

79/2016

02 de agosto de 2016

*Alberto Carbajo y Alberto Amores**

Política de la UE en la lucha contra el cambio climático: impacto en el modelo energético español e implicaciones para los modelos eléctricos

[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

Política de la UE en la lucha contra el cambio climático: impacto en el modelo energético español e implicaciones para los modelos eléctricos

Resumen:

El cambio climático es una de las grandes preocupaciones de nuestra Sociedad. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es el principal frente de actuación; al ritmo actual, antes de 2050 se alcanzaría el límite definido por los científicos para evitar un calentamiento global mayor de 2°C que tendría graves efectos sobre el clima y nuestra Sociedad. Fruto de esta preocupación, la comunidad internacional adquirió recientemente el compromiso de alcanzar la neutralidad de emisiones en 2050-2100 en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de París. Adicionalmente, la Unión Europea ya había confirmado en 2011 sus objetivos de reducción de emisiones en el horizonte 2050: entre un 80% y un 95% respecto al nivel de 1990, que supondrían un cambio estructura el modelo energético español. Para conseguir estos objetivos, será necesaria la aplicación de tres palancas hasta 2050: cambio a vectores energéticos con menores emisiones, la generación eléctrica libre de emisiones y la eficiencia energética y conservación. Sobre la generación eléctrica, esta tendrá que alcanzar entre un 90-100% de origen renovable a 2050, manteniendo la capacidad de respaldo necesaria, ya sea en forma de tecnologías convencionales o nuevas tecnologías de almacenamiento eléctrico. Uno de los grandes retos para todos

***NOTA:** Las ideas contenidas en los *Documentos de Opinión* son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

los agentes del mercado energético español será la integración de las energías renovables en el mercado eléctrico, en las condiciones de eficiencia, sostenibilidad económica y seguridad de suministro necesarias.

Abstract:

The new Paris agreement, achieved in the XXI Conference of Parties (COP 21) of the United Nations Framework Convention on Climate Change, seeks the objective of keeping global average temperature increase below 2°C compared to pre-industrial levels.

To reach this target, European Union has developed a set of reference policies and intermediary milestones to reach decarbonisation. The European commitment is the reduction of GHG emissions is 80% and 95% until year 2050. To achieve these objectives, energetic and non-energetic uses must reduce their GHG emissions meaningfully.

This report presents the implications that the European Union will face reaching these environmental achieve.

The change of energetic matrix won't be free of difficulties and considerations due to the different nature of energetic sources present in the electrical generation mix, by the intermittent character of renewable energies, as for the different cost functions that these new technologies present in relation with conventional energies.

Palabras clave:

XXI Conferencia de París de las Partes de la Convención de Naciones Unidas para el Cambio Climático, generación eléctrica libre de emisiones, energías renovables, generación de respaldo, funciones de coste de generación, marcos regulatorios.

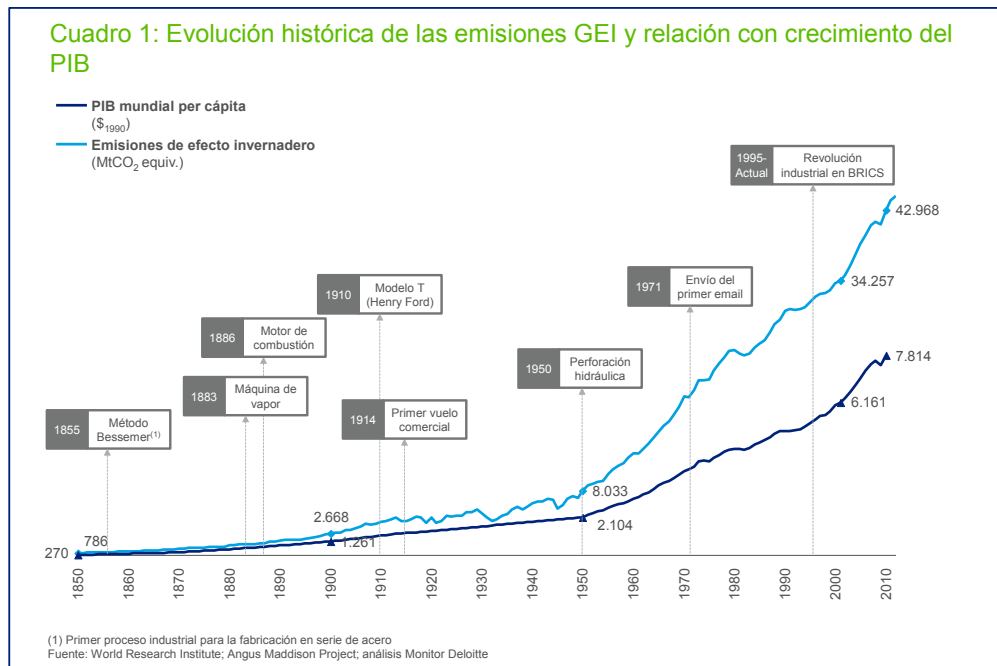
Keywords:

XXI Conference of Parties (COP 21) of the United Nations Framework Convention on Climate Change, Free emissions of electrical generation, Back-up generation, Renewable energies, Cost functions of electrical generation.

Introducción

Las emisiones de gases de efecto invernadero (o emisiones GEI), tales como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) o los óxidos de nitrógeno (NO_x), han acompañado al desarrollo tecnológico y económico; sin embargo hasta hace relativamente poco tiempo no se había prestado atención a su potencial impacto en nuestro medioambiente. Según la Agencia Internacional de la Energía, entre 1995 y 2013, las emisiones GEI aumentaron más de un 25% y, según la opinión más extendida en la comunidad científica, en ausencia de una acción global y urgente, el cambio climático tendrá impactos severos e irreversibles.

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



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

- Su elevado poder calorífico en comparación con el combustible sustituido, que era principalmente madera y biomasa.

- Su disponibilidad en la mayoría de los países occidentales o la accesibilidad desde estos, así como la relativa facilidad de extracción, que han supuesto un bajo coste para los consumidores.
- La capacidad de transportarlos en grandes cantidades a bajo coste y sin pérdidas significativas de energía.
- La facilidad de almacenamiento, que permite garantizar el suministro energético.

En 2013, el mundo consumió un total de 9.120 Mtep de energía final y emitió alrededor de 33.000 MtCO₂. El carbón, los derivados del petróleo y el gas natural fueron los principales causantes de estas emisiones. Estos combustibles están presentes prácticamente en todos los sectores económicos en mayor o menor medida, lo que indica que será necesario un cambio de los patrones de producción y consumo de energía en todos los sectores económicos para poder alcanzar la neutralidad en emisiones.

Ya existen efectos de las emisiones GEI sobre nuestro medioambiente. El *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), principal órgano científico internacional encargado de evaluar el cambio climático y creado en 1988, estima que el límite de emisiones acumuladas en la atmósfera para evitar un calentamiento global superior a 2°C sobre el nivel preindustrial, valor a partir del cual existe un elevado riesgo de cambios climáticos irreversibles, es de un 1 billón de toneladas de carbono. Las estimaciones más optimistas indican que el mundo ha emitido aproximadamente la mitad de este límite (en 2011 se habían emitido 0,52 billones de toneladas de carbono) y que este será superado en 2040 si el mundo sigue emitiendo al ritmo actual.

El histórico Acuerdo de París en el marco de la COP21

El reciente Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, pretende mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales dejando la puerta abierta al objetivo de 1,5°C. Según el acuerdo, para cumplir con el objetivo de temperatura establecido se debe alcanzar su punto máximo lo antes posible y conseguir emisiones antropógenas netas nulas hacia la segunda mitad de siglo.

Aunque no establece un objetivo de reducción de emisiones, el Acuerdo menciona que la suma de las contribuciones presentadas llevaría a 55 Gt de emisiones en 2030 y que para mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C habría que hacer una reducción de emisiones a 40 Gt. Para ello se pide a las «partes» que comuniquen una nueva contribución determinada a nivel nacional en 2020 a más tardar. Adicionalmente, se crea un mecanismo de mitigación y desarrollo sostenible cuya gobernanza y reglas serán elaboradas y aprobadas en futuras reuniones. El Acuerdo reconoce también la importancia de incentivar las actividades de reducción de las emisiones, entre otras cosas, mediante políticas nacionales y la fijación de un precio del carbono, y deja la puerta abierta a enfoques cooperativos que resulten en transferencias entre países de resultados de las acciones de mitigación. En este marco, se insta a cada parte a realizar una planificación adecuada e implementar medidas necesarias para lo cual los países en desarrollo tendrá apoyo financiero y técnico.

Las «partes» manifiestan su deseo de hacer realidad el objetivo de la Convención y reconocen los principios de equidad y de responsabilidades comunes pero diferenciadas y de capacidades respectivas, según las diferentes circunstancias nacionales. En la práctica, esto supone para los países desarrollados una mayor contribución al objetivo global de temperatura, la obligación de liderar las aportaciones a financiación climática y transferencia de tecnología para los países en desarrollo. Pero todas las «partes» han de asumir sus contribuciones, y se elimina la distinción entre los países anexo I y no-anexo I del Protocolo de Kioto, que establecía compromisos cuantificados de limitación o reducción de las emisiones para los primeros. Se reconoce la necesidad de acelerar la transferencia tecnológica a países en desarrollo y se indica que se utilizarán los mecanismos técnicos y financieros disponibles.

De este modo, los países desarrollados deberán aportar fondos para apoyar a los menos avanzados (para mitigación y adaptación) y los países en desarrollo podrán hacerlo también pero siempre de manera voluntaria. Para ello se urge a los países desarrollados a concretar una hoja de ruta con el objetivo de movilizar conjuntamente 100.000 millones de dólares anuales para la mitigación y la adaptación de aquí a 2020. Adicionalmente, se indica que antes de 2025, la Conferencia de las Partes establecerá un nuevo objetivo colectivo cuantificado que será como mínimo de 100.000 millones de

dólares anuales, teniendo en cuenta las necesidades y prioridades de los países en desarrollo. Los fondos existentes (por ejemplo, el Fondo Verde para el Clima, Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Fondo Especial para el Cambio Climático) se mantienen y estarán al servicio del nuevo acuerdo.

Se establecerá un marco de transparencia (informes, actualizaciones de datos, contabilidad...), no sujeto a un sistema sancionador, pero que deberá servir para generar confianza entre los distintos agentes. Tiene como uno de los objetivos básicos el adecuado seguimiento de las contribuciones climáticas nacionales. Se obligará a cada parte a proveer regularmente un inventario nacional de emisiones antropógenas e información sobre las políticas y medidas que pone en marcha para cumplir sus objetivos. Es destacable la importancia que se da a este apartado, reflejando la preocupación de los países desarrollados sobre este tema: disponer de mayor información, de mejor calidad y aumentar la capacidad de supervisión de la información.

A partir de 2023, cada 5 años, la Conferencia de las Partes hará un balance de la implementación del acuerdo y los avances (impacto de las contribuciones, movilización de recursos financieros y tecnológicos, previsión de temperatura del planeta...). Este análisis periódico guiará la revisión de las contribuciones climáticas de los países y determinará si es necesario aumentar el nivel de ambición. En el balance de acciones globales (cada 5 años a partir de 2023) se evaluarán también las actuaciones en adaptación. En 2018, se decide organizar un diálogo de facilitación entre las Partes para hacer un balance de sus esfuerzos colectivos y determinar el avance en el logro del objetivo a largo plazo, instándose ya a aumentar el esfuerzo de mitigación en el periodo anterior a 2020.

En este marco, el Acuerdo de París ha tenido sus luces y sus sombras, pero nos ha aportado una señal inequívoca de que existe una voluntad global de avanzar hacia la descarbonización de la economía. Entre los aspectos positivos del acuerdo cabe destacar que ha fijado el objetivo de limitar a 2º el incremento de temperatura media respecto del período preindustrial, con la aspiración de bajar en el futuro ese límite a 1,5º y a partir de 2050 se adquiere el compromiso de alcanzar la neutralidad de emisiones antropógenas hasta el final del presente siglo. Asimismo, ha establecido requisitos de transparencia y seguimiento, sobre una aspiración ambiciosa de revisión

de contribuciones, que podrán servir de base, si es necesario, para acordar fortalecer mecanismos de seguimiento y vigilancia recíproca.

En definitiva, las contribuciones nacionales (*Intended Nationally Determined Contributions*, INDC por sus siglas en inglés) siguen siendo poco ambiciosas y resultan incompatibles con el objetivo mencionado de incremento de temperatura de 2º; según algunos expertos, el conjunto de dichas contribuciones apunta a un crecimiento de la temperatura en el entorno a los 3º, muy superior al objetivo establecido. Y tampoco se han configurado obligaciones vinculantes ni sanciones por incumplimientos, algo que hubiera reforzado el compromiso.

Finalmente, con un simbólico acto en la sede de Naciones Unidas en Nueva York, se inició este pasado abril el proceso para la ratificación del acuerdo global cerrado cuatro meses antes en París. De los 195 países que se reunieron entonces en la capital francesa para desarrollar el complicado texto del pacto, 171 firmaron en el proceso de ratificación.

La política de la Unión Europea en la lucha contra el cambio climático y su impacto a largo plazo en el modelo energético español

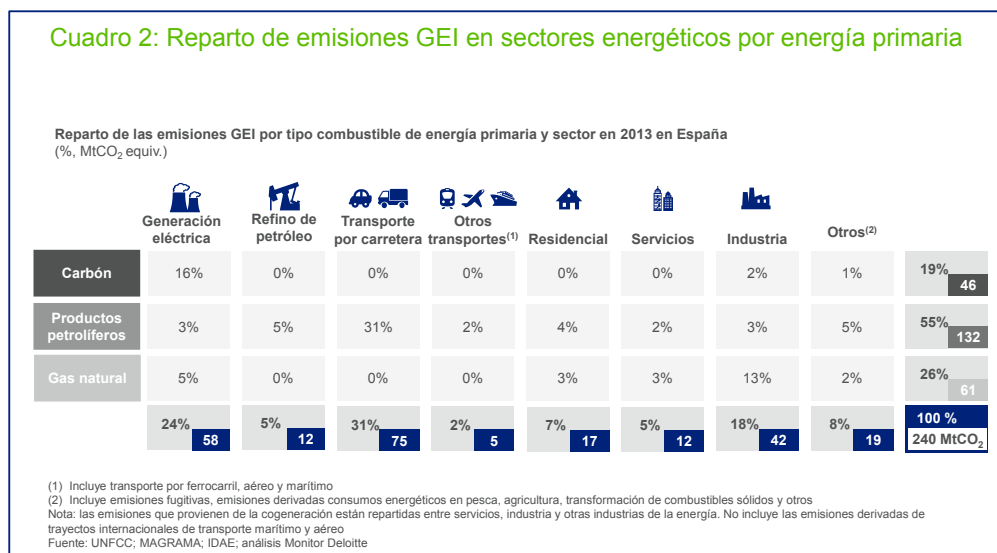
La Unión Europea estableció unos ambiciosos objetivos de reducción de emisiones GEI para que en 2050 su economía no dependa, o lo haga en menor medida, del consumo energético proveniente de fuentes emisoras de GEI. El objetivo de largo plazo se ha definido como la reducción de las emisiones GEI para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

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

emisiones GEI en un 40%, con respecto a los niveles de 1990. Adicionalmente, propuso otro objetivo vinculante de aumento de energías renovables a «por lo menos el 27%», aunque este objetivo no se trasladaría a objetivos jurídicamente vinculantes para los Estados miembros de la UE. Asimismo, se estableció otro objetivo de eficiencia energética del 27%. En el marco de la cumbre de París, la Unión Europea trasladó a la comunidad internacional la confirmación de su objetivo de reducir en un 40% sus emisiones GEI en el horizonte 2030.

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

El cambio en las formas de producción y consumo de energía entre hoy y 2050 será imprescindible para conseguir estas reducciones de emisiones. España emitió 322 MtCO₂ equivalentes en el año 2013, de las cuales 240 millones provinieron de usos energéticos, con un elevado peso del transporte y la generación eléctrica (ver cuadro 2) y los 82 millones restantes correspondieron a otros usos no energéticos.

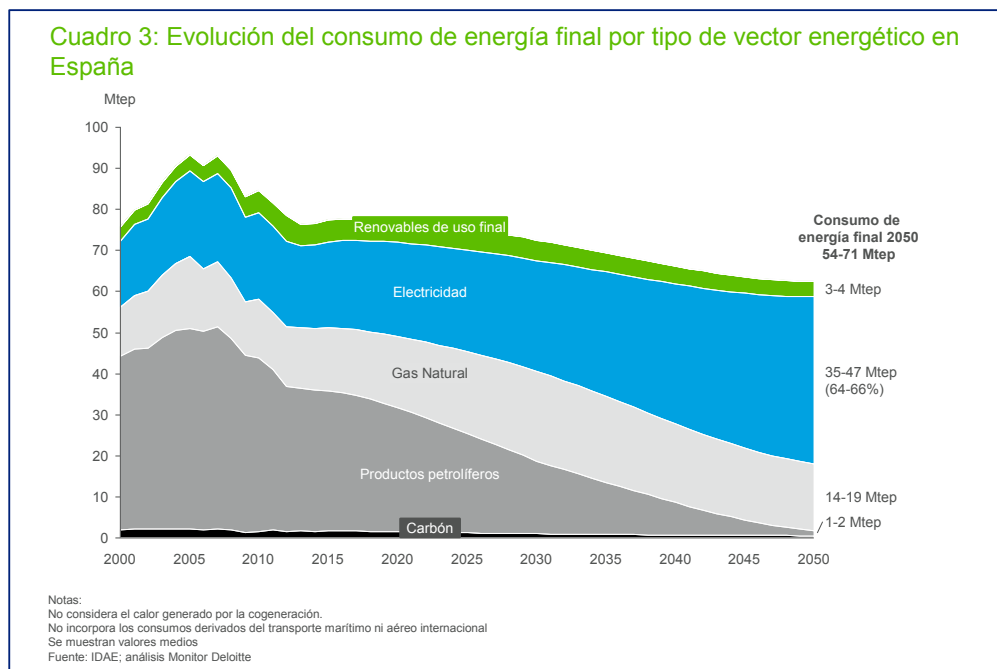


El compromiso europeo de reducción de emisiones GEI entre un 80% y un 95% en 2050 supondrá para España, dependiendo del año de referencia considerado, que las emisiones se limiten hasta un valor muy reducido de entre 14 y 88 MtCO₂. Para esto, independientemente de los compromisos concretos que finalmente vinculen a España,

los usos energéticos y no energéticos tendrán que reducir sus emisiones GEI en una magnitud muy significativa.

En este marco, la firma de consultoría Monitor Deloitte ha elaborado un estudio denominado «Un modelo energético sostenible para España en 2050. Recomendaciones de política energética para la transición», en el que se expone de manera pormenorizada las implicaciones que suponen la consecución de los compromisos medioambientales asumidos por la Unión Europea, la necesidad de dotarse de un modelo energético descarbonizado y las recomendaciones para realizar la transición energética de modo eficiente. El estudio indica que es imprescindible para la reducción de emisiones que se produzca un cambio estructural en las formas de producir y consumir energía desde hoy hasta 2050. En contra de lo que se pensaba hasta hace poco, la transformación del modelo energético a lo largo de este siglo no va a estar principalmente motivada por el agotamiento de los recursos fósiles sino por el impulso de dos vectores que resultan fundamentales: el desarrollo tecnológico y la ya mencionada lucha contra el cambio climático.

Así, los usos energéticos y no energéticos tendrán que reducir sus emisiones en una magnitud muy significativa. Para los usos energéticos habrá que cambiar los vectores energéticos por otros con menos emisiones, procediendo a una electrificación de la demanda o a la utilización de combustibles bajos en emisiones, por ejemplo, mediante la utilización de gas natural en lugar de derivados del petróleo cuando no sea posible electrificar. Por ejemplo, esto significa que hay que incrementar la penetración de vehículos eléctricos hasta cubrir prácticamente el mercado de automoción en el año 2050, realizar el cambio modal del transporte pesado entre un 40% a un 60% teniendo en cuenta que hoy se realiza por carretera en su inmensa mayoría para hacerlo por ferrocarril eléctrico e intensificar el cambio a vectores energéticos con menores emisiones en los sectores residencial, industrial y de servicios, mediante la electrificación y la gasificación de consumos. Así, el uso de la electricidad deberá incrementarse del 42% actual del consumo energético hasta el 64-66% en 2050 (ver cuadro 3).



Además habrá que implantar medidas de eficiencia energética para reducir la intensidad energética final entre el 1,6 y 2,2% anual mediante actuaciones en nueva edificación, rehabilitación de edificios existentes y nuevos procesos industriales.

Será preciso basar la generación eléctrica casi exclusivamente en energías renovables ya que el futuro mix de generación eléctrica deberá alcanzar hasta el 90-100% de origen renovable en 2050. Conseguir este nivel de penetración de las energías renovables significará instalar entre 145-201 GW de generación eléctrica renovable así como dada la intermitencia de este tipo de energías, la capacidad de respaldo suficiente para garantizar la seguridad de suministro.

De este modo, todas las actuaciones anteriores serán indispensables para cumplir los objetivos de descarbonización en el año 2050. No bastará con que nos centremos en una medida abandonando las otras. Es decir la electrificación de nuestra demanda energética, la presencia casi exclusiva de las energías renovables y la implantación de medidas de eficiencia energética son actuaciones inexcusables para la consecución del objetivo de neutralidad en la segunda mitad de siglo.

Este cambio fundamental exigirá un considerable esfuerzo de inversiones que la economía española tendrá que realizar entre 2016 y 2050 que con las previsiones actuales de la evolución de los costes de las nuevas tecnologías alcanzan la

considerable cifra de 330.000-385.000 millones de € dependiendo de los diferentes escenarios que se consideren. Aparentemente resulta una cifra muy considerable pero para ponerla en su contexto hay que recordar en el último ciclo inversor del sector eléctrico se incurrió en inversiones por encima de los 10.000 millones de euros por año. Ahora bien, todo este esfuerzo traerá una serie de externalidades positivas adicionales como son la menor dependencia de las importaciones de productos petrolíferos, una mayor eficiencia energética ya que la electrificación constituye un menor consumo energético total del país y posiblemente un menor precio de la electricidad ya que hay importantes inversiones que realizar y que deberán recuperarse, estos costes de tecnologías ya maduras se diluirán entre la mayor demanda que supondrá la electrificación de la economía.

La transición del modelo energético español y recomendaciones de política energética

Existen grandes incertidumbres en el tránsito hacia un modelo descarbonizado, por lo que se necesitan políticas sólidas y flexibles durante la transición. El importante volumen de las inversiones a realizar, los largos plazos de recuperación de las mismas y la incertidumbre sobre cuando ciertas tecnologías estarán suficientemente maduras (en prestaciones y costes) para su despliegue masivo requieren una transición inteligente. Esta transición ha de garantizar el cumplimiento eficiente de los objetivos a largo plazo y la adaptación a la evolución de la tecnología y los costes. Debe ser una transición sólida y flexible, compuesta de políticas y medidas de las que no nos vayamos a arrepentir, que no requiera de inversiones que puedan quedar obsoletas o innecesarias en función del desarrollo tecnológico.

Esta situación requerirá contar con todas las tecnologías y energías disponibles en el período de transición. Prescindir prematuramente de determinadas tecnologías o combustibles (por ejemplo, nuclear, carbón, productos petrolíferos o gas) entre hoy y 2030 significaría poner en riesgo la eficiencia económica de la transición o la seguridad de suministro.

Para analizar la transición hasta el modelo energético en 2050 resulta útil contar con la referencia de 2030, por tratarse de un año intermedio para el que la Unión Europea ha adoptado un conjunto de objetivos sobre emisiones, renovables y eficiencia energética.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo podría ser el sistema energético en 2030 de forma que nos situemos en el camino de cumplir los objetivos medioambientales de modo eficiente y manteniendo la seguridad de suministro. En este camino, todas las tecnologías presentan un papel relevante en el modelo.

En 2030 sería necesario alcanzar un nivel de electrificación de entre un 35 y 39% sobre el consumo total de energía final, y aumentar el consumo de gas hasta un 29-30% por una penetración muy significativa del gas natural vehicular (GNV) y un aumento del consumo de gas en los sectores residencial, servicios e industrial.

La penetración del vehículo eléctrico entre los turismos alcanzaría entre un 7 y un 10%, lo que requiere un nivel de ventas en 2030 de entre 600.000 y 900.000 vehículos eléctricos (en contraste con los 2.300 vendidos en 2015). En el resto de turismos (convencionales e híbridos), el consumo medio de los vehículos nuevos se reduciría a ~4,1 l/100 km en 2021 y ~3,3 l/100 km en 2030 por unas mayores ventas del vehículo híbrido (en torno a 225.000 vehículos híbridos al año vs. 12.000 vendidos en 2014) y mejoras de eficiencia del vehículo convencional. El vehículo híbrido podría hacer de puente hacia el vehículo 100% eléctrico, ya que supone una inversión inicial más parecida a la del convencional, reduce las necesidades de infraestructura de recarga y no sufre las limitaciones de prestaciones de este.

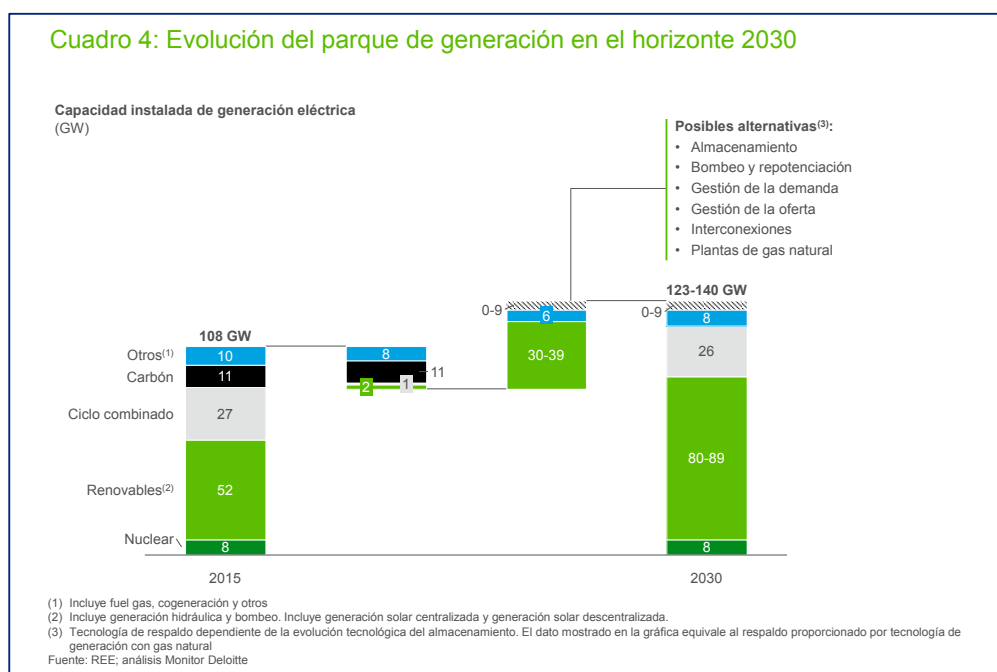
En 2030, entre un 20 y un 25% del transporte pesado debería realizarse por ferrocarril eléctrico, mientras que por carretera debería realizarse el restante 75-80%. Adicionalmente, el gas natural vehicular es ya una tecnología suficientemente madura que debe jugar un papel relevante en la reducción de las emisiones en el transporte pesado por carretera en esta transición.

El consumo eléctrico en los sectores residencial y de servicios debería aumentar hasta situarse entre el 61 y el 65%, y el consumo de gas tendría que aumentar hasta el 23-28% del consumo energético total en dichos sectores. Para alcanzar esta penetración desde los valores actuales el consumidor residencial necesitará invertir en nuevos equipos para usos térmicos (calefacción y agua caliente sanitaria).

En el sector industrial la electricidad tendría que aumentar su peso de un 29% a un 34-39%. Mientras que el gas debería seguir manteniendo un peso entre 44 y 46% en 2030. El papel del gas natural seguirá siendo necesario en el sector industrial, ya que

existen procesos térmicos industriales que presentan barreras técnicas para su electrificación.

Para alcanzar el máximo potencial de la descarbonización, la electrificación de la demanda descrita debería ir acompañada del desarrollo de generación de electricidad libre de emisiones. Hasta 2030 se necesitaría la instalación de entre 30 y 39 GW de capacidad renovable. La elevada necesidad de nueva potencia renovable requiere, a su vez, de una capacidad relevante de respaldo que debería ser provista durante la transición a 2030 por centrales de combustibles fósiles, instalaciones de bombeo, interconexiones internacionales, mecanismos de gestión de la demanda y por nuevas tecnologías (que aseguran no emitir ya que se podrían cargar con excedentes de generación renovable) de almacenamiento (ver cuadro 4).



Es difícil prever cuándo las nuevas tecnologías de almacenamiento estarán disponibles en volumen y a coste competitivo como para dar el respaldo necesario para las puntas de demanda. En cualquier caso, parece improbable que antes de 2030 puedan dar un respaldo que pueda superar algunas horas de funcionamiento. De la misma manera, se podría argumentar que existen dudas razonables sobre la rápida disponibilidad de capacidad adicional de interconexión internacional o de nuevos mecanismos de gestión

de la demanda. Por ello es necesario contar con todas las tecnologías durante la transición.

El cierre a partir de 2020 de las centrales de tecnologías convencionales, mientras no estén suficientemente desarrolladas las nuevas tecnologías de almacenamiento, requeriría nuevas centrales de gas natural. En este sentido, los ciclos combinados presentaron un funcionamiento en torno a las 1.000 horas en 2015; con este nivel de funcionamiento y los mecanismos retributivos actuales, las plantas en operación no recuperan costes fijos, existiendo el riesgo de cierres anticipados que es necesario mitigar.

Adicionalmente, en el caso de que regulatoriamente se comprometiera el cierre de las actuales centrales de carbón, significaría una nueva inversión de alrededor de 3.500 millones de € (hasta 9 GW adicionales de centrales de ciclo combinado/turbinas de gas sobre los 27 GW ya existentes). Estas nuevas centrales estarían condenadas a funcionar poco o nada en el periodo hasta 2050, debido a los objetivos de reducción de emisiones y a la entrada de nuevas tecnologías de almacenamiento previstas en esos años. Además, se produciría un incremento del precio mayorista que podría suponer un sobrecoste para los clientes de 25.000-35.000 millones de € (equivalente a 9-11 €/MWh) en el periodo 2020-2030.

Las plantas nucleares contribuyen a la mitigación del riesgo del cambio climático al ser una generación completamente libre de emisiones GEI. El cierre de los 7.800 MW actualmente instalados, en caso de no extender su vida más allá de los 40 años, supondría unas emisiones adicionales de alrededor de 170 MtCO₂ equivalentes hasta 2030 (equivalentes a la mitad de las emisiones totales de la economía española en 2013).

Esta producción de base sería sustituida, en buena parte, por producción térmica convencional (en el momento en que se tendrían que empezar a cerrar las plantas nucleares, no habrá otras alternativas realistas para la producción en base). Dicha sustitución podría suponer un incremento del precio del mercado diario de hasta 8-10€/MWh en el corto plazo.

El mantenimiento de todas las tecnologías de respaldo en el mix de generación implicaría una mayor diversificación de fuentes de suministro, mitigando el riesgo ante variaciones de precios de materias primas en mercados internacionales. Esta

diversificación es un factor de seguridad de suministro y competitividad mientras se desarrollan las tecnologías de almacenamiento eléctrico.

Con una gestión adecuada del parque de generación actual, toda la nueva capacidad de generación que se construya en España desde ahora debería ser renovable, salvo con crecimientos de demanda muy elevados, o cuando no haya sido posible desarrollar a tiempo otras alternativas (por ejemplo, interconexiones, bombeos).

El esfuerzo a realizar en penetración de energías renovables es ingente, y es razonable que sea compartido por múltiples agentes, fomentando la competencia. La disrupción tecnológica que supondrán las tecnologías solares y de almacenamiento en baterías, junto con el deseo creciente de los consumidores de autoabastecerse de energía, permitirán que los propios consumidores contribuyan a dicho esfuerzo inversor.

En eficiencia energética se requeriría una reducción de la intensidad energética final de entre el 1,4% y el 2% anual de forma continuada hasta el 2030, para continuar con una senda semejante hasta el 2050. Las iniciativas a implantar son muy numerosas, de muy diferente naturaleza y abarcan prácticamente todos los sectores de actividad. Por ejemplo, el sector de la edificación y la rehabilitación de edificios, tanto residenciales como de servicios, es una de las asignaturas pendientes de la eficiencia energética en nuestro país, que es necesario abordar de forma decidida.

Adicionalmente, los sectores industriales son altamente sensibles a las señales de precio y de rentabilidad económica de las actuaciones, por lo que los esfuerzos se deben enfocar en eliminar las distorsiones de las señales de precio y, en su caso, a la introducción de incentivos económicos o mecanismos de financiación que apoyen el cambio de vector (a electricidad o gas) y la introducción de mayores eficiencias.

Las Administraciones y el sector privado españoles necesitan emprender acciones decididas para liderar el cambio de modelo energético. La lucha contra el cambio climático requiere cambiar patrones y modos de consumo, utilizar masivamente energías renovables y hacer enormes esfuerzos en eficiencia energética. Todo ello requiere movilizar grandes inversiones en generación, infraestructuras, en I+D+i, nuevas formas de edificación, etc. Este cambio requerirá la implicación y concienciación del conjunto de las Administraciones y reguladores, de las empresas y de los ciudadanos.

Son necesarias políticas incentivadoras de los cambios estructurales, nuevos marcos legales y regulatorios. Una intensa coordinación de la planificación y ejecución de acciones entre las diferentes instituciones públicas será esencial para la toma racional y eficiente de decisiones por parte de las empresas y los consumidores finales. En este marco, el estudio pretende establecer un marco integral que fomente la electrificación, estableciendo un esquema de recomendaciones estructurado en 4 ejes (ver cuadro 5):

- Recomendaciones sobre la definición de objetivos y fiscalidad de CO2.
- Recomendaciones sobre el sector transporte.
- Recomendaciones sobre los sectores residencial, industrial y de servicios.
- Recomendaciones sobre el sector eléctrico.

Para poder realizar una transición paulatina y competitiva, pero que debe ser decidida y con un compromiso de cambiar las estructuras de nuestro modelo energético, se ha propuesto un conjunto de recomendaciones para una política de descarbonización que dé la necesaria importancia a la seguridad y competitividad del modelo energético (ver cuadro 5).



Implicaciones para los mercados eléctricos

El cambio de la matriz energética no estará exento de dificultades y consideraciones por la diferente naturaleza de las fuentes de energía que se verán presentes en el mix

de generación eléctrica, tanto por el carácter intermitente de las energías renovables, como por la diferentes funciones de coste que presentan estas nuevas tecnologías respecto a las energías convencionales.

Como es sabido, la generación eléctrica es un negocio liberalizado en España, en contraste con otros negocios como el transporte o la distribución que están configurados como monopolios naturales por la regulación española (según la teoría económica, los monopolios presentan costes medios decrecientes en el largo plazo) y sujetos a retribuciones y a tarifas por el servicio reguladas. En el caso de la generación eléctrica, la consideración como negocio liberalizado lleva a que los precios se fijen mediante reglas de mercado.

El mercado diario se celebra el día anterior al de la entrega de la energía y en él compradores y vendedores intercambian energía para cada una de las horas del día siguiente. Así, en este mercado en realidad hay 24 precios diferentes (asociados a la energía en cada una de las 24 horas del día siguiente). Los vendedores (generadores, importadores, *traders*, otros intermediarios) presentan ofertas de venta y los compradores (comercializadores, consumidores finales, exportadores, *traders*, otros intermediarios) presentan ofertas de compra al Operador del Mercado (OMIE) para cada hora del día siguiente. Con estas ofertas, OMIE construye las curvas de oferta y demanda de cada hora del día siguiente. Del cruce de las curvas de oferta y demanda resulta el precio del mercado para cada hora del día siguiente y se identifican las ofertas «casadas» (las ofertas de venta y de compra que se convierten en compromisos firmes de entrega de energía). En los mercados marginalistas, todos los generadores casados reciben un mismo precio, el cual se determina por el cruce de las curvas de oferta y demanda. En cuanto al precio, en un mercado marginalista competitivo, las ofertas han de reflejar el coste de oportunidad de las empresas generadoras.

El diseño del mercado actual se hizo en una coyuntura de mercado de generación sustancialmente diferente a la actual, por lo que será clave considerar el cumplimiento de los objetivos medioambientales en un nuevo marco regulatorio y de mercado. Así, por ejemplo la mitad de la potencia instalada actualmente (básicamente ciclos combinados y energías renovables) no estaban cuando se diseñó el modelo de mercado.

Además la Comisión de la Unión Europea tendrá que integrar los requerimientos derivados del cumplimiento de los objetivos medioambientales con los del avance en el desarrollo del mercado interior eléctrico. De este modo, a los objetivos iniciales del mercado interior, se añaden los de la descarbonización; la Comisión deberá analizar la compatibilidad de las medidas a desarrollar y, ante posibles distorsiones, deberá facilitar nuevos instrumentos para su consecución conjunta.

De este modo, el diseño del mercado eléctrico ha de permitir a los agentes la toma de decisiones para recuperar sus costes y obtener una rentabilidad a través de sus ofertas al mercado, rentas inframarginales (pudiendo alcanzar, en el largo plazo, un régimen de operación por debajo de los costes marginales del mercado) o rentas de escasez (por diferencia entre el precio del mercado y el precio de mercado en una situación de escasez).

Las energías renovables, si bien de momento presentan unos costes de generación elevados, presentan costes variables bajos, pues el recurso primario que utilizan (viento o sol) puede ser renovado por la propia naturaleza. De este modo, solo podrán funcionar en los momentos en que haya recurso primario disponible, por eso siempre es necesaria la generación de respaldo que funcione cuando aquel no está disponible. En el caso del mercado español, las energías renovables han estado sujetas a incentivos, y sus ofertas a costes variables casi nulos, derivando en una casación en el mercado mayorista a determinadas horas a precios cada vez menores (en los casos en los que se desplaza a energía procedente de plantas convencionales con mayores costes variables) a medida que se ha aumentado la presencia de estas instalaciones renovables. Es decir, las energías renovables han inducido en determinadas horas a una depresión del precio en el mercado de electricidad. Adicionalmente, la elevada necesidad de nueva potencia renovable requiere, a su vez, de una capacidad relevante de respaldo y flexibilidad que, inicialmente será proporcionado por el parque térmico, nuclear e hidráulico actual. De este modo, por ejemplo, las centrales de respaldo con elevados costes variables estarían condenadas a funcionar un número reducido de horas, dificultando la recuperación completa de sus costes. Por ello, será clave adaptar el diseño del mercado mayorista, para valorar adecuadamente la firmeza, cosa que no ocurre en el actual mercado de energía. Adicionalmente, cabe destacar, que la señal

de precio actual no incentiva la inversión en nueva generación pudiendo poner en riesgo la seguridad de suministro.

A lo anterior se une la problemática propia de los mercados eléctricos, en los que aún con generación exclusivamente convencional, no se consiguen ingresos suficientes para recuperar las inversiones, debido a fallos del mercado y específicamente por la «fiabilidad del sistema». Es lo que se denomina como *missing money*, consistente en que los ingresos medios para la generación son inferiores al coste medio de generación de un nuevo entrante, lo que desincentiva la inversión de nueva capacidad de generación. En determinados mercados, este problema se ha diseñado complementando los ingresos del mercado con unos pagos regulatorios, los pagos por capacidad, para así asegurar la recuperación de las inversiones.

Este *gap* deberá colmarse con mecanismos que retribuyan la capacidad y «complementos retributivos» a las energías renovables. Estos pagos adicionales de carácter regulatorio se instrumentan para asegurar la recuperación de las inversiones de forma que no se vea comprometida la seguridad de suministro por falta de inversiones en generación. Esta situación puede revertirse a medio plazo si los avances en las curvas de aprendizaje de las tecnologías descarbonizadas (nuclear y renovables) son suficientemente intensos.

Así, el mercado pasaría a un esquema en el que, si bien los ingresos por mercado junto con los ingresos de los servicios complementarios puedan verse reducidos, se definan mecanismos que retribuyan la capacidad y, en su caso, incentivar a las energías renovables.

En cuanto a la integración de las renovables en el sistema eléctrico, esta se debe realizar sin afectar a la seguridad del sistema y bajo el principio de optimización de su integración para minimizar vertidos. En este sentido se debe dotar al Operador del Sistema (OS) de las herramientas necesarias para ello, como por ejemplo una mayor flexibilización de los mínimos técnicos de los ciclos combinados, siempre que sea técnicamente posible, para asegurar la operación con el mínimo de vertidos o la gestión de generación de rápida respuesta que asegure la cobertura de la demanda a pesar de la falta de energías renovables por la falta de recurso primario. Adicionalmente, será fundamental una mayor coordinación con los OS vecinos para que utilicen energía renovable excedentaria en sus servicios de ajuste.

En base a todo lo anterior, las políticas dedicadas al mercado eléctrico en la transición serán de crítica importancia en la transición energética. De este modo, para asegurar la eficiencia y seguridad de suministro, será clave establecer un marco razonable de planificación y mercado para la instalación de la generación renovable y la capacidad de respaldo necesario para cubrir el crecimiento de la demanda. Este marco será la base para desarrollar y actualizar continuamente una planificación de la capacidad necesaria en el medio-largo plazo (5-10 años); y desarrollar una reforma de los mercados de electricidad para generar una señal económica a largo plazo, eficiente para la inversión, que asegure la estabilidad y fomente la instalación de tecnologías con mayor madurez y menores costes.

En cuanto a la capacidad de generación ya instalada, será necesario aprovechar de modo eficiente su vida operativa para minimizar inversiones y costes innecesarios en el periodo de transición. Para ello es necesario mantener la generación de respaldo en operación mientras se desarrolla una tecnología de almacenamiento viable técnica y económicamente; así como realizar una reforma de los mercados de electricidad para que den la señal de precio suficiente para retribuir de modo competitivo la capacidad firme. De este modo, se han de establecer los mecanismos para no incentivar nuevas inversiones en capacidad de respaldo que en un futuro puedan ser infrautilizadas (generación térmica) o inversiones prematuras en tecnologías poco maduras (almacenamiento).

En relación con lo anterior, la extensión de la autorización de operación de las centrales nucleares hasta los 60 años es una herramienta que permite reforzar la eficiencia del proceso de transición, siempre que se realice basada en un proceso de toma de decisión basado en criterios técnicos, liderado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

En resumen, para hacer posible un horizonte con un mix de generación basado casi en exclusividad en energías renovables habrá que realizar las actuaciones que conduzcan a dicho mix y dotarlo del marco regulatorio que genere las señales económicas para que las inversiones se produzcan; los inversores han de tener la adecuada visibilidad sobre la recuperación de sus costes.

Finalmente, y debido a las interrelaciones existentes, acompañar la transición con el desarrollo del mercado interior eléctrico en Europa será otro de los retos principales de la política de la Unión Europea. Iniciativas propias de la regulación del mercado

eléctrico, como el impulso de las interconexiones, la coordinación de políticas nacionales, el fomento de los mercados a plazo para incentivar la inversión o los sistemas de apoyo a los mercados serán aspectos cuyo desarrollo será clave en el proceso de descarbonización de la Unión Europea.

*Alberto Carbajo y Alberto Amores**
Consultor independiente de Energía
Socio responsable Energía y Recursos Naturales-Monitor Deloitte

Bibliografía

Boletín Oficial del Estado, Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/12/27/pdfs/BOE-A-2013-13645.pdf>

Claudio Aranzadi (Revista de Economía Industrial, Ministerio de Industria, Energía y Turismo), «La política energética en el sector eléctrico», disponible en: <http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/394/CLAUDIO%20ARANZADI.pdf>

Comisión Europea, Acción por el clima de la UE, disponible en:

http://ec.europa.eu/clima/citizens/eu/index_es.htm

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), Información sobre Cambio Climático, disponible en:

<http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/>

Monitor Deloitte, «Un modelo energético sostenible para España en 2050. Recomendaciones de política energética para la transición», disponible en:

<http://www2.deloitte.com/es/es/pages/strategy/articles/la-descarbonizacion-del-modelo-energetico.html>

Naciones Unidas (Framework Convention on Climate Change), «Documento de aprobación del Acuerdo de París (12 de diciembre de 2015)», disponible en:

<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>

Naciones Unidas (Framework Convention on Climate Change), «Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)», disponible en:

http://unfccc.int/files/adaptation/application/pdf/all_parties_indc.pdf

Naciones Unidas (Framework Convention on Climate Change), «Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático», disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Parlamento Europeo, «El mercado interior de la energía», disponible en: http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/es/FTU_5.7.2.pdf