

La transición energética

Pedro Linares

Catedrático de Organización Industrial. Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI

Creo que es importante, para comenzar este artículo, aclarar qué es una transición energética. Porque transiciones energéticas ha habido muchas a lo largo de la historia, y por tanto interesa entender cuáles son los elementos comunes, y las diferencias, con la transición energética a la que nos enfrentamos en la actualidad.

Puede definirse una transición energética como un cambio significativo en el sistema energético de un país, de una región, o incluso, a nivel global. A su vez, este cambio puede estar asociado a la estructura del sistema (por ejemplo, suministro centralizado vs descentralizado), a las fuentes de energía que lo alimentan, a sus costes, tanto económicos como de otro tipo, o incluso al régimen político-económico en el que tiene lugar el suministro y consumo de energía. Como nos narra Vaclav Smil en su magnífico *Energy and Civilization*, ya hemos pasado por unas cuantas transiciones energéticas. Quizá la más importante, la que se conoce como la gran transición, es la que supuso comenzar a utilizar combustibles fósiles a gran escala, en particular el carbón. Después vinieron otras, como la utilización masiva del petróleo como combustible para el transporte (apoyada en el desarrollo correspondiente del vehículo de combustión interna), el uso creciente del gas natural, o el despliegue de la energía nuclear tras la segunda guerra mundial.

En todo caso, un elemento característico de estas transiciones, que siempre subraya Smil, es que fueron muy lentas, y nunca absolutas:

los sistemas antiguos y los nuevos convivieron durante muchos años, incluso en las mismas regiones. Otra característica relevante es que las transiciones fueron impulsadas siempre por una mezcla de factores. Por ejemplo, se considera que la primera gran transición se produjo como consecuencia de la escasez de madera barata en el Reino Unido, que hizo que hubiera que recurrir al carbón. Esto se combinó con el avance tecnológico (el descubrimiento de la máquina de vapor), que permitió extender el uso del carbón, en lo que se conoce como la paradoja de Jevons (una mejora de la eficiencia energética resulta en un aumento del uso de energía). Es decir, no basta simplemente una innovación tecnológica, sino que además se requieren generalmente condiciones adicionales. En el caso del despliegue de la energía nuclear, por ejemplo, el elemento fundamental no fue tanto el descubrimiento de los usos civiles de esta tecnología, sino quizá la preocupación por la seguridad energética, la que llevó por ejemplo al programa nuclear francés.

Por supuesto, también hemos experimentado transiciones energéticas no asociadas a la fuente energética. Por ejemplo, los primeros sistemas eléctricos eran esencialmente locales, para posteriormente, gracias al descubrimiento de la corriente alterna, hacerse regionales. Y también hemos pasado de sistemas de planificación central a otros mucho más liberalizados, en distintos grados en función del tipo de vector energético.



En comparación a estas transiciones históricas, ¿qué podemos decir de la transición energética actual, cuáles son los factores que la impulsan, los elementos que la caracterizan, y las tendencias que se adivinan?

LOS ELEMENTOS IMPULSORES DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

Quizá el motivo fundamental que impulsa la transición energética actual es la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático.

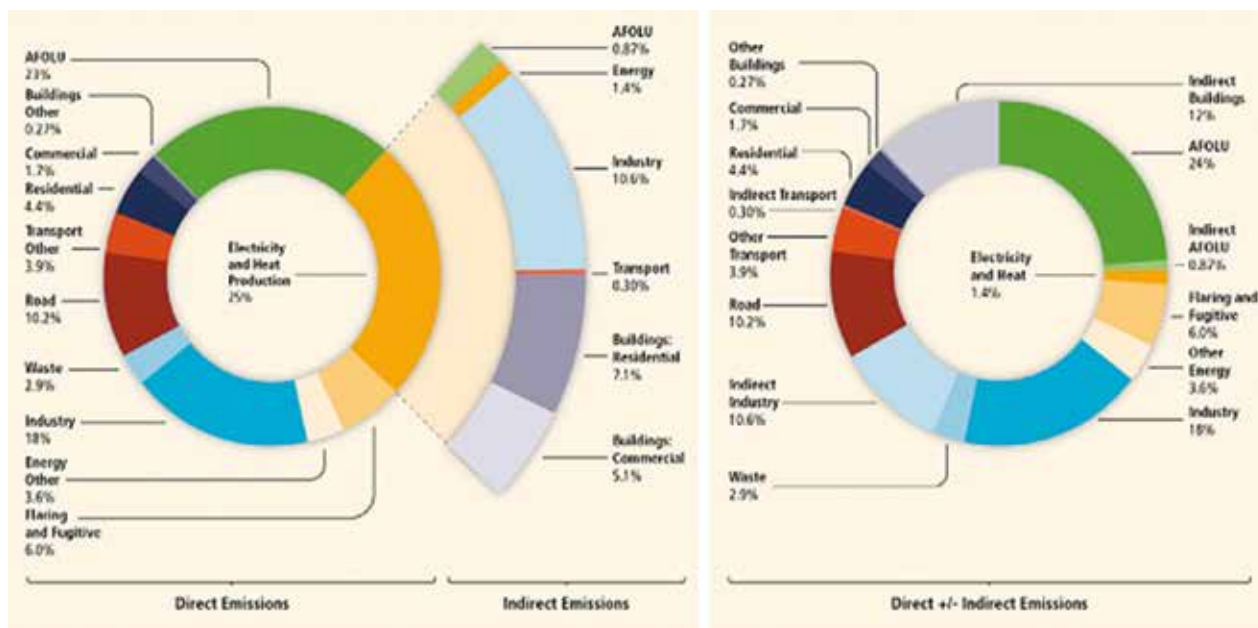
Este cambio climático es básicamente un aumento de la temperatura global del planeta,

que a su vez conlleva una serie de cambios en los regímenes de precipitación y la disponibilidad de agua dulce, el nivel del mar, la biodiversidad, la producción de alimentos, los vectores de enfermedades, etc. El cambio climático se está produciendo debido a las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, metano, y otros gases) procedentes de la actividad humana, y, tal como nos advierte el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, supone un riesgo muy elevado para nuestras sociedades, y en particular, para las de los países más pobres y con menor capacidad de adaptarse a los cambios previstos.

Como respuesta a esta amenaza, todos los países del mundo firmaron en 2015 el Acuerdo de París, en el que se expresaba la voluntad

El motivo fundamental que impulsa la transición energética actual es la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático. Foto: Álvaro López.

Figura 1. Contribución del sector energético a las emisiones de gases de efecto invernadero



Fuente: IPCC WG3.

de, entre todos, conseguir limitar el calentamiento global por debajo de los 2°C, y tratar incluso de no superar los 1,5°C. Esto, a su vez, implica la necesidad de reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero, llegando a eliminarlas completamente en 2050 en el caso de querer no superar los 1,5°C.

Esto, evidentemente, plantea unos retos muy importantes, y en especial para el sector energético, responsable a nivel global de un 65% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Alcanzar este compromiso de eliminación de las emisiones de gases de efecto invernadero supone básicamente lograr un sistema energético libre de combustibles fósiles, algo que, evidentemente, no puede producirse de forma instantánea, dada la larga vida de muchas de las infraestructuras energéticas. Por ello, muchos países están planteando ya estrategias de largo plazo para alcanzarlo. La Unión Europea, por ejemplo, está actualmente discutiendo la formulación de esta estrategia. Pero ya ha fijado objetivos intermedios de reducción de emisiones de CO₂, de penetración de

energías renovables, o de aumento del ahorro energético, otro componente fundamental para lograr la reducción de emisiones. Estos son, como mencionaba antes, los elementos fundamentales de la transición energética actual.

Además, los sistemas energéticos del futuro deben ser también resilientes al cambio climático. Por mucho que seamos capaces de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero drásticamente, nuestras sociedades experimentarán (y de hecho ya lo están haciendo) las consecuencias del cambio climático inevitable. En el caso del sector energético, esto supondrá básicamente menor disponibilidad de agua para producir energía hidráulica, y también para refrigerar centrales térmicas. Afortunadamente, el abandono de los combustibles fósiles exigido por la descarbonización contribuirá a esta adaptación, pero por otra parte la energía hidráulica puede ser más necesaria aún para regular los sistemas eléctricos con alta penetración renovable.

Pero, además del cambio climático, hay más motivos para tratar de cambiar nuestros siste-

Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible



Fuente: Naciones Unidas.

mas energéticos, que además presentan numerosas sinergias con la necesidad de descarbonizar. El primero de ellos es la conveniencia de reducir los daños causados en la salud humana por la contaminación atmosférica convencional (SO₂, NO_x y partículas). Estos daños son de hecho mayores en la actualidad que los causados por el cambio climático, y especialmente en las ciudades, donde los niveles de contaminación superan en muchos casos a los recomendados por la Organización Mundial de la Salud. Afortunadamente, la reducción de estos contaminantes está muy alineada con la de los gases de efecto invernadero, ya que, en gran medida, se originan por la combustión de combustibles fósiles. Pero no sólo: también la quema de la biomasa emite contaminantes como NO_x y partículas, por lo que es preciso controlar este aspecto también.

La transición energética no puede además no estar alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por Naciones Unidas, y que se recogen en la figura de arriba.

El objetivo 7 pretende lograr energía limpia y asequible para todos. Por tanto, no sólo se trata de limpiar, sino también de hacer asequible. Esto tiene dos vertientes: en el caso de los países desarrollados, en lo que se conoce como la lucha contra la pobreza energética, supone asegurar que los consumidores vulne-

La UE ya ha fijado objetivos intermedios de reducción de emisiones de CO₂, de penetración de energías renovables, y de aumento del ahorro energético, otro componente fundamental para lograr la reducción de emisiones. Estos son los elementos fundamentales de la transición energética actual

Más allá de la descarbonización, podemos considerar la transición energética actual como la transición hacia la sostenibilidad, hacia un modelo energético verdaderamente sostenible. Un modelo que contribuya al bienestar de la humanidad, a la vez que preserva los recursos ambientales e institucionales, y asegura su distribución de forma justa

rables, los de menor renta, pueden también acceder a un uso suficiente de la energía. Pero sobre todo, este objetivo pretende que los más de 1200 millones de personas que no tienen acceso en la actualidad a la electricidad, o que los 2500 millones que aún no pueden usar formas avanzadas de energía para cocinar, puedan acceder a ello.

Pero la energía además está muy relacionada con otros objetivos de desarrollo sostenible. Evidentemente, y como ya he mencionado, con el objetivo 13 sobre cambio climático. Pero también la energía limpia y accesible es necesaria para disfrutar de ciudades sostenibles (objetivo 11), para una producción responsable (12), o para eliminar la pobreza (1).

En resumen, creo que más allá de la descarbonización, podemos considerar la transición energética actual como la transición hacia la sostenibilidad, hacia un modelo energético verdaderamente sostenible. Un modelo que, tal como definimos habitualmente desde la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad, contribuya al bienestar de la humanidad, a la vez que preserva los recursos ambientales e institucionales, y asegure 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, que facilite el acceso universal a formas modernas de energía y que impulse la innovación.

En este sentido, esta transición energética puede considerarse quizá más dirigida por la sociedad que, como las anteriores, impuesta por las circunstancias (aunque evidentemente también se puede decir que, esencialmente, la necesidad de la transición se debe, igual que las anteriores, al agotamiento de un recurso natural, en este caso el clima global). Hay una clara voluntad social, y no una simple imposición de la naturaleza, para lograr un modelo energético más justo, más limpio, y más asequible.

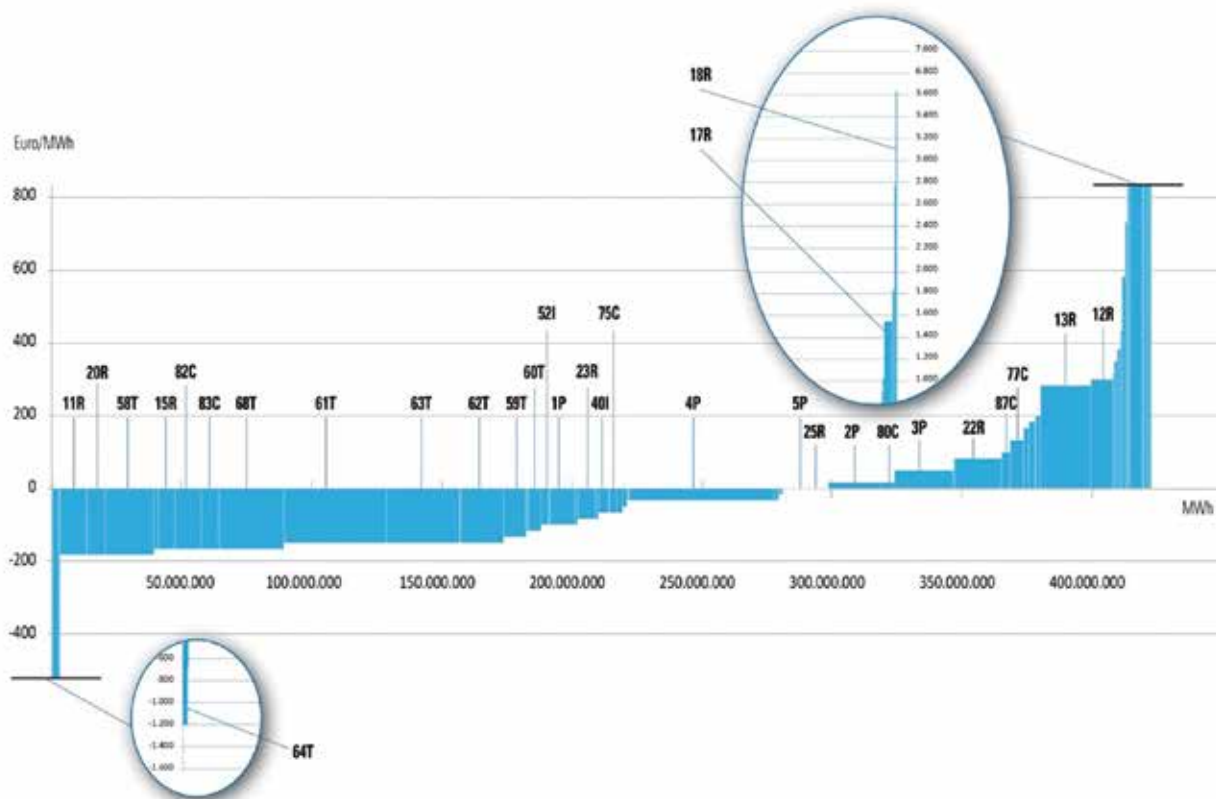
LAS PIEZAS FUNDAMENTALES DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Como ya he adelantado en la sección anterior, hay varias piezas fundamentales para alcanzar este modelo energético más sostenible, y que por tanto deben ser impulsadas a lo largo de la necesaria transición hacia él. Una transición, que, me permito recordar, debe ser gradual y tener en cuenta no sólo los plazos de inversión necesarios, sino también la gestión justa de los perdedores que siempre aparecen en cualquier proceso de transición, sea energética o de otro tipo.

Ahorro energético

El primer elemento, fundamental pero a la vez complejo, es impulsar el ahorro energético. El ahorro es la mejor forma de reducir emisiones de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes y de reducir el coste de la energía. Sin embargo, esto no significa que sea sencillo, por un elemento que se conoce como la paradoja de la eficiencia energética: a pesar de su aparente rentabilidad económica y ambiental, se invierte mucho menos en eficiencia energética de lo que se debería. La figura siguiente muestra una ilustración de esta paradoja, representando el potencial de ahorro de energía de distintas medidas, y el

Figura 3. Curva de costes marginales de reducción del consumo de energía en España 2030



Fuente: *Economics for Energy*, 2013.

coste (positivo o negativo) de cada unidad de energía ahorrada.

Puede observarse cómo hay muchas medidas que ahorrarían energía, y que también ahorrarían dinero. Entonces, ¿por qué no se llevan a cabo? Existen muchas causas para ello, muchas de ellas resolubles con políticas inteligentes. Pero claramente hace falta un nivel de esfuerzo muy superior al que se ha venido realizando en muchos países, y en particular en el ámbito residencial, en el que se concentran generalmente muchas de las razones que impiden un mayor ahorro energético.

También es importante diseñar políticas que promuevan el ahorro, y no únicamente la eficiencia. A este respecto, es preciso aclarar que se conoce como eficiencia energética la reducción en el uso de energía para dar un determinado servicio. Pero esto no significa que, en términos globales, un aumento de la eficiencia

se traduzca en un ahorro equivalente. Puede ser que, al reducir la energía necesaria para dar el servicio (y por tanto su coste), aumente la demanda de éste, compensando parcialmente las mejoras logradas. Esto es lo que se conoce como “efecto rebote”, que se ha demostrado muy elevado en algunos sectores como el del transporte.

Por tanto, una pieza fundamental de la transición debe ser un marco regulatorio en el que se den las señales correctas a los agentes para que ahorren energía, pero en el que además se les facilite información suficiente, se conciencie y eduque a la población, y además eliminen las barreras institucionales que siguen existiendo.

Los sectores prioritarios para estas actuaciones de ahorro y eficiencia deberían ser el transporte y la edificación. El transporte es uno de los principales consumidores de energía y emisores

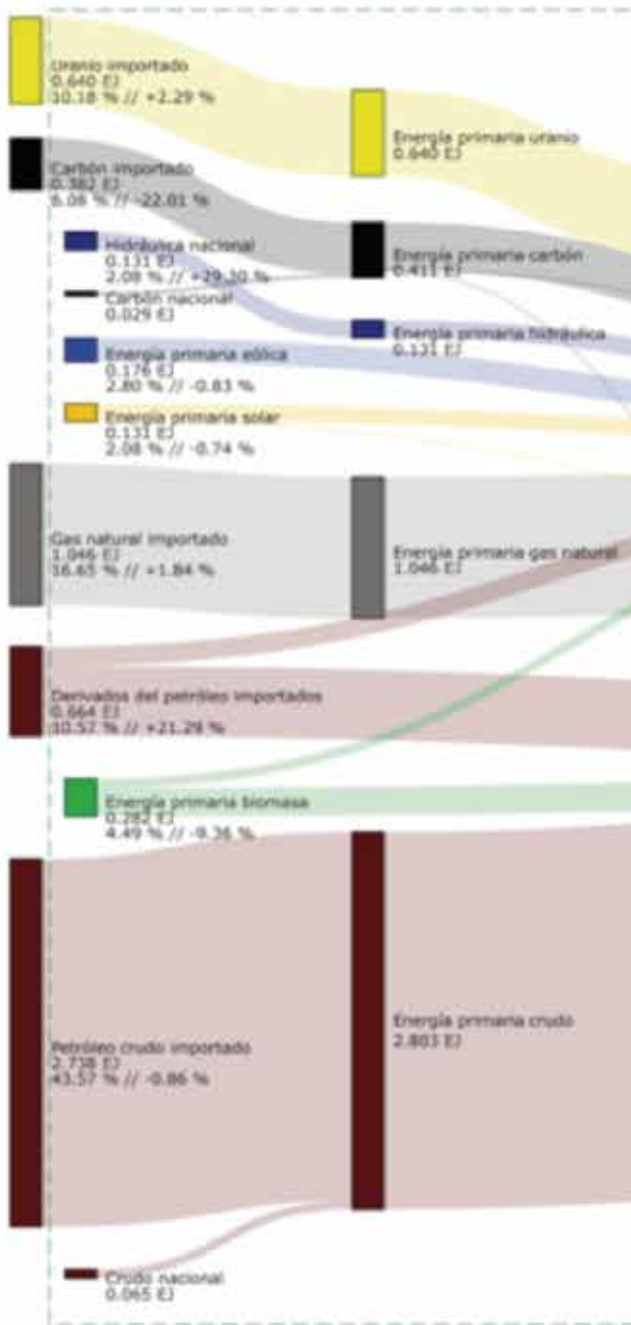
de CO₂ en los países desarrollados, que confían una gran parte de su movilidad al transporte por carretera en vehículo privado, y gran parte de su comercio de mercancías a los camiones. Sería necesario en este sector promover el cambio modal, la reducción de la demanda de movilidad (algo en lo que tiene gran relevancia el diseño urbanístico), y mejorar la eficiencia de los vehículos convencionales, así como desplegar, eventualmente de forma masiva, combustibles alternativos como el hidrógeno o la electricidad.

En el caso de la edificación, también un sector protagonista a nivel global de consumo energético y emisiones, el objetivo debería ser lograr edificios de consumo energético casi nulo, y en su caso, rehabilitar el parque existente.

Energías renovables

La segunda pieza esencial para la transición energética es sustituir los combustibles fósiles por energías renovables (y sin emisiones atmosféricas). Esta sustitución será al principio más sencilla en los sistemas eléctricos, en los que la energía hidráulica, solar fotovoltaica, y eólica alcanzan ya volúmenes importantes. Pero también será necesario introducir las energías renovables en otros sectores, como la industria, la edificación o el transporte. En algunos casos, una forma de aumentar la participación de las energías renovables será aumentando la electrificación (a la vez que aumentan las energías renovables eléctricas), pero en otros será necesario contar con energías renovables no eléctricas (como la solar térmica o la biomasa), o con otros vectores energéticos como el hidrógeno.

Aunque están alcanzando ya niveles de coste competitivos, estas tecnologías pueden requerir aún de apoyo público que internalice sus beneficios ambientales, o los beneficios que en términos de aprendizaje tecnológico supone su despliegue. Pero no sólo requerirán apoyo económico. También será necesario eliminar barreras para su integración eficiente en los sistemas eléctricos, o para aumentar la confianza de los consumidores en ellas.

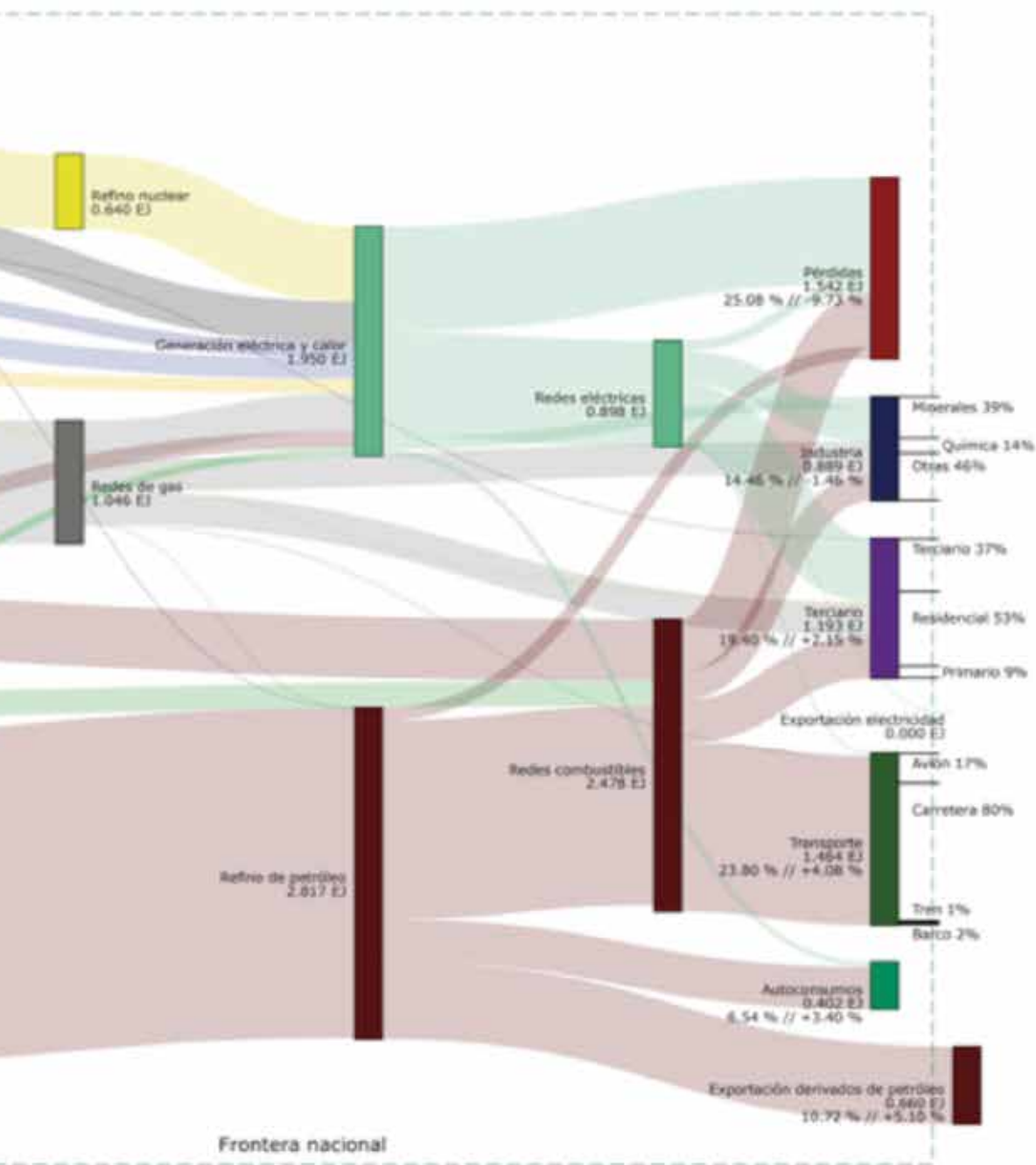


Fuente: Observatorio BP de Energía y Sostenibilidad en España.

Innovación

Finalmente, tanto para aumentar el nivel de ahorro energético, como para que las energías renovables pasen a ser mayoritarias, es imprescindible promover la innovación tecnológica necesaria para lograr equipos de uso final de

Figura 4. Flujos de energía en España 2016



la energía más eficientes y tecnologías renovables competitivas. Si bien esto debe ser claramente un esfuerzo concertado globalmente, en la línea propuesta por *Mission Innovation*, hay también un claro espacio para las políticas nacionales, por los evidentes beneficios que una política de innovación acertada puede suponer

en términos de valor añadido para las economías nacionales.

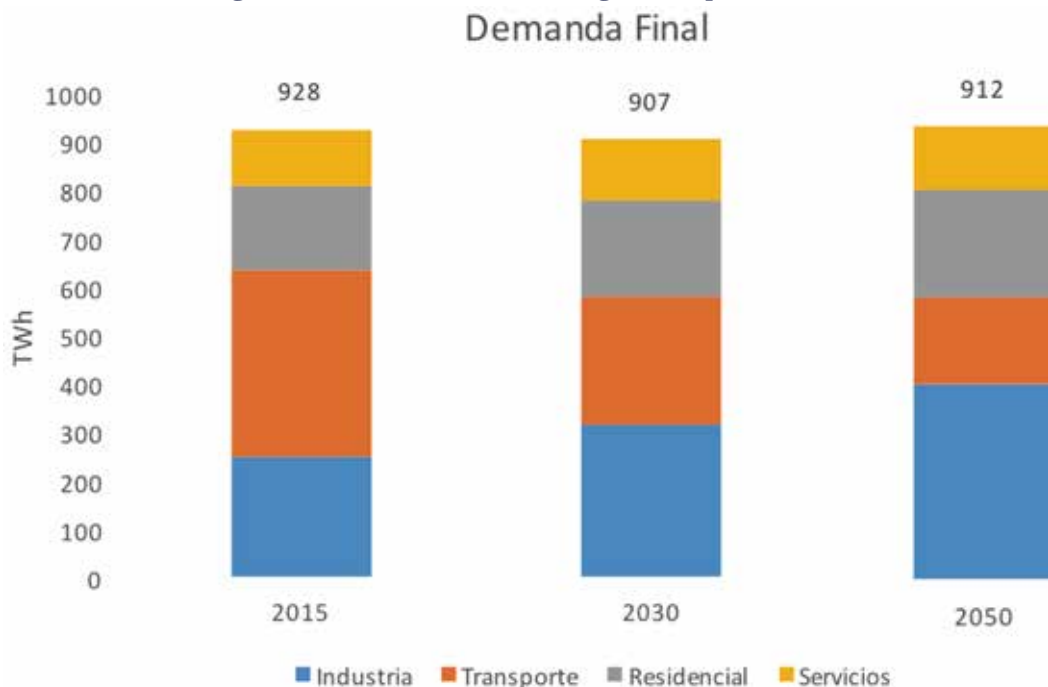
Otros elementos

Existen además otros elementos que también puede ser interesante considerar para la tran-

sición energética, y que me limito a enunciar brevemente:

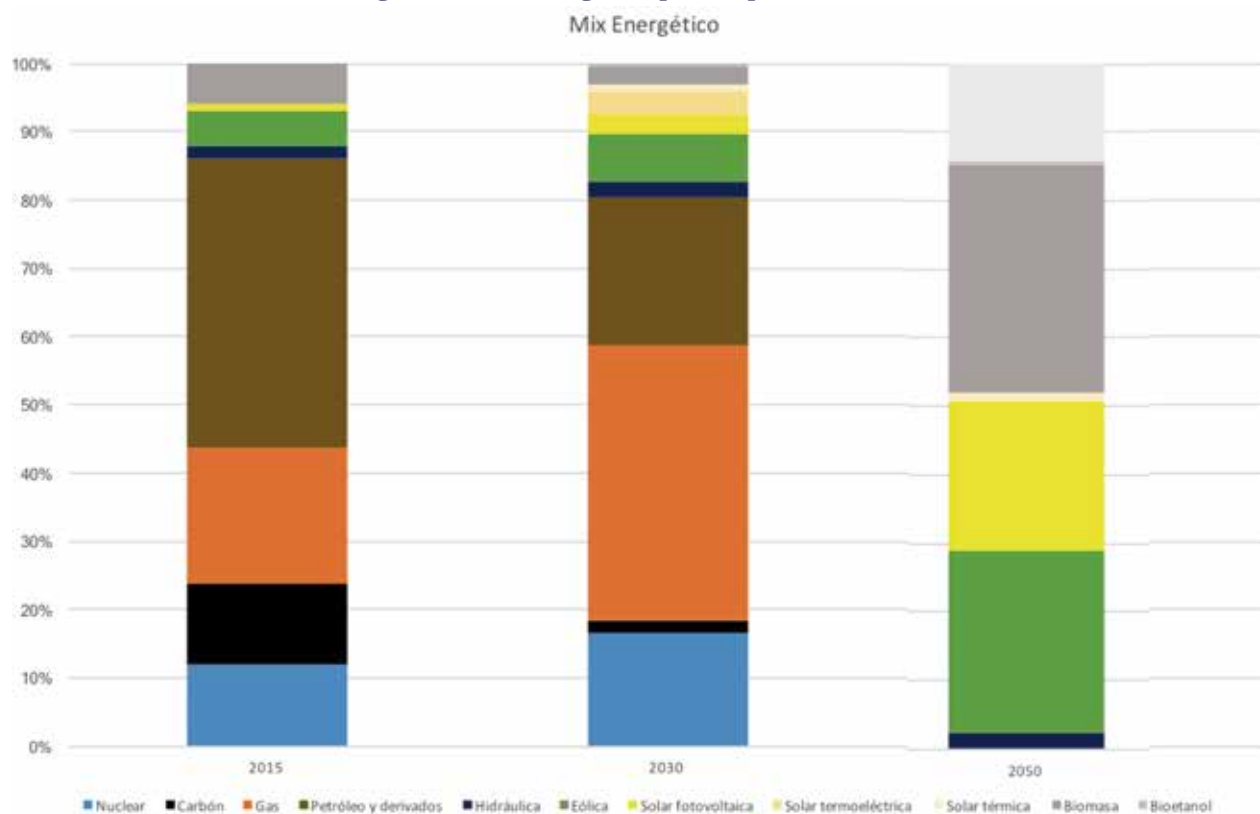
- Una transición tan ambiciosa como la que se plantea no podrá producirse en ausencia de las señales económicas apropiadas. Unas señales que deberán incluir una fiscalidad ambiental que internalice los costes externos de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, en el contexto de una reforma fiscal verde como la que proponíamos en nuestro informe de 2013 de *Economics for Energy* y un diseño adecuado de las estructuras tarifarias que traslade los costes reales a los consumidores.
- A este respecto, la estructura de costes debería tener una componente de localización, de forma que permita al sistema evolucionar de la forma más apropiada hacia sistemas centralizados o descentralizados, en función de las ventajas que aporte cada configuración. A este respecto, hay que tener en cuenta que los sistemas descentralizados pueden ayudar a acercar el sistema energético a los ciudadanos, aumentando de esta forma su nivel de concienciación y educación sobre el mismo.
- El diseño de la transición debe contar con las salvaguardas suficientes para ayudar a adaptarse a los colectivos que resulten afectados negativamente: sectores basados en combustibles fósiles, principalmente. Y también, por supuesto, debe contar con mecanismos de protección para los consumidores más vulnerables (algo que en todo caso debería existir, independientemente de la transición).
- La transición energética no puede dejar de lado a los millones de personas sin acceso a la electricidad o a formas avanzadas de energía. Debe acompañarse pues de esfuerzos tanto de compartir iniciativas de innovación (como ya se ha mencionado), como de transferencia de tecnología, y en su caso, de ayuda al desarrollo en este ámbito.
- Finalmente, y como ya se ha mencionado, es fundamental concienciar a la sociedad acerca de la oportunidad de esta transi-

Figura 5. Demanda final de energía en España 2030-2050



Fuente: Economics for Energy, 2018.

Figura 6. Mix energético para España 2030-2050



Fuente: Economics for Energy, 2018.

ción, y educarla en la importancia de contar con un modelo energético sostenible. Como ya mencionábamos en el Informe España 2005 de la Fundación Encuentro, citando al Consejo Mundial de la Energía: “sin una aceptación y comprensión ampliamente extendidas de estas implicaciones por los pueblos del mundo, no es fácil ver cómo los gobiernos nacionales o las organizaciones internacionales estarán en condiciones de formular e implantar los marcos económicos, legales, regulatorios y administrativos que se requieren para devolver al mundo a un sendero de sostenibilidad”.

LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA

España se encuentra actualmente en medio de un proceso de transición energética, fundamen-

talmente impulsado hasta ahora por los compromisos adquiridos en el seno de la Unión Europea: una reducción de las emisiones de CO₂, un aumento de la cuota de energías renovables en la energía final, y un aumento de la eficiencia energética. Estos objetivos, materializados para 2020 en el famoso 20-20 (20% de reducción de emisiones frente a 1990, y 20% de cuota de renovables en energía final), son, como no podría ser de otra forma, más ambiciosos a medida que aumenta el alcance temporal, ya que el objetivo último es la descarbonización total del sistema energético. Así, la Unión ha formulado unos objetivos de reducción de emisiones para España del 43% para los sectores industriales, y del 26% para los sectores difusos, en ambos casos respecto a 2005; un 32% de cuota de energías renovables; y un 35% de mejora de la eficiencia energética.

El Gobierno actual ha asumido estos compromisos, e incluso plantea aumentar su

Esta transición energética a la que nos enfrentamos en la actualidad es distinta a las anteriores. Quizá el elemento diferencial más importante es que, en esta ocasión, no viene impuesta por circunstancias ajenas, como el agotamiento de los recursos naturales, sino por una decisión consciente de nuestras sociedades en búsqueda de una mayor sostenibilidad, y en particular, por la necesidad de mantener el cambio climático dentro de unos límites aceptables, especialmente para los países más afectados por el mismo

ambición, hasta un 20% de reducción de emisiones respecto a 1990 (más exigente, debido a que entre 1990 y 2005 la economía española aumentó mucho sus emisiones). Sin embargo, y en parte debido a la poca ambición de las políticas adoptadas desde 1990, partimos de una situación complicada, salvo quizá en el ámbito de las energías renovables eléctricas.

Tal como se detalla en los informes anuales del Observatorio BP de Energía y Sostenibilidad, el modelo energético español tiene muchos problemas de sostenibilidad: muy elevada dependencia de los combustibles fósiles, incluyendo un papel significativo del carbón; elevado peso del sector transporte (difícil de descarbonizar a corto plazo), y dentro de este, un peso elevadísimo respecto a otros países del transporte por carretera; unos precios elevados de la energía en comparación con los países de nuestro entorno; un muy alto grado de dependencia energética; y, en los últimos

años, un creciente problema de pobreza energética.

La figura 4 ilustra gráficamente el mix energético español actual mediante un diagrama de Sankey, que representa los flujos de energía desde la compra de combustibles hasta el uso de energía final, y en el que pueden observarse muchos de los problemas citados anteriormente.

Es necesario pues transformar radicalmente el sistema energético español si queremos alcanzar los objetivos de descarbonización en 2050 planteados por la Unión Europea. Los elementos fundamentales de dicha transformación deberían ser los ya descritos en secciones anteriores de este artículo: el ahorro y la eficiencia energética, sobre todo en el transporte y la edificación, y el aumento de la participación de las energías renovables en el sistema.

Si esto se realiza mediante políticas inteligentes y ambiciosas, y ayudados por el desarrollo tecnológico (que traerá consigo una bajada de costes de las energías renovables y de los vehículos eléctricos, y un aumento de la eficiencia de las bombas de calor), nuestras estimaciones indican que es posible transformar nuestro sistema energético a 2030, para cumplir los objetivos planteados por la Unión Europea, gracias a, por un lado, la reducción de la demanda energética, y al cambio en el mix energético. Esto puede observarse en las dos figuras siguientes, en las que se muestra la demanda final de energía, y el mix energético. Para 2030 se cumplirían los objetivos negociados con la Unión Europea de reducción de emisiones (aunque no de energías renovables), y para 2050 se lograría la descarbonización completa del sector energético. Además, y de nuevo gracias a unas políticas apropiadas, esto podría lograrse a unos costes asequibles, y con la protección apropiada de los sectores más vulnerables.

Eso sí, es importante reseñar que existen aún muchas incógnitas respecto a 2050. La des-

carbonización total del sistema energético requerirá, en particular, suministrar la energía térmica de alta temperatura que necesita la industria con fuentes renovables (que en el gráfico se ha representado mediante la biomasa, lo que supondría por otra parte un aumento de las emisiones de partículas; claramente hace falta otra solución). También será imprescindible contar con tecnologías que permitan el almacenamiento estacional de electricidad, o una gestión muy activa de la demanda eléctrica, para alcanzar una descarbonización completa del sistema eléctrico. Y por último, también será preciso encontrar una solución limpia para el transporte de mercancías, si la electrificación del mismo no es posible. El hidrógeno, aunque no se ha representado en las figuras previas, podría ser una solución interesante a explorar.

CONCLUSIONES

Esta transición energética a la que nos enfrentamos en la actualidad es distinta a las anteriores. Quizá el elemento diferencial más importante, en mi opinión, es que, en esta ocasión, no nos viene impuesta por circunstancias ajenas, como el agotamiento de los recursos naturales, sino por una decisión consciente de nuestras sociedades en búsqueda de una mayor sostenibilidad, y en particular, por la necesidad de mantener el cambio climático dentro de unos límites aceptables, especialmente para los países más afectados por el mismo.

Esto tiene un inconveniente, y es que no se percibe la misma sensación de inevitabilidad en la sociedad. Incluso a pesar de la urgencia que se requiere para mitigar el problema del cambio climático, y nos demanda Naciones Unidas, las sociedades desarrolladas prefieren hacer oídos sordos y continuar con el *business-as-usual* confiando en que una tecnología salvadora venga a solucionar el problema. El hecho de que los efectos del cambio climático, aunque ya se perciben, sean fundamental-

mente diferidos, no contribuye a este cambio de actitud.

Sin embargo, y tratando de ver el vaso medio lleno, el que el impulso de esta transición deba venir de la propia sociedad, también puede verse como una ventaja: tenemos la oportunidad de decidir por nosotros mismos dónde queremos estar en el futuro, y qué sistema energético, climático y económico queremos dejar a nuestros descendientes. Además, como ya he descrito anteriormente, las estrategias de descarbonización presentan sinergias evidentes con la reducción de contaminantes atmosféricos, con las de adaptación al cambio climático inevitable, y por supuesto, con un mundo más justo. Tenemos pues una inmejorable oportunidad para, conjugando el deseo de un modelo energético más sostenible con el desarrollo tecnológico, cambiar para bien el sistema energético actual, y además hacerlo en las condiciones que queramos, y no en las que nos vengan impuestas desde el exterior.

La transición energética es posible y deseable. Y España puede ser líder e impulsora de esta transformación. Pero aprovechar la oportunidad que se nos presenta requiere políticas inteligentes, transversales, de largo plazo, y coordinadas con el resto de los países. Políticas que nos guíen de manera efectiva hacia la descarbonización, la reducción de emisiones atmosféricas, la innovación, y el uso de la energía para el desarrollo sostenible; pero que además lo hagan de forma asequible, acompañadas con el desarrollo tecnológico y económico, movilizándolo de la forma más apropiada los recursos públicos y privados, y ayudando a la transición de los colectivos afectados negativamente por la transición.

Urge pues un marco legislativo estable, robusto y flexible, integrado a su vez a nivel internacional en el Acuerdo de París o en iniciativas como *Mission Innovation*, así como en las estrategias de la Unión Europea, que dé objetivos claros y perspectiva de largo plazo para esa transición energética que la sociedad demanda y necesita. ❀