ambiente, con precios de la energía asequibles que reflejen adecuadamente los costes incurridos y que facilite el acceso universal a formas modernas de energía e impulse la innovación.

### Objetivos

El primer paso para avanzar hacia este modelo sostenible es ser conscientes de la situación actual, tanto a escala global como en España. En este marco, la Cátedra BP considera esencial contribuir al debate público mediante el seguimiento y análisis de los principales indicadores de energía y su sostenibilidad en España, tanto para seguir su evolución como para formular recomenda-

ciones de mejora de la sostenibilidad del modelo energético español. Para ello se elabora este Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España, publicado por primera vez en el año 2004 y de manera anual desde 2009.

### Metodología

En el Observatorio se distinguen tres tipos de indicadores: en primer lugar, las variables exógenas de ámbito mundial; estas son las variables que condicionan el consumo de energía y su impacto en la sostenibilidad a nivel global, tales como el crecimiento de la población o el desarrollo de la economía, los precios de los recursos energéticos, las reservas de combustibles agotables, o la población sin acceso a la energía. En segundo lugar, se encuentran las variables exógenas de ámbito español: la población, la actividad económica, la construcción de infraestructuras, y el clima. Ambos tipos de variables exógenas (drivers) condicionan finalmente el tercer tipo de indicadores mencionado anteriormente: las variables endógenas. Estas son principalmente las siguientes: el consumo de energía agregado y por sectores, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a ese consumo, los flujos económicos que se generan en el sector energético como resultado de las actividades que en él se desarrollan y el balance exergético obtenido aplicando a cada flujo energético una eficiencia exergética media en función de las tecnologías empleadas en los servicios finales. Estos cuatro grupos de variables endógenas se presentan respectivamente en cinco diagramas de Sankey, que proporcionan de una manera gráfica una información muy valiosa sobre los flujos de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub>, los flujos económicos, tanto monetarios como considerando los costes externos, y el balance exergético, asociados al sector energético español. En general se ha escogido un formato muy simple en la presentación de cifras energéticas. Los datos pueden ser consultados de forma detallada en las tablas disponibles en la web de la cátedra (<http://www.comillas.edu/es/catedra-bp-de-energia-y-sostenibilidad/presentacion>).

Finalmente, hay que señalar que este informe 2017 recoge en sus tablas y figuras los datos correspondientes al año 2016, que son los últimos oficialmente disponibles en España para indicadores energéticos y de emisiones de gases de efecto invernadero. Para los datos de flujos económicos del sector energético se utilizan también los datos de 2016. En el caso de algunos indicadores internacionales la serie solamente alcanza hasta 2015.

## Indicadores energéticos en 2016

El consumo de energía primaria global creció un 1,9% entre 2015 y 2016, en línea con lo sucedido los últimos años. En el mismo período, el consumo de energía primaria en la UE-15 creció un 0,1%, muy por debajo del ascenso del 1,2% del año anterior, cuando se rompió la tendencia descendente de los cinco años anteriores. En España el incremento observado fue del 0,3%. Entre los años 2015 y 2016, la fracción de la energía primaria mundial que se consume en la OCDE ha seguido descendiendo, situándose en torno al 42% a finales de 2016. Asimismo, el consumo de energía primaria en España se situaría a niveles similares, aunque todavía inferiores, a los de 2008, al comienzo de la crisis económica.

El consumo de energía primaria per cápita en el mundo prácticamente no varió entre 2015 y 2016. En gran parte de los países desarrollados, el cambio ha sido de signo negativo. Por ejemplo, el consumo per cápita se redujo un 0,1% en la OCDE y un 0,4% en la UE-15. En cambio, este indicador creció ligeramente en España (0,15%).

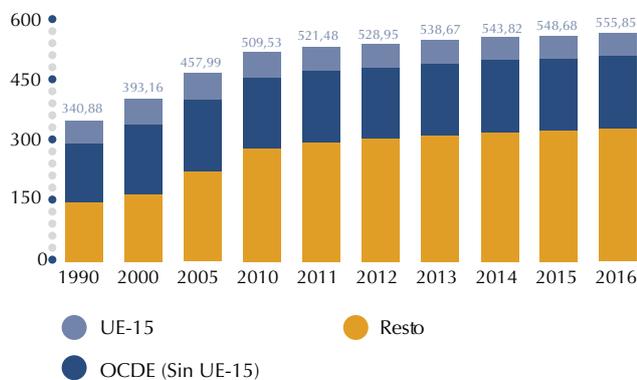
En cuanto a la intensidad energética primaria, se observa una reducción entre 2015 y 2016 en la media mundial (1,9%) y en

los países de la OCDE (1,3%). La tendencia a la baja fue similar en el área UE-15 y España, con descensos del 1,7% y el 2,9% respectivamente.

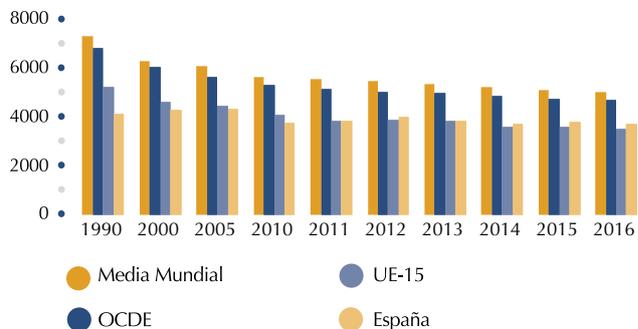
El hecho de que el descenso de la intensidad energética primaria en España fuera superior al de la UE-15 en el año 2016, permitió reducir la brecha existente entre España y el resto de los países europeos. Esto supone una ruptura con la evolución de años anteriores. Sin embargo, entre los años 2000 y 2016, la intensidad energética primaria en la UE-15 se redujo en casi un 24% mientras que en España lo hizo en apenas un 14% (medida a precios constantes de 2010).

En relación al consumo de energía final, este indicador creció un 2% en 2016 respecto a 2015, manteniéndose pese a ello casi un 10% por debajo del consumo de energía final observado en 2008. Por tanto, en el año 2016 en España ha crecido tanto el consumo de energía primaria como el de energía final, siendo mayor este último. De hecho, y a pesar de la ya citada mejora en la intensidad energética primaria, la intensidad energética final aumentó en un 1,2%.

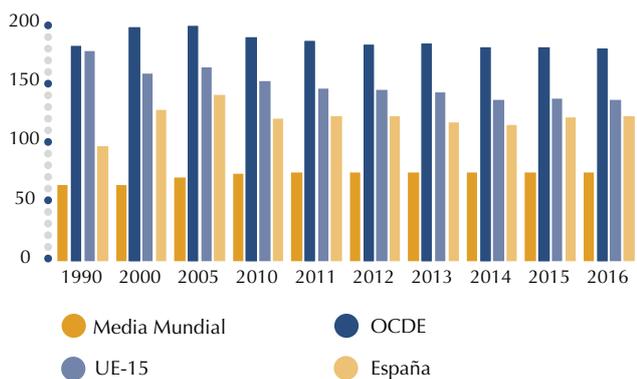
Consumo Total de Energía Primaria EJ



Intensidad energética primaria GJ/Millón \$ Constantes 2011 PPA

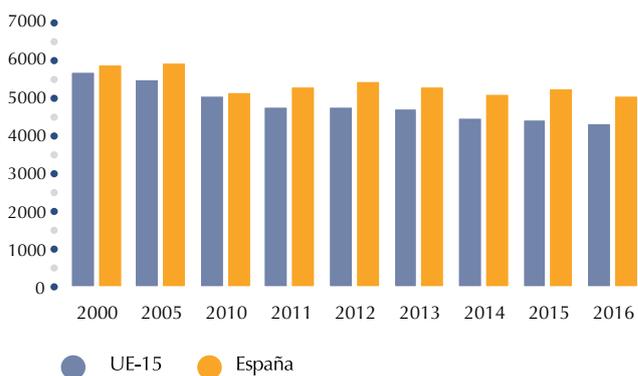


Consumo de Energía Primaria per Cápita GJ/hab



Energía Primaria por PIB - Intensidad Energética

GJ/Millón € constantes 2010



Este descenso en la intensidad energética primaria, así como el crecimiento significativamente mayor de la energía final en comparación con el de la energía primaria, se explica en parte por los cambios observados en la matriz energética primaria. El carbón experimentó un descenso del 24%, compensado por el aumento del consumo de energía hidráulica (29,3%) y petróleo (3,5%) y, en menor medida, el gas natural (1,8%) y la nuclear (2,3%) respecto a 2015. La contribución de las renovables se mantuvo prácticamente constante respecto a 2015.

Las energías renovables tuvieron un peso del 11,6% en el mix primario y de aproximadamente el 40% sobre la producción de electricidad en 2015, siendo ambos porcentajes similares a los de 2015 (11,7% y 37% respectivamente). La mayor contribución sigue correspondiendo a biomasa y eólica, reduciéndose la diferencia entre ambas debido a que la biomasa (excluyendo biocarburantes) descendió casi un 11%. Asimismo, la energía solar, pese a su ligero descenso (1,1%) y el fuerte aumento de la hidráulica (29,3%), se mantiene, por un escaso margen, por encima de esta última.

En relación a los flujos energéticos, se produjo un aumento moderado tanto de las importaciones como de las exportaciones, siendo más notable el segundo. Las importaciones totales crecie-

ron un 0,3%, principalmente por el ascenso en la importación de derivados del petróleo (21,3%). Las importaciones de crudo bajaron ligeramente (0,9%), mientras que las de gas natural subieron un 1,8%. Cabe destacar el importante descenso en las importaciones de carbón, que fue de más del 22%. Pese a esta bajada, el peso de las importaciones de carbón sobre el total del consumo de energía primaria correspondiente al carbón creció del 90,4% al 93% en 2016.

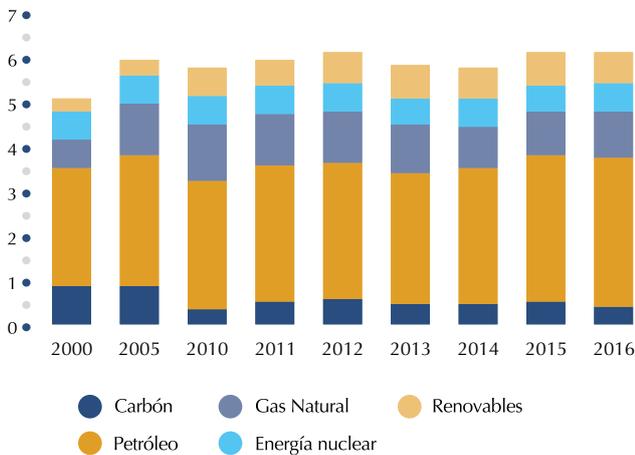
La fuerte caída del carbón importado se debió esencialmente al descenso de la producción eléctrica en centrales térmicas de casi un 30%, compensada principalmente por la mayor hidraulicidad. Por el contrario, la subida de las importaciones de derivados se debió tanto a un incremento de la demanda final de derivados como a un incremento de las exportaciones de productos derivados. En relación con este último punto, las exportaciones totales de energía primaria aumentaron en un 0,6% debido principalmente a un aumento de casi el 5,1% en las exportaciones de productos derivados del petróleo. Pese a este aumento de las exportaciones de derivados, el importante incremento de las importaciones en un 21%, hizo que el sector del refino redujera su actividad.

En su conjunto, la dependencia energética de España respecto del exterior no muestra signos de mejoría y alcanza casi el 87%, todavía muy por encima de la media europea.

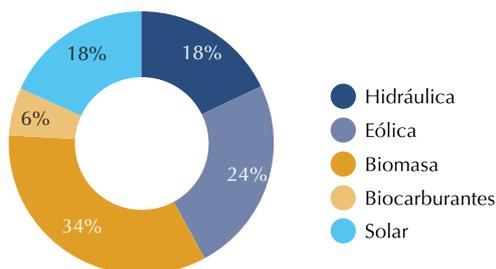
En cuanto al análisis sectorial, cabe destacar que el sector del transporte ha experimentado aumentos generalizados en 2016. El transporte de mercancías en su conjunto aumentó un 1,3%. Pese a no ser el modo de transporte que más creció en términos relativos, el transporte de mercancías por carretera creció más en términos absolutos y representa cerca del 92% del total del transporte de mercancías.

Por otro lado, el transporte de pasajeros en 2016 creció un 4,7% respecto a 2015. El transporte de pasajeros por avión continúa creciendo (9,8%), siendo el transporte de personas por carretera el que más ha crecido en términos absolutos, representando casi el 90% del total. El transporte sigue siendo el sector que más energía consume (más del 23% del consumo total de energía

### Consumo de Energía Primaria en España

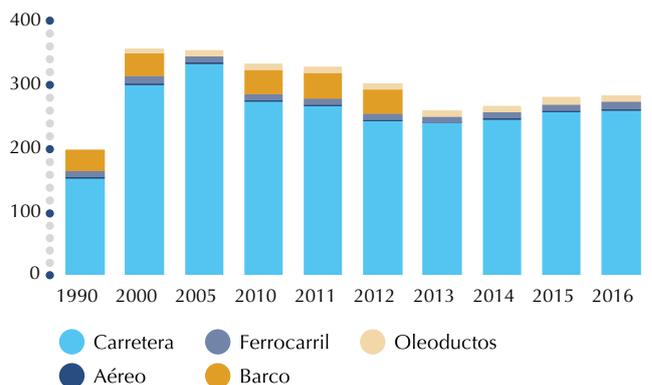


### Composición de Energías Renovables en Energía Primaria



### Movilidad interior de mercancías en España

Miles de millones de t-km

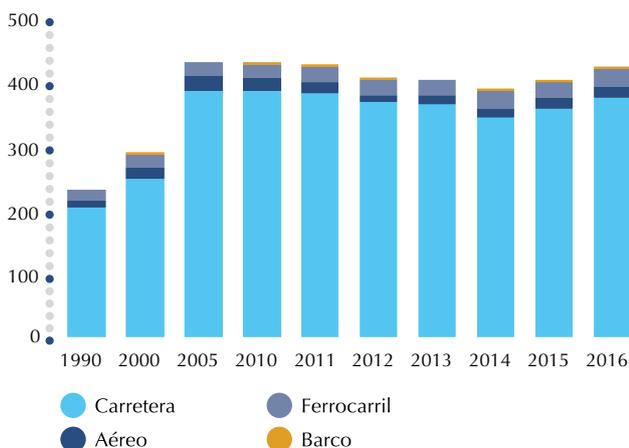


primaria o en torno al 41% de la energía final) y el que más emisiones de CO<sub>2</sub> causa (cerca del 28% del total de emisiones y más del 56% una vez descontadas las emisiones asociadas a los autoconsumos, las pérdidas y las exportaciones). Por tanto, este sector sigue siendo prioritario en cuanto al diseño de una política energética sostenible.

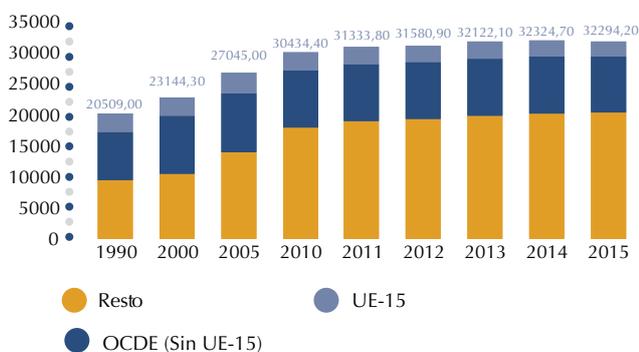
Las emisiones globales de CO<sub>2</sub> disminuyeron en el año 2015 un 0,1% respecto a 2014<sup>1</sup>, manteniéndose por encima de los 32 mil millones de toneladas. En el conjunto de los países de la OCDE el descenso fue del 1,1%, pese a un aumento en las emisiones del 1,3% en la UE-15. Respecto al año 2000, las emisiones de CO<sub>2</sub> por uso de energía han subido globalmente un 40%, mientras que en los países desarrollados éstas han disminuido (6% en la OCDE y 17% en la UE-15).

### Movilidad interior de viajeros en España

Miles de millones de viajeros-km



### Emisiones de Mt CO<sub>2</sub>



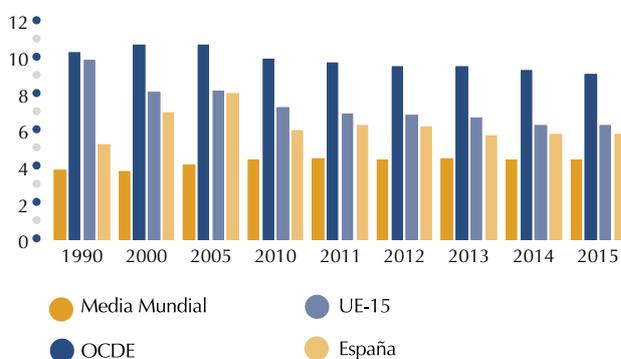
1 Los últimos datos de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial disponibles en el momento de escribir este Observatorio son los del año 2015. El caso español en 2016 se discute en mayor detalle más adelante.

En 2015, las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en los países OCDE (9,14 tCO<sub>2</sub>/habitante) y el nivel medio global (4,4 tCO<sub>2</sub>/habitante) continuaron en proceso de convergencia. Las emisiones en la UE-15 y España se situaron entre esos dos valores (6,34 y 5,84 tCO<sub>2</sub>/habitante respectivamente) habiendo aumentado ligeramente en ambos casos respecto a 2014.

Globalmente, en 2015 la reducción de la intensidad de las emisiones (emisiones/PIB) ha sido superior al 3,3%. En el mismo período, la reducción de este indicador ha sido sensiblemente superior en el conjunto de la OCDE en comparación con la EU-15 (3,5% frente a un 0,8%), mientras que en España el descenso fue del 2,9%.

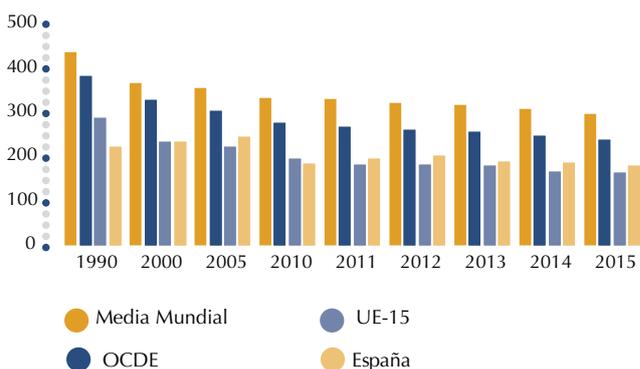
Analizando el caso español en el año 2016 en mayor detalle, las emisiones de CO<sub>2</sub> imputables al consumo de energía primaria (neto de exportaciones) se redujeron en un 3,2%, situándose en torno a los 262 millones de toneladas. Las emisiones per cápita disminuyeron igualmente en 2016 en un 3,3%. La intensidad de las emisiones (por unidad de PIB) en 2016 registró un descenso incluso superior, del 6,3%. En definitiva, puede decirse que el sector energético español experimentó una mejoría notable en todos sus indicadores de emisiones en el año 2016.

### Emisiones de CO<sub>2</sub> per Cápita t CO<sub>2</sub>/Hab



### Emisiones de CO<sub>2</sub> por PIB - Intensidad de Emisiones

t CO<sub>2</sub>/millón \$ constantes 2005 PPA



Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a energía primaria en 2016, sin descontar las exportaciones, disminuyeron respecto a 2015 en un 2,4%, debido fundamentalmente al fuerte descenso del uso de carbón, y pese al aumento del consumo de otros combustibles fósiles, así como al aumento del consumo de energía final y las exportaciones.

Debido al alto grado de dependencia energética del exterior mencionado anteriormente, y pese a que el alto nivel de diversificación de suministradores de gas natural y petróleo mitiga mucho los riesgos de esta dependencia, el sector energético, y por consiguiente también la economía española, siguen expuestos a un importante riesgo de precio de estos combustibles.

No obstante, en el año 2016 se ha mantenido la tendencia observada en los últimos años y la factura energética española volvió a descender significativamente. Más concretamente, los gastos directos en energía primaria, pese al aumento de la demanda, bajaron en 2016 un 22,4% con respecto a 2015. El principal motivo de esta disminución se encuentra en el descenso generalizado de los precios finales de la energía ocurrido entre 2015 y 2016.

Esta caída continuada de los precios ha tenido un impacto generalmente positivo sobre el valor añadido del sector energético español. Uno de los subsectores que más ha notado estos cambios es el del refino. En 2016 el gasto final en derivados del petróleo en todos los sectores finales se redujo apenas un 1,4%, mientras que el gasto en inputs en el refino disminuyó más del 23%. Esto significa que el subsector de refino de petróleo aumentó su valor añadido muy notablemente en 2016.

El precio del barril de crudo Brent disminuyó un 16,5%, y el gas natural en el mercado europeo (tomando el mercado alemán como referencia) bajo más de un 25% hasta los 4,9US\$ por millón de BTU, mientras que el precio medio de la tonelada de carbón (59,9US\$) aumentó casi un 6%. Es de destacar la diferencia con el precio del gas natural en EE.UU., donde el precio medio del Henry Hub durante 2016 fue significativamente menor (2,5US\$/Millón BTU); o con el de en Japón, donde el precio medio del gas natural licuado fue sensiblemente mayor (6,94US\$/Millón BTU).

Este descenso (medido a partir del índice compuesto de precios de la Agencia Internacional de la Energía) ha sido menor en Eu-

ropa que en el conjunto de los países de la OCDE, mientras que en España se produjo un leve aumento. En 2016, el promedio de los precios finales en España continuó siendo más elevado que en el resto de países de la OCDE y en Europa.

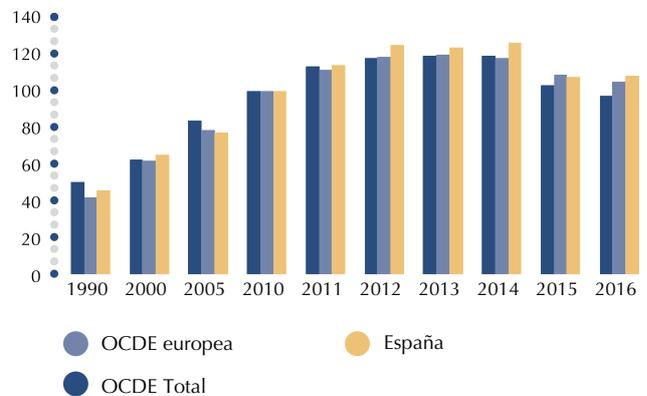
Tras la subida del año anterior, los precios finales de la electricidad para el sector residencial experimentaron un descenso del 4,5% entre 2015 y 2016 en España. En la UE-28, el descenso fue del 7%. Al igual que en el año anterior, se observó un descenso notable de los precios de la electricidad para los consumidores industriales, con bajadas de más del 8% en España y casi del 10% en la UE-28.

Respecto a los precios del gas, en 2016 se continuó con la bajada generalizada del año anterior. En el caso del sector doméstico, las caídas de los precios fueron del 9,4% y 11,6% en España y la UE-28 respectivamente. Estas bajadas fueron mucho más notables en los precios del gas para los consumidores industriales tanto en España (19%) como en la UE-28 (16%).

Los precios de los derivados de petróleo en España descendieron en línea con la caída de los precios internacionales del crudo y

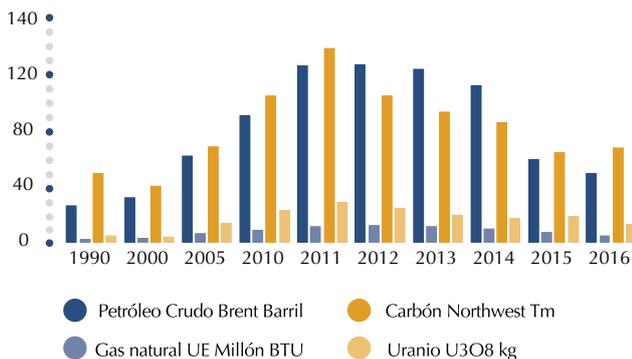
### Índice de precios "Total Energy" real de la IEA

Valor relativo, base 100

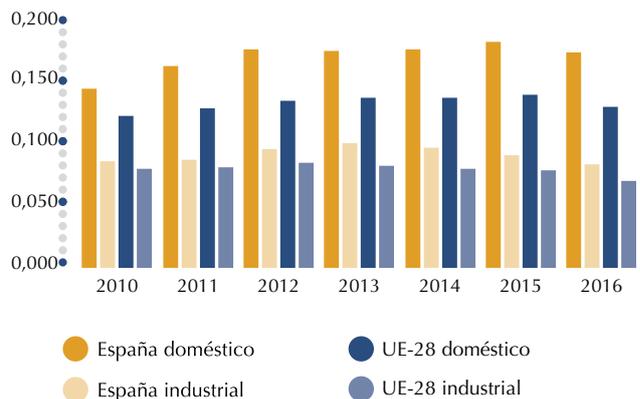


### Precios de los recursos energéticos

Dólares corrientes por unidades respectivas



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



se mantienen por debajo de la media de UE-28, fundamentalmente por la menor fiscalidad española.

El precio promedio del CO<sub>2</sub> en el marco de referencia del European Trading Scheme (ETS) rompió con la tendencia alcista experimentada en 2014 y 2015, bajando desde los 7,68€/t hasta los 5,35€/t en 2016, manteniéndose muy lejos de los valores históricos más altos.

Finalmente, y al igual que en el informe del año pasado, es interesante llamar la atención sobre el efecto de incorporar los costes externos en la generación de valor añadido. El valor añadido del sector energético español se reduce en más de un 37% cuando se descuentan los costes externos debidos a la contaminación por CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NOx y partículas. El subsector que más costes externos genera es el del transporte, seguido por el sector eléctrico, cuyas externalidades disminuyeron un 22% respecto a 2015 debido principalmente al menor peso del carbón en la producción de electricidad.

Asimismo, pese a que fueron los que experimentaron un mayor descenso, la gran mayoría de los costes externos provinieron de

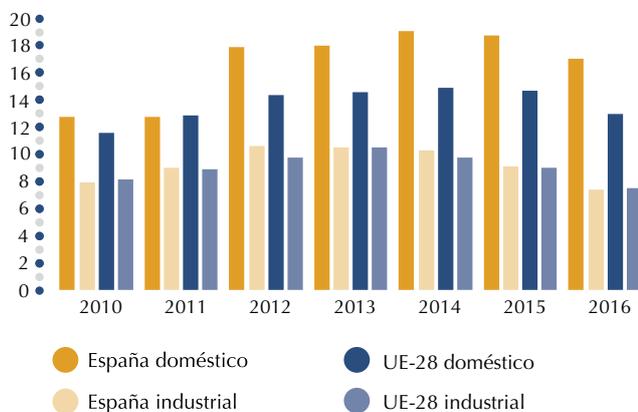
los contaminantes tradicionales (SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>). Otra cuestión son las consecuencias a largo plazo de las emisiones: los contaminantes tradicionales tienen una vida mucho menor, y por tanto las mejoras posibles pueden ser más rápidas. En todo caso, y al igual que ya se señalaba en años anteriores, parece evidente la necesidad de concentrar los esfuerzos, en el corto plazo, en la reducción de contaminantes tradicionales, sin perder de vista en el medio y largo plazo la imprescindible reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

En último lugar, analizando los flujos exergéticos correspondientes al sector energético español en 2016, resulta interesante evaluar el efecto sobre los usos finales. En 2016, tan solo un 14% del total de la exergía que llegó a los tres sectores de usos finales resultó en trabajo útil. Si se desagrega este dato por sectores se obtiene que en el sector terciario solo el 9% de la exergía final es directamente transformada en trabajo útil, en el sector industrial ese porcentaje aumenta al 14% y en el de transporte alcanza el 19%. Este dato pone de manifiesto que existe un gran margen de mejora en la eficiencia de los usos finales energéticos, tanto desde las tecnologías que se utilizan como desde las fuentes primarias empleadas.

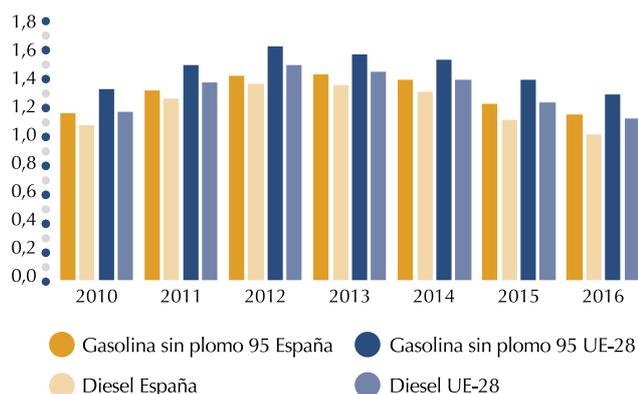
En vista de estos indicadores, puede decirse que el año 2016 el sistema energético español ha mostrado una evolución, desde la perspectiva de la sostenibilidad energética, moderadamente positiva respecto al año 2015. Pese al aumento de la demanda de energía primaria y final, han descendido las emisiones de CO<sub>2</sub>, la intensidad energética y la intensidad de las emisiones. Asimismo, se ha reducido un año más, y muy significativamente, la factura energética (fundamentalmente por el descenso generalizado de los precios de los combustibles). Sin embargo, la dependencia energética del exterior se mantiene en niveles muy elevados.

En conclusión, el año 2016 ha sido un año relativamente positivo desde el punto de vista de la sostenibilidad energética. La recuperación de la actividad económica y la bajada de precios de los combustibles, ha traído consigo el crecimiento de la demanda energética. La buena noticia es que este crecimiento se ha conseguido disminuyendo la intensidad energética y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, la mejora en los indicadores se debe, fundamentalmente, a la sustitución del carbón por otros combustibles fósiles y, en gran medida, por la mayor producción de electricidad de las centrales hidráulicas, un factor que no podemos controlar. Por lo tanto, España sigue teniendo una tarea pendiente en la apuesta por una mayor contribución de las energías renovables y, sobre todo, por el ahorro y la eficiencia energética.

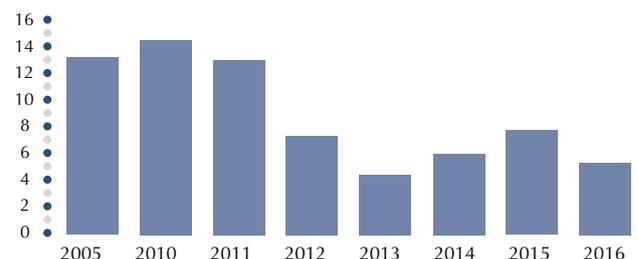
### Precios del Gas Natural € corrientes/GJ sin impuestos



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



### Precio medio ponderado anual del CO<sub>2</sub> en Europa €/tCO<sub>2</sub>



## Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2016<sup>i-ii</sup>

El primer diagrama de Sankey que se presenta en este informe es el correspondiente a los flujos energéticos en España en el año 2016 y su variación respecto a 2015. En él es posible observar la energía que entra en el sistema, tanto de origen doméstico como importado, y cómo esta energía pasa por los diversos procesos de transformación hasta llegar a los distintos consumos finales, indicando además para cada uno de ellos la utilización de los diferentes combustibles. También se puede evaluar fácilmente la energía perdida en las distintas transformaciones o procesos de transporte, como medida de la eficiencia global del sistema.

Este Observatorio aporta dos novedades respecto a un diagrama de Sankey clásico: a) El grosor total agregado de los diferentes

flujos de energía en cada fase (energía primaria, energía transformada lista para ser distribuida, o energía final ya distribuida y lista para ser usada) se mantiene constante a lo largo del diagrama, pues representa el total de energía primaria. Ello permite visualizar de forma sencilla la importancia relativa que tiene cada proceso y cómo la energía evoluciona a través de las distintas transformaciones; y b) En las columnas de la derecha de ambas figuras, que representan los consumos finales, se ha llevado a cabo una desagregación gráfica de cada sector en subsectores, para facilitar la visualización de la importancia relativa de los mismos.

## Origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español, 2016<sup>iii</sup>

En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de energía, el diagrama de Sankey que se presenta a continuación permite identificar de manera gráfica y sencilla los combustibles y usos de la energía (incluyendo las pérdidas y autoconsumos, y también los vectores indirectos como la electricidad) responsables de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a este sector, una información no habitual en los inventarios de emisiones al uso.

Se presentan los valores correspondientes a 2016 y sus variaciones respecto a 2015. De forma análoga a como ocurría en el diagrama de energía, el valor total agregado de los flujos de CO<sub>2</sub> en cada fase se mantiene constante (para poder evaluar las im-

portancias relativas del contenido en carbono en cada proceso), y se ha llevado a cabo una desagregación de las emisiones de cada sector en subsectores.

Este mismo diagrama podría elaborarse utilizando las emisiones de CO<sub>2</sub> del ciclo de vida de los combustibles, lo que básicamente implicaría un aumento del grosor de los flujos de CO<sub>2</sub> asociados a la nuclear y a las renovables. Sin embargo, y tras haber evaluado dichas emisiones, se concluye que su incidencia en términos globales es despreciable, y por tanto el considerar estas emisiones a lo largo del ciclo de vida no aporta información relevante en este contexto.

## Flujos económicos en el sector energético español, 2016<sup>iv</sup>

Respecto a los flujos económicos asociados a los sectores energéticos de la economía española, el diagrama que se presenta a continuación permite identificar los sectores y las fuentes de energía primaria responsables de la generación de valor añadido, de la dependencia económico-energética de España, del pago de impuestos, y de las pérdidas económicas asociadas a los procesos de producción y transformación y del autoconsumo de combustibles.

Es importante recordar que, a pesar de seguir una representación similar a los diagramas de Sankey anteriormente representados, el diagrama que representa el flujo económico no se mantiene constante, por el hecho de que cada sector de transformación añade valor económico a los productos energéticos. También, la precisión de sus datos no es comparable a la de las figuras anteriores. Esta figura Sankey de flujos económicos ha debido construirse combinando distintas fuentes, no siempre homogéneas.

Otra interpretación interesante de este diagrama Sankey económico se refiere a la seguridad energética, otro componente de la sostenibilidad. Efectivamente, uno de los riesgos principales asociados a la seguridad energética es el riesgo de precio del combustible, debido a la volatilidad del mismo y a su impacto en la economía.

En este sentido, una diferencia mayor entre el ancho del gasto en energía primaria (parte izquierda del diagrama) y los gastos en productos finales (parte derecha del diagrama de Sankey), indica una menor influencia del valor económico de las materias primas energéticas en el gasto total, y por tanto un menor riesgo asociado a variaciones en los precios de combustible. Por tanto, se puede decir que, a mayor diferencia en el ancho de los flujos iniciales y finales, mayor es la seguridad energética en términos de riesgo de precio.

## Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2016<sup>v</sup>

En esta sección se presenta un diagrama de Sankey adicional, en esta sección se presenta un diagrama de Sankey adicional, en el cual se corrigen los flujos económicos en términos monetarios con la incorporación de los costes externos asociados a cada una de las actividades. Evidentemente, es difícil cuantificar e incluir todos los costes externos, por lo que sólo se han considerado aquellos más significativos: los debidos a las emisiones de CO<sub>2</sub>, de SO<sub>2</sub>, de NO<sub>x</sub>, y de partículas.

De esta forma, el diagrama presenta, de una forma aproximada, el valor económico real generado por cada una de las actividades del sector energético. Para ello partimos del diagrama de Sankey de flujos económicos presentado anteriormente, y restamos a cada flujo económico el coste externo correspondiente.

	Emisiones (Miles de Toneladas)	Precio Externalidad (Euros por Tonelada)	Coste Total estimado (Millones de euros)	Contribución relativa
CO <sub>2</sub>	247.450	36,17	8.950	34%
NO <sub>x</sub>	721	18.000	12.972	49%
SO <sub>2</sub>	185	14.000	2.586	10%
PM2,5	82	22.000	1.813	7%

## Balance exergético en el sector energético español, 2016

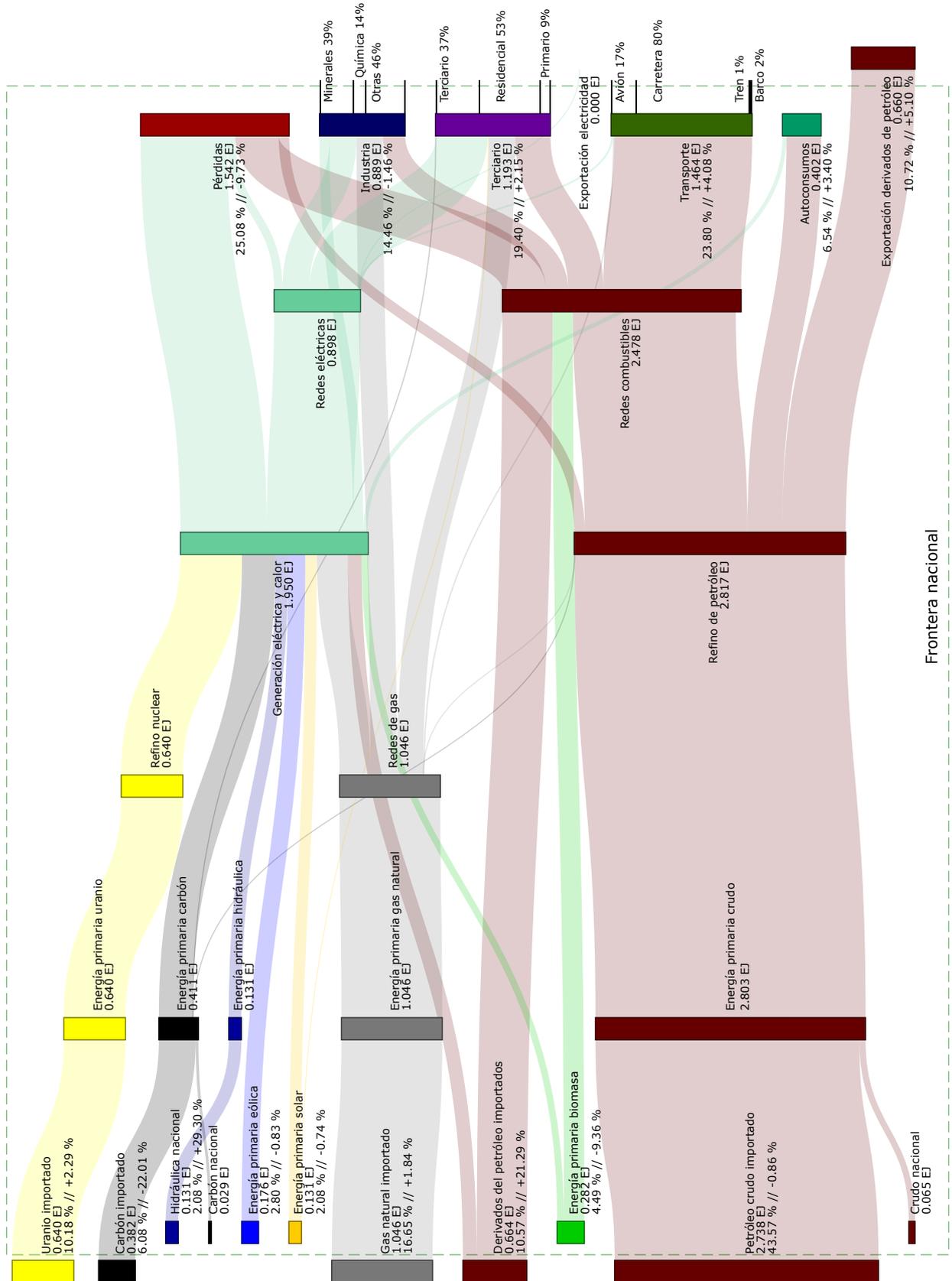
La exergía es una función de estado termodinámica que mide la energía útil presente en cualquier fuente o flujo energético. Dicho de otra manera, la exergía de una fuente o flujo energético es la capacidad de dicha fuente o flujo para convertirse en trabajo útil. Este hecho hace que muchos autores se refieran a la exergía como una medida de la "calidad" de la energía. Siguiendo esta definición, el diagrama Sankey exergético para el sector energético español que se presenta este año transforma cada flujo energético en un flujo exergético, desde las fuentes de entrada a los usos finales, pasando por las etapas de transformación y transporte. Esta transformación se consigue aplicando a cada flujo una eficiencia exergética media en función de las tecnologías empleadas en los servicios finales.

La principal aportación de este diagrama respecto de los anteriores es la evaluación de la energía de los usos finales según su

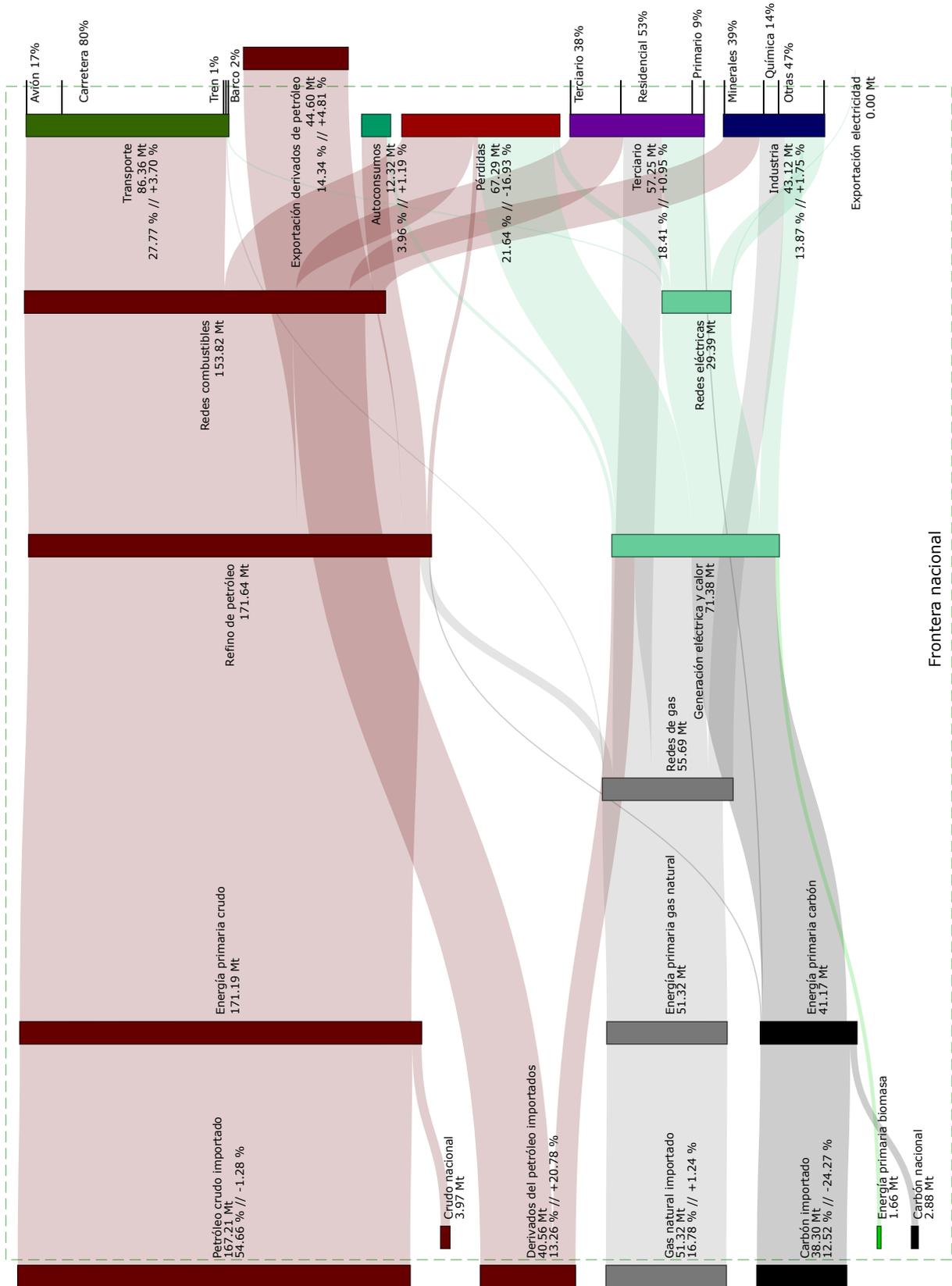
eficiencia exergética. Puede verse en el diagrama que, analizada en estos términos, sólo una parte reducida de la energía destinada a los usos finales es efectivamente aprovechada. Constatar este hecho abre un amplio abanico de análisis que puede llevar a la adopción de nuevas medidas de eficiencia en los usos finales de la energía que conlleven una mejora en estos ratios.

De la misma forma, un análisis comparado de este diagrama con el diagrama económico del sector puede aportar interesantes lecciones de cara a una mejor comprensión de la vinculación entre el valor termodinámico de un flujo energético y su valor monetario.

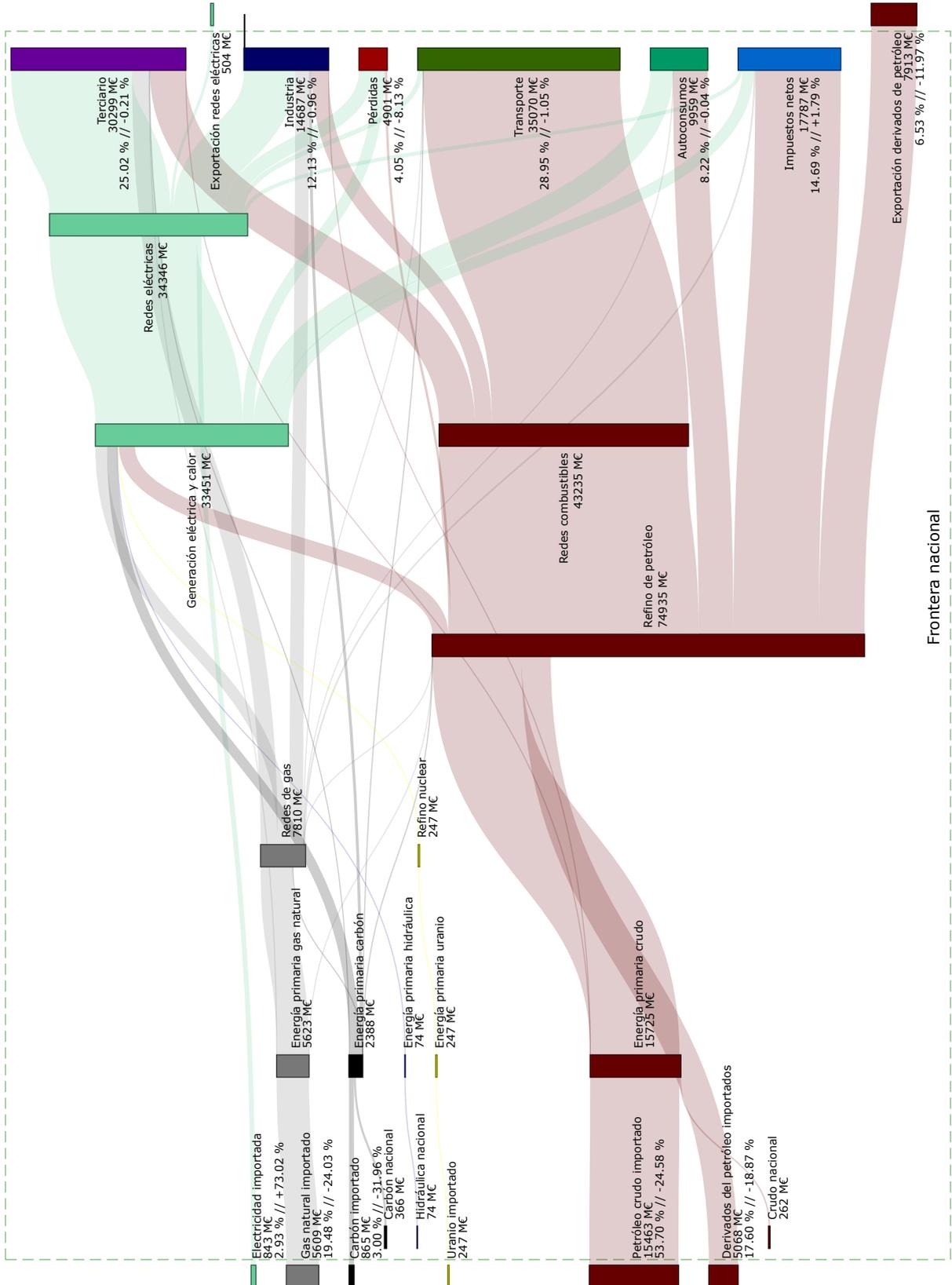
Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2016



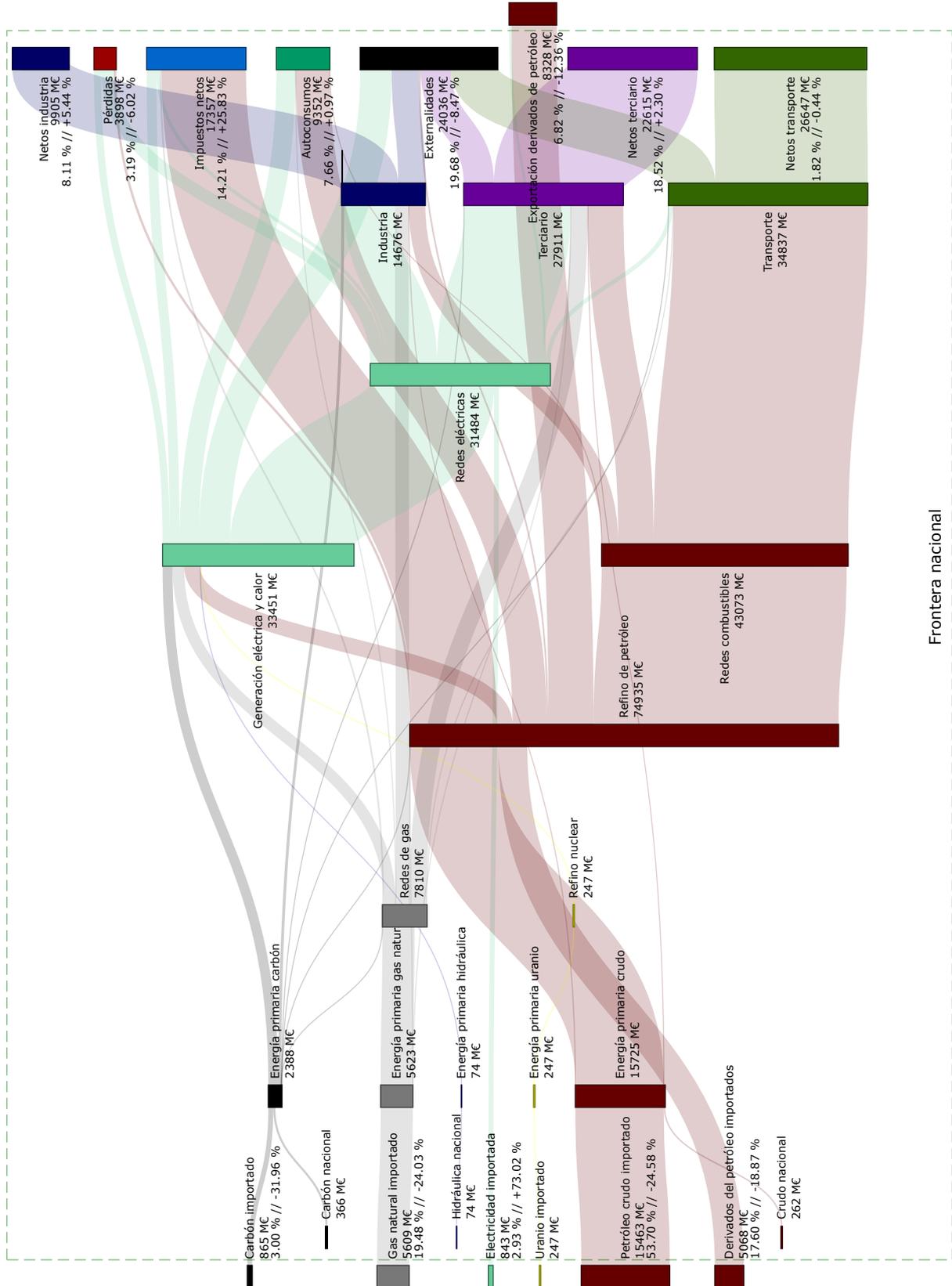
Origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español, 2016



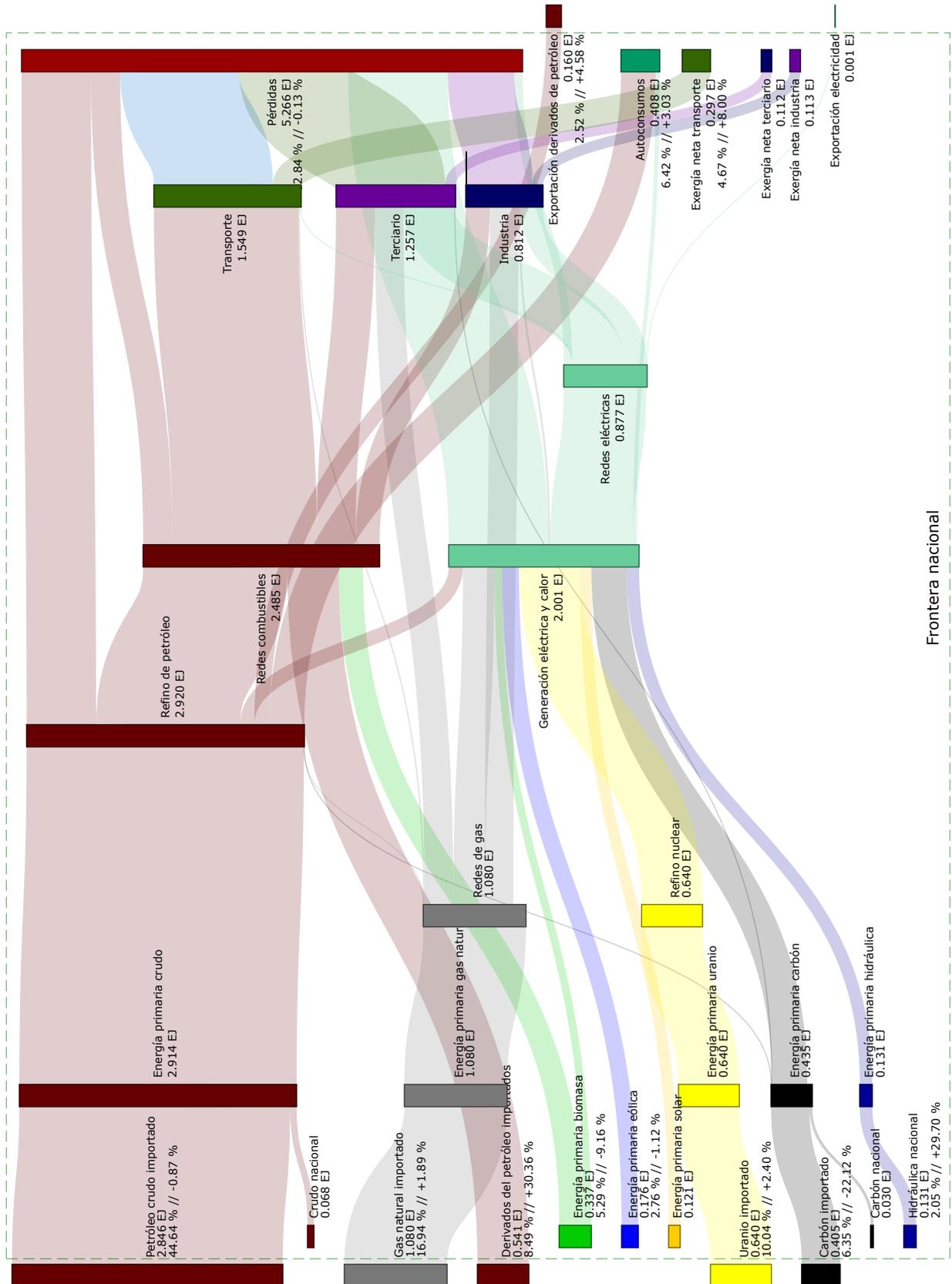
Flujos económicos en el sector energético español, 2016



Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2016



Balance exergético en el sector energético español, 2016



## Tablas de datos

Para mantener manejable el tamaño de este documento, solamente se han presentado los datos más destacados en el texto por medio de figuras. Sin embargo, por transparencia y como referencia para el lector, también se ofrecen los datos en su totalidad. A causa de su gran volumen y con ánimo de aligerar la versión impresa de este Observatorio, y como ya venimos haciendo en anteriores ediciones, los datos completos se presentan en un anejo que está disponible en la web de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad, en la siguiente dirección:

<http://www.comillas.edu/es/catedra-bp-de-energia-y-sostenibilidad/observatorio>

Las tablas incluidas en este anejo son:

- Tabla de datos de Contexto Internacional
- Tabla de datos de Contexto Nacional
- Tabla de datos del diagrama de Sankey de Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2016
- Tabla de datos del diagrama de Sankey de Origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español, 2016

Asimismo, en la misma página web es posible acceder a todos los diagramas de Sankey mostrados en este informe, en formato interactivo, con el objetivo de que cualquier persona interesada pueda profundizar más en los datos mostrados.

## Notas

### i Comentarios a la figura de Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2016:

- La generación eléctrica con tecnología hidráulica, eólica y fotovoltaica se supone con rendimientos del 100%, siguiendo el convenio de la Agencia Internacional de la Energía.
- Siguiendo el convenio de la Agencia Internacional de la Energía, la energía primaria nuclear se mide en energía térmica salida del reactor que, como en cualquier planta térmica, es muy superior a la electricidad producida. Esto hace que la cantidad de energía primaria necesaria por unidad de electricidad resulte sobreestimada y no se pueda comparar fácilmente con otras tecnologías, como, por ejemplo, la hidráulica, eólica y fotovoltaica.
- La energía primaria nuclear se supone importada al 100%.
- El sector de usos diversos comprende el sector doméstico, el sector terciario (comercio, servicios y Administraciones Públicas) y el sector primario (agricultura y pesca).
- En los autoconsumos por producción eléctrica se incluyen las pérdidas del ciclo de bombeo.
- Se ha restado de las importaciones la energía primaria dedicada a usos no energéticos (*feedstocks*).
- Sólo se supone cogeneración con gas natural, y sólo en la industria.
- La cogeneración en la industria se ha contabilizado junto a la generación eléctrica convencional, por lo que el consumo de gas natural en la industria aparece infravalorado (apareciendo un consumo de calor útil y un mayor consumo eléctrico).
- El total de energía final calculado sobre la figura (que incluye pérdidas, exportaciones y autoconsumos), no suma exactamente el 100% del total de energía primaria, como debiera. Se debe a desajustes estadísticos en los datos. Se ha optado por no corregirlos para mantener la posibilidad de comparar dicho valor con futuras ediciones de este Observatorio.

### ii Se ha observado que algunos datos de 2015 han sido actualizados en las fuentes consultadas respecto a los valores publicados en el Observatorio 2016. En estos casos, se ha optado por actualizar el valor de 2015 de tal forma que los incrementos de 2016 respecto a 2014 sean consistentes con los datos más recientes y consolidados. Es importante tener en cuenta estos posibles cambios del valor de referencia en 2015 a la hora de comparar la edición anterior del Observatorio (2016) con esta edición (2017).

### iii Comentarios a la figura de Origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español, 2016:

- El objetivo de esta figura es imputar a cada uso final las emisiones de CO<sub>2</sub> que se han producido por dicho consumo, diferenciándolas por tipo de energía primaria. Así, las emisiones por procesado de combustibles en refinerías, aunque no se producen en los usos finales sino en las transformaciones (en antorchas, por ejemplo), se suman a las emisiones por uso final de forma proporcional a la energía de cada fuente usada en cada sector.
- En el presente Observatorio se agrupan biomasa y residuos. Se ha supuesto que la biomasa es toda renovable, por lo

tanto no emite a lo largo de su ciclo de vida completo. Sin embargo, las emisiones de la generación eléctrica y de calor por residuos sólidos urbanos sí se han contemplado en la figura, y es por lo que el flujo conjunto de biomasa y residuos no es nulo.

### iv Comentarios a la figura de Flujos económicos en el sector energético español, 2016:

- Los datos para 2015 y 2016 se basan en los valores provisionales y estimaciones de los resultados de la contabilidad nacional del Instituto Nacional de Estadística. Para realizar los repartos de gastos en energía primaria y secundaria efectuados por los sectores de transformación energéticos y de consumo final se han utilizado informaciones de la contabilidad nacional de años anteriores, de entidades del sector energético (como REE, UNESA o IDAE), del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y de aduanas, entre otros. Desgraciadamente no todos los datos son coherentes entre sí, por lo que ha sido necesario realizar algunas aproximaciones que, si bien no alteran esencialmente la figura, sí impiden utilizar los datos en cálculos que requieran precisión.
- Algunos valores absolutos de gastos del informe de este año no son directamente comparables con el informe edición 2016, porque han sido actualizados siempre que se ha encontrado alguna información adicional disponible.
- Supuestos principales de la construcción de la figura de flujos económicos:
  1. El concepto de valor añadido ampliado utilizado en el diagrama de Sankey económico incluye no sólo los factores de producción tradicionales, capital y trabajo, sino también todos los productos de origen no energético.
  2. Los valores monetarios de la demanda final para energía solar y biomasa no han sido representados por falta de datos.
  3. Solamente los flujos monetarios de energía para usos energéticos están representados en el diagrama de Sankey. Todos los costes, importaciones e ingresos del sector de refino se han multiplicado por la proporción de su uso para fines energéticos para excluir del flujo monetario la producción con fines no energéticos (datos del MINETAD).
- Sobre la obtención de las tablas de origen y destino de la contabilidad nacional:
  1. Las tablas origen y destino para el año 2016 de la economía española respetan el resultado provisional publicado por el INE en diciembre de 2016 para la contabilidad nacional y utilizan los coeficientes técnicos de las tablas del año 2007 para desagregar los consumos intermedios e impuestos, excepto para los casos donde información adicional se encontraba disponible para algunos insumos energéticos.
  2. Las tablas origen y destino para el año 2016 de la economía española respetan el resultado estimado publicado por el INE en diciembre de 2016 para la contabilidad nacional y utilizan los coeficientes técnicos de las tablas del año 2007 para desagregar los consumos

- intermedios e impuestos, excepto para los casos donde información adicional se encontraba disponible para algunos insumos energéticos.
- Sobre la desagregación de cuentas económicas de las estadísticas del INE.
    1. Desagregación de las actividades del sector de electricidad:
      - a. Todos los gastos energéticos del sector electricidad son atribuidos a la actividad de generación eléctrica;
      - b. La proporción de gastos (e ingresos) entre generación y gastos de red proviene de datos de UNESA y la CNMC;
      - c. La distribución por energía primaria del total de ingresos por venta de electricidad proviene de los datos de participación anual en la producción de las diferentes tecnologías de generación de electricidad (datos de REE);
      - d. Las pérdidas de generación y en la red provienen de los coeficientes técnicos del diagrama de Sankey energético;
      - e. El autoconsumo se imputa enteramente a la generación y su valor proviene de la estimación de los datos del INE;
      - f. Los márgenes comerciales y del transporte no se consideran;
      - g. Los impuestos netos se reparten en 75% pagos por la generación y 25 % por el transporte;
      - h. Las importaciones y exportaciones son contabilizadas enteramente en la actividad de transporte;
      - i. Se supone que todos los sectores compran la energía después del transporte, o sea, que todos los ingresos de generación provienen de transferencias hechas por el transporte después de obtenido sus ingresos totales.
    2. Desagregación de los sectores de crudo, gas natural y uranio en la contabilidad nacional:
      - a. Todos los gastos contenidos en la contabilidad nacional son atribuidos al sector de extracción de crudos, o sea, todo el uranio y gas natural son importados;
      - b. El reparto de impuestos se obtiene de la tabla de origen. El impuesto sobre el uranio es considerado nulo;
      - c. Los márgenes comerciales y del transporte no se consideran;
    3. Desagregación de los productos gas natural y uranio en la contabilidad nacional:
      - a. El coste total del enriquecimiento de uranio corresponde al coste de importación del uranio añadido de su valor añadido. El valor añadido es estimado por la diferencia de los pagos entre su único comprador, el sector eléctrico (datos de UNESA, 2006) y sus importaciones.
      - b. Todos los ingresos adicionales pertenecen a actividad del gas natural.
    4. Desagregación de los sectores refinarias y enriquecimiento de uranio en la contabilidad nacional:
      - a. Todos los gastos, excepto la importación de uranio, son atribuidos al sector de refino;
      - b. Los impuestos son considerados en su totalidad pagos hechos por el sector de refino;
      - c. Todos los ingresos, excepto la compra de uranio enriquecido por el sector eléctrico, son atribuidos al sector de refino.
    5. Importaciones y exportaciones:
      - a. Todos los datos de importaciones y exportaciones se obtienen de las estadísticas de comercio exterior de Aduanas;
    6. Reparto final de transporte:
 La contabilidad nacional presenta agregado el uso de combustibles para transporte y otros usos no locomotores (los gastos de transporte hechos por el sector de industria se contabilizan en la contabilidad nacional dentro del sector industria, pero en el caso del diagrama de Sankey estos gastos pertenecen al sector del transporte). Para efectuar esta desagregación, la demanda final del sector de transporte, de usos diversos y de la industria se han redistribuido ex post según datos del MINETAD.
  - v **Comentarios a la figura de Flujos económicos en el sector energético español incluyendo externalidades, 2016:**
    1. Los datos se basan en la figura de flujos económicos, compartiendo las limitaciones del mismo.
    2. La fuente de datos para las emisiones de CO<sub>2</sub> es el inventario UNFCCC-GHG, publicado en la base CDR en la portal de la Unión Europea EIONET;
    3. La fuente principal de los datos restantes es el inventario CLTRAP-EMEP publicado en la ya citada base de datos CDR;
    4. El coste externo de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha tomado del trabajo publicado en 2009 por Richard Tol titulado "The Economic Effects of Climate Change". Una actualización de este trabajo no afecta la figura utilizada.  
Tol, R. S. J. (2009). The economic effects of climate change. *The Journal of Economic Perspectives*, 23(2), 29–51.  
Tol, R. S. J. (2013). The Economic effects of climate change. *Journal of Economic Perspectives*, 23(2), 29–51.
    5. El coste externo de las emisiones de otros contaminantes distintos del CO<sub>2</sub> se tomado de un libro publicado en 2014 por el Fondo Monetario Internacional, cuya referencia se proporciona a continuación. Debido al cambio de fuente respecto a años anteriores, los datos mostrados en el diagrama de Sankey incluyendo externalidades no son directamente comparables a los incluidos en ediciones anteriores de este Observatorio. En el caso del SO<sub>2</sub> se ha pasado de 8.000\$/t a 18.000\$/t, en el de NOx de 10.500\$/t a 14.000\$/t, y en el caso de las partículas, se han sustituido las PM10 por las PM2,5, pasando de un coste de 8.000\$/t a uno de 22.000\$/t.  
Ian Parry, Dirk Heine, Eliza Lis, and Shanjun Li. (2016). *Getting Energy Prices Right: From Principle to Practice*. Editado por el Fondo Monetario Internacional. ISBN: 9781484388570.



## Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

10 de abril de 2018