

Propuesta de equilibrio del sistema eléctrico español para 2030 y su impacto global

Proposal for balance for the Spanish electrical system for 2030 and its global impact

José Antonio Galdón Ruiz¹, Inmaculada Guaita Pradas², Bernabé Mari Soucase³

Resumen

El sistema energético y, concretamente, el sector eléctrico requieren una correcta planificación en el tiempo que permita conseguir el equilibrio entre los factores principales que ha de cumplir, que son la fiabilidad y garantía de suministro, que sea limpio y bajo en emisiones, que sea económico y que tenga un alto índice de autoabastecimiento. Para su consecución es necesario introducir una serie de reformas que afectarán a nuestro modelo de consumo energético global y al sistema eléctrico en particular.

En este artículo se realizarán una serie de propuestas encaminadas a rentabilizar al máximo el sistema eléctrico proponiendo un mayor consumo frente a otras fuentes de energía, lo que disminuirá el precio de la parte regulada al repartirlo entre un mayor consumo y, a su vez, el exceso de energía eléctrica que se ha de producir se realice en su mayor parte a través de las fuentes de energía renovables y por tanto autoabastecidas. A través de la simulación realizada se podrá comprobar que es posible conseguir un equilibrio en el sistema eléctrico en una primera planificación hasta 2030 y, a su vez, se mejorará el balance energético global, reduciendo nuestra dependencia energética y, por tanto, nuestra factura energética exterior. Con todo ello, conseguiremos disminuir el precio de la energía eléctrica para el consumidor, consiguiendo, además, que sea más limpia y aumentando el grado de autoabastecimiento, por lo que los beneficios serán también globales tanto para la economía del país como para la sostenibilidad.

Palabras clave

Sistema eléctrico, dependencia energética, fiabilidad y garantía de suministro, emisiones, precio de la energía eléctrica, déficit de tarifa.

Abstract

The energetic system and, moreover, the electrical sector need a correct planning in time to obtain the balance between the main factors that it has to achieve. They are reliability and security of supply, it has to be clean and low in emissions, and it has to be unexpensive and with a high index of self-supply. To implement it, it is necessary to introduce a number of proposals that will affect our model of energetic global consumption and, especially, the electrical system.

In this article a series of proposals will be explained focused on maximizing the value of the electrical system proposing a major consumption versus other sources of energy. This will decrease the price of the part regulated since it will share it in a higher consumption. Besides, the resulting excess of electric power will be made mainly through renewable energy sources and, therefore, self-supplied. Through this simulation it will be possible to verify that it is possible to obtain a balance in the electrical system in a first planning until 2030, and in turn, the global energy balance will be improved, reducing our energetic dependence and therefore our energy bill. In consequence, we will manage to reduce the price of the electrical energy for the consumer, and it will also be cleaner and the level of self-supply will be higher. Therefore, the benefits will also be global both for the economy of the country and for the sustainability.

Keywords

Electric system, energy dependence, reliability and guarantee of supply, emissions, price of electrical energy, tariff deficit.

Recibido / Received: 8.03.2017. Aceptado / Accepted: 15.03.2017

¹Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño. Universitat Politècnica de València (ingaldon@gmail.com). ²Departamento de Economía y Ciencias Sociales-INECO. Universitat Politècnica de València (iguaita@esp.upv.es). ³Instituto de Diseño y Fabricación. Departamento de Física Aplicada. Universitat Politècnica de València (bmari@fis.upv.es).

Autor para correspondencia / Corresponding author: José Antonio Galdón Ruiz. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022 Valencia. ingaldon@gmail.com



Foto: Shutterstock

Introducción

Que algo falla en nuestro sistema eléctrico es evidente, y que existe una conciencia social sobre dicho problema también lo es, pero lo que no se entiende es que no se trate de atajar de forma definitiva y ordenada, y se continúe con remiendos y parches alejados de la verdadera solución del problema.

Hemos podido ver en el artículo de Galdón JA, Soucause BM y Prades IG *Análisis del Sistema Eléctrico Español*, publicado en este mismo número cómo no solo existe un enorme desequilibrio entre los factores que han de definir el sistema eléctrico, sino que además tenemos un sistema muy caro e insostenible.

En este artículo vamos diseñar un modelo energético que permita equilibrar el sistema, haciéndolo más económico y sostenible, para lo que tendremos que aportar una serie de actuaciones que realizar con el horizonte puesto en 2030.

Estas propuestas pasarán de forma inexorable por tratar de optimizar el sistema eléctrico, para lo que será necesario consumir más energía eléctrica en detrimento de otras fuentes de energía procedentes de combustibles fósiles y potenciar la producción de

energía eléctrica a través de las fuentes renovables y, por tanto, con mayor capacidad de autoabastecimiento, evitando así gran parte de las importaciones energéticas.

Y para todo ello, se tendrá que tener siempre presente no solo que debemos seguir manteniendo los estándares de calidad y garantía de suministro que presenta nuestro sistema, sino también aspectos tan importantes en un Estado de derecho como son el respeto a la propiedad privada y a las inversiones de capital y, en consecuencia, nos alejaremos de modelos basados en el 100% renovable o el desmantelamiento total de lo existente. De lo que se trata es de rentabilizar al máximo el sistema actual, introduciendo de forma paulatina y sostenida en el tiempo las reformas necesarias que permitan amortizar las instalaciones de producción de energía existentes para ir sustituyéndolas de forma ordenada por las fuentes de energía renovables, que cada vez son mucho más rentables, eficientes y baratas.

De esta forma, y a través de la simulación de las diferentes medidas de cambio de modelo en el consumo energético que se van a proponer con el horizonte en 2030, se comprobará como con un mayor consumo eléctrico

y una mayor implantación de las fuentes de energía renovable, se conseguirá rentabilizar al máximo la capacidad del sistema y, por tanto, disminuir el precio de la energía eléctrica sin que se vean afectados el resto de factores y consiguiendo, así, el equilibrio que tiene que presentar.

Propuestas

Partiendo de la base de que en la actualidad tenemos un sistema eléctrico sobredimensionado y muy fiable que ha mejorado respecto a las emisiones y a la dependencia energética desde que se incorporaron en mayor medida las energías renovables, aunque sigue resultando muy caro e insostenible, tendremos que buscar la fórmula que pueda permitirnos encontrar la solución adecuada para armonizar el sistema eléctrico en particular y que contribuyan de manera positiva en el sistema energético global.

Para ello, no pretendemos acabar con lo que hay y comenzar de nuevo, como se ha podido ver en otros estudios, sino que trataremos de aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece el sistema actual, para tratar de seguir amortizando las instalaciones de generación existentes, pero inte-

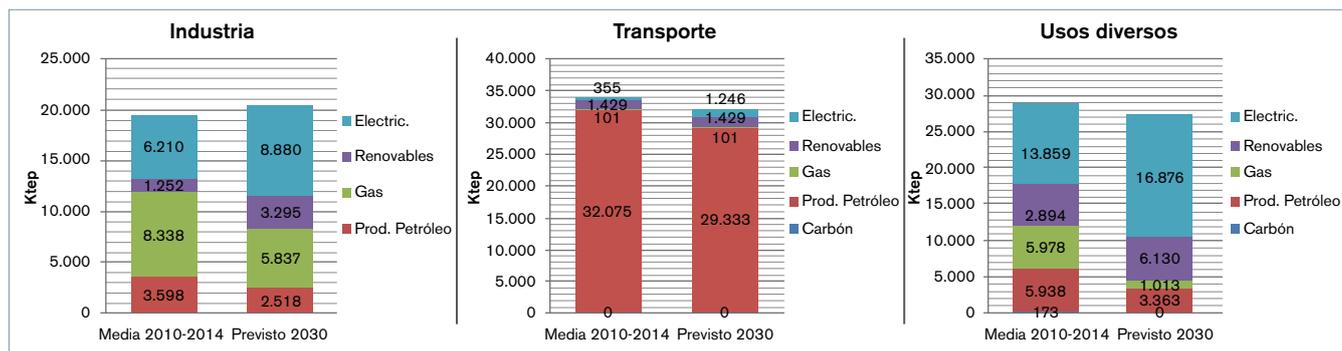


Figura 1. Simulación de consumos de energía por sectores comparando la media de 2010-2014 con la calculada para 2030 aplicando las medidas. Fuente: Elaboración propia.

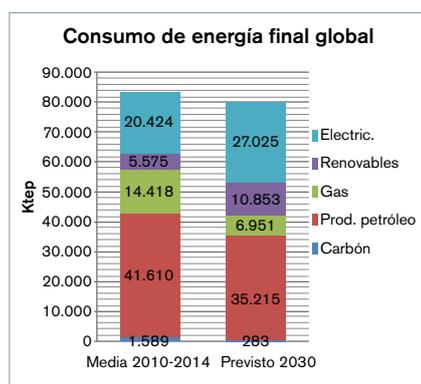


Figura 2. Simulación de consumos de energía final comparando la media de 2010-2014 con la calculada para 2030 aplicando las medidas. Fuente: Elaboración propia.

grando otras nuevas que nos permitan mejorarlo.

Partimos del punto más débil de nuestro sistema, como es el aspecto económico, ya que nos encontramos con uno de los precios más caros por kWh de Europa, donde los costes regulados del sistema han subido casi el 80% en los últimos 7 años y, además, se ha generado un enorme déficit tarifario que tendremos que seguir pagando durante muchos años. Pues bien, en esos costes regulados lo que se está pagando es el coste global del sistema eléctrico, que como ya hemos dicho está sobredimensionado y, además, se incluyen las primas a las energías renovables y otras políticas energéticas, etc., que no son directamente proporcionales al consumo de kWh, sino que lo son de forma unitaria y por contrato de suministro.

Por ello y aplicando la lógica, la única fórmula sin recortar la estructura del sistema actual con la que se podrían bajar dichos costes sería optimizando su utilización, es decir, consumiendo más energía eléctrica, algo

que para casi todos y sin la correspondiente explicación que realizaremos a continuación podría considerarse una auténtica locura.

Y es que lo que pretendemos es que ese aumento de consumo de energía eléctrica provenga de la sustitución del consumo de derivados del petróleo y de gas, con lo que conseguiremos, además, reducir las emisiones de CO₂, mejorar nuestra dependencia energética y, en consecuencia, nuestra balanza de pagos con el exterior y el consiguiente ahorro económico.

Sin embargo, además de sustituir los derivados del petróleo y gas por electricidad, también se propone utilizar fuentes de energía renovables, lo que potenciará aún más los beneficiosos efectos para nuestro sistema energético global.

Todo ello se deberá realizar de forma gradual. Y, para tal efecto, se proponen las siguientes medidas en función de cada uno de los grandes sectores, que, como se puede comprobar, no resultan demasiado ambiciosas y podrían conseguirse en el periodo fijado hasta el año 2030:

1º. En el sector industrial:

–Sustituir el 60% del consumo de carbón por biomasa y otro 20% por energía eléctrica.

–Sustituir el 10% el consumo de productos petrolíferos por biomasa y el 20% por energía eléctrica.

–Sustituir el 10% el consumo de gas por biomasa y el 20% por energía eléctrica.

2º. En el sector del transporte:

–Sustituyendo el 10% del consumo de gasóleos y gasolinas del transporte por carretera, por electricidad, mediante la incorporación del coche eléctrico y electrificando el 50% del ferrocarril.

3º. En el sector de usos diversos:

–Eliminar el uso del carbón en el subsector residencial por el 50% de solar térmica y otro 50% de energía eléctrica.

–Sustituir el 30% del consumo de productos petrolíferos en los subsectores residencial, comercio, servicios, Administraciones públicas y otros, por el de solar térmica y otro 30% por energía eléctrica.

–Sustituir el 30% del consumo de gas en los subsectores residencial, comercio, servicios, Administraciones públicas y otros, por el de solar térmica y otro 30% por energía eléctrica.

Para la realización de la simulación, consideramos que el posible aumento de consumo energético se vería neutralizado con las medidas de eficiencia energética, por lo que en realidad se considerará el consumo medio realizado entre los años 2010 y 2014. Los resultados con las propuestas arriba indicadas se pueden ver en la figura 1, donde para cada uno de los tres grandes sectores de consumo, se presenta la comparativa del consumo de energía final medio en los años 2010-2014 de las diferentes fuentes y el que resultaría en el año 2030.

Y en la figura 2, veremos una gráfica muy significativa de cuál sería el consumo de energía final total previsto para 2030 en comparación con la media de los últimos cinco años desde 2014 para atrás, comprobando como se reduciría sensiblemente el consumo de productos petrolíferos, gas y carbón, en detrimento de las energías renovables y la electricidad.

Una vez visto lo anterior, y pasando nuevamente al sistema eléctrico, podemos ver como aumentará nuestro consumo eléctrico en 6.601 ktep anuales, que se corresponderían con 79.912

	2015		prevista 2020				prevista 2025				prevista 2030			
	Prod. Eléctrica GWh	Pot. Instalada MW	Prod. Eléctrica GWh	diferencia 2020-2015	Pot. Instalada MW	diferencia 2020-2015	Prod. Eléctrica GWh	diferencia 2025-2015	Pot. Instalada MW	diferencia 2025-2015	Prod. Eléctrica GWh	diferencia 2030-2015	Pot. Instalada MW	diferencia 2030-2015
Hidráulica (1)	30.245	18.216	30.245	0	18.216	0	30.245	0	18.216	0	30.245	0	18.216	0
Nuclear (2)	57.000	7.573	57.000	0	7.573	0	57.000	0	7.573	0	57.000	0	7.573	0
Carbón	40.124	10.468	35.083	-5.041	10.468	0	30.041	-10.083	10.468	0	25.000	-15.124	10.468	0
Fuel + Gas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ciclo combinado	23.316	24.948	33.210	9.894	24.948	0	43.105	19.790	24.948	0	53.000	29.684	24.948	0
Régimen ordinario	150.688,23	61.204	155.542	4.853	61.204	0	160.395	9.707	61.204	0	165.248	14.560	61.204	0
Hidráulica (1)	5.000	2.108	5.000	0	2.108	0	5.000	0	2.108	0	5.000	0	2.108	0
Eólica (3)	53.095	23.618	65.397	12.302	27.512	3.894	77.698	24.603	31.406	7.788	90.000	36.305	35.300	11.682
Solar fotovoltaica(4)	9.190	4.974	16.127	6.937	7.830	2.856	23.063	13.873	10.687	5.713	30.000	20.810	13.543	8.569
Solar térmica	5.274	2.388	6.849	1.575	2.828	441	8.425	3.151	3.269	881	10.000	4.726	3.710	1.322
Térmica renovable	4.796	987	4.824	88	1.006	18	4.912	176	1.024	37	5.000	264	1.042	55
Térmica no renovable (4)	25.621	7.105	25.747	126	7.140	35	25.874	253	7.175	70	26.000	375	7.210	105
Residuos	5.000	1.796	5.000	0	1.796	0	5.000	0	1.796	0	5.000	0	1.796	0
Régimen especial	107.915,38	42.976	128.944	21.028	50.221	7.244	149.972	42.056	57.465	14.489	171.000	63.085	64.709	21.733
Total	258.603,61	104.180	284.485	25.882	111.425	7.244	310.367	51.763	118.669	14.489	336.248	77.645	125.914	21.733

(1) Se considera la media de producción de los últimos 15 años (2000-2014) y la potencia instalada de 2015.
 (2) Se considera la media de producción de los últimos 15 años y se considera alargar la vida hasta los 60 años.
 (3) Se consideran los valores de producción medios de los últimos 5 años y se supone una mejora de rendimiento del 15% en el año 2030 respecto a la potencia instalada.
 (4) Se consideran los valores de producción medios de los últimos 5 años y se supone una mejora de rendimiento del 25% en el año 2030 respecto a la potencia instalada.

Tabla 1. Simulación del sistema eléctrico (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

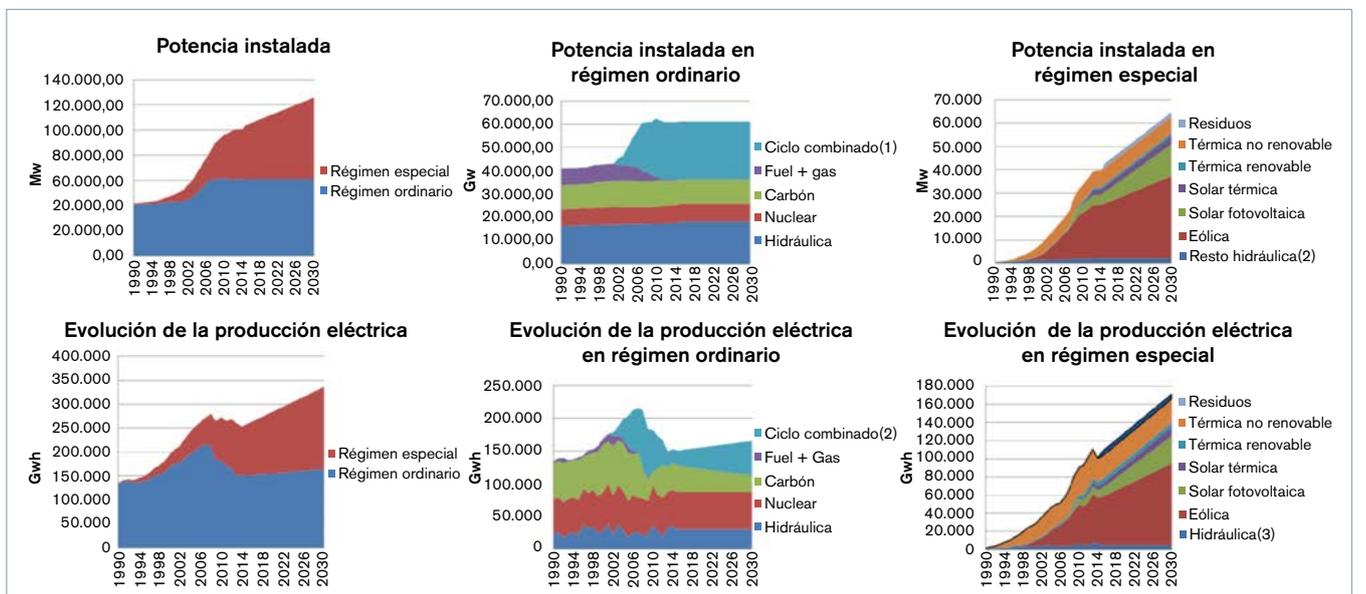


Figura 3. Simulación de la evolución del mix de producción eléctrica (1990-2030). Fuente: Elaboración propia.

GWh, y que por tanto tendremos que producir.

Considerando la media de las pérdidas de los últimos 15 años (7%) y la media de la producción peninsular demandada durante los últimos 5 años, tendríamos que producir 336.000 GWh.

Para ello, utilizaremos todos los datos de los que disponemos del sistema eléctrico, y realizaremos un mix de generación que sea viable tanto para atender la demanda global, como las puntas de consumo y, por tanto, considerando la disponibilidad de cada una de las fuentes y, como dijimos al principio, sin prescindir de ninguna de ellas, pero optimizando la utilización de fuentes renovables y limpias, según los siguientes criterios:

–Consideramos la energía hidráulica producida la media durante los últimos 15 años (2000-2014), sin tener en cuenta ninguna nueva ampliación dada la escasa capacidad para la misma, pero considerando su potencial como reserva estratégica y acumulación energética.

–Consideramos la energía nuclear producida como la media durante los últimos 15 años (2000-2014) que deberíamos seguir utilizando dada su casi total amortización y bajo coste, además de las nulas emisiones de CO₂ y la importancia que la misma tiene para la estabilidad del sistema.

–Se reduciría más del 50% la producción de energía eléctrica proveniente de centrales de carbón durante los últimos

15 años (2000-2014) pasando de 54.688 GWh a 25.000 GWh. Se seguirían utilizando para atender los picos de demanda, pero se trataría de reducir al máximo dado su alto nivel de emisiones de CO₂ y su alta dependencia ya que en la actualidad importamos más del 80% del carbón que consumimos.

–Se aumentaría la producción media durante estos últimos 15 años de la energía eléctrica proveniente de los ciclos combinados de gas, pasando de 39.047 GWh a 53.000 GWh. Se trataría de rentabilizar un poco más este tipo de centrales que producen menos emisiones y que, además, llevan poco tiempo instaladas y pueden tener un papel importantísimo para cubrir los picos de demanda.

–Multiplicaríamos casi por dos la energía producida por los parques eólicos, gracias a la sustitución paulatina de los generadores más antiguos instalados (0,5 GW) por los nuevos de los que ya hay prototipos de hasta 7 MW. (Se deberían instalar unos 800 MW eólicos por año hasta 2030, algo totalmente viable como se indica en la tesis doctoral.)

–Se tendría que multiplicar casi por 4 la energía eléctrica generada por energía solar fotovoltaica, aprovechando los rendimientos actuales de casi el 40% de la radiación y el enorme descenso de los precios de instalación de la misma. (Se calcula una potencia instalada anual de 580 MW considerando un aumento del rendimiento del 25% respecto a la media de los últimos años.)

Según lo anterior, y realizando la implantación paulatinamente tendríamos la siguiente evolución del mix eléctrico reflejada por periodos de 5 años que se presenta en la tabla 4, y la figura 3.

Simulación de los 4 factores con las propuestas

Con el mix eléctrico propuesto, vamos a realizar en los siguientes puntos las simulaciones precisas para comprobar el equilibrio entre los cuatro factores que ha de cumplir el sistema eléctrico, es decir, la capacidad y garantía de suministro, que sea limpio y bajo en emisiones, que tenga bajo precio y que presente un alto grado de autoabastecimiento.

Capacidad y garantía de suministro

Comenzamos con la capacidad y garantía de suministro, para lo cual en la figura 4 se muestra cómo evolucionan de forma gradual tanto la energía eléctrica generada como la potencia instalada, y comprobamos, por tanto, que se trata de un mix muy conservador y seguro, dado que se mantiene en el entorno del 30% de utilización y, en consecuencia, tiene mucha más capacidad de producción que podría ser utilizada en los momentos esporádicos. Esta es una característica esencial en un mix eléctrico y, por ello, nos hemos querido alejar de las soluciones y propuestas más radicales sobre la composición del mix, manteniendo la parte de generación que permite regulación, pero im-

plantando paulatinamente fuentes de energía renovables contrastadas como la eólica y la solar.

Otro aspecto importante que comprobar es la posibilidad del sistema de producción de atender los picos de demanda, teniendo en cuenta todos los factores adversos que se pueden dar, y para ello se ha hecho una simulación basada en los datos de los años anteriores en función de la potencia instalada y la potencia consumida y, por supuesto, utilizando los índices de disponibilidad de cada una de las fuentes de energía para calcular el índice de cobertura. Por ello en la figura 5 comprobamos cómo a la vez que aumenta la máxima potencia horaria demandada, disminuye la potencia disponible al incorporar las renovables, lo que hace que el índice de cobertura vaya disminuyendo a lo largo de los años, pero siga estando en el año 2030 en 1,20 y por encima de 1,10, que es el valor de referencia que se quiere conseguir.

Red de transporte

No serán necesarias grandes inversiones en la red de transporte y distribución, salvo las propias que se han venido desarrollando hasta la fecha, ya que según el informe de REE correspondiente al año 2014, las redes tienen una capacidad de transporte y transformación el 45% superior a la actualmente utilizada, por lo que si nuestra propuesta aumenta solo el 30% la energía transportada y transformada por las redes en 16 años, solo sería preciso realizar las infraestructuras propias de conexión y transformación de las nuevas centrales eólicas y solares propuestas.

Indicadores de calidad

Es muy difícil realizar una simulación para los indicadores de calidad, pero todo hace indicar que con la mejora continua de las tecnologías y la enorme capacidad de la red, se mantendrán o superarán los estándares de calidad que presenta la red en la actualidad, y que quedan reflejados en el artículo *Análisis del Sistema Eléctrico Español*, de Galdón JA, Soucase BM y Prades IG de este mismo número de la revista.

Redes de interconexión con otros países

En cuanto a las redes de interconexión, sí que será preciso que se consiga el objetivo del 10% de la capaci-

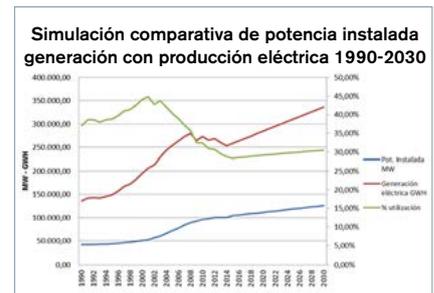


Figura 4. Simulación de la evolución de la potencia instalada, la generación de energía eléctrica y porcentaje de utilización hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

dad de potencia en las interconexiones energéticas, porque ello mejoraría muchísimo la flexibilidad del sistema eléctrico y nos permitiría no solo tener mayor capacidad y estabilidad de suministro, sino también colocarnos en situación para la implantación del mercado interior de la electricidad en Europa y conseguir, por tanto, un mercado eléctrico más competitivo. En la tabla 5, se muestra la previsión de la potencia de interconexión que entendemos que se debería alcanzar para el año 2030, que si bien sigue sin cumplir los parámetros fijados, puede resultar un poco más realista conforme a lo realizado en este asunto durante los últimos años.

Bajo en emisiones

Como se puede observar en la figura 6 y a través de la simulación de las producciones de energía eléctrica realizadas aplicando las emisiones para cada una de las fuentes energéticas, comprobamos que el sistema, pese a estar generando más energía eléctrica, disminuiría tanto las emisiones globales, como las emisiones unitarias por GWh, dado que pasa de 237,72 Tn de CO₂/GWh a 165 Tn CO₂/GWh, es decir, disminuye en un 30,5% las emisiones actuales.

Precio

Simulación de costes de la parte liberalizada (producción eléctrica) y regulada

Dado que puede resultar un atrevimiento realizar cualquier tipo de predicción sobre el precio de producción de la energía, no solo por la volatilidad de los precios de los combustibles, sino por la infinidad de variables que afectan al precio final del mercado, y dado que tenemos la misma situación para la simulación de los cálculos de los cos-

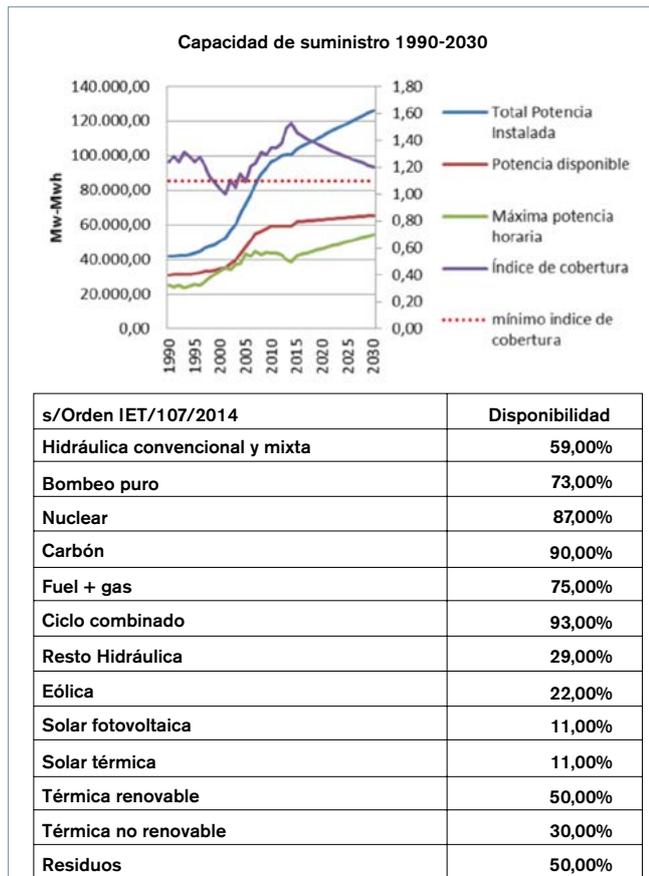


Figura 5. Simulación de la capacidad de suministro e índice de cobertura hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

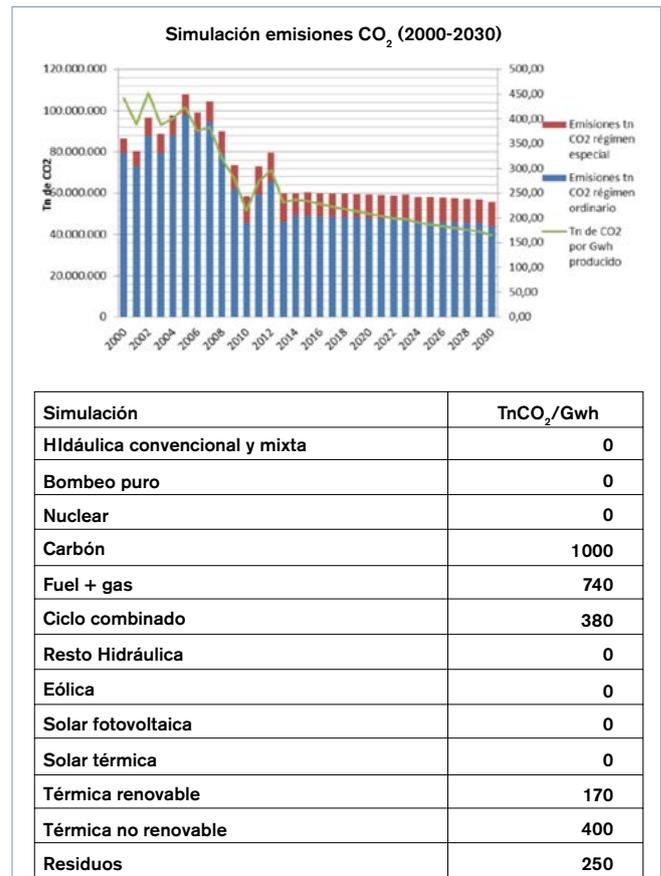


Figura 6. Simulación evolución de las emisiones de CO₂ del sistema eléctrico hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

tes del sistema por el caos regulatorio que afecta al mismo, en este punto solo aplicaremos la lógica y el sentido común. Esto nos lleva a pensar que si el sistema está sobredimensionado y tiene mucha más capacidad de la que utiliza, hay que tratar de rentabilizarlo, y eso se consigue produciendo y consumiendo más, por lo que los costes unitarios descenderían en función de ese reparto de los costes.

Por ello, realizaremos una simulación partiendo de los costes del sistema del año 2014, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

–No se aumentarán las primas a las renovables, dado que las nuevas instalaciones ya son rentables a precios de

mercado como en nuestro caso, en que lo vamos a fijar en 60,18 €/MWh.

–Aunque irá disminuyendo paulatinamente la deuda del sistema y, por tanto, el coste la misma, no se tendrá en cuenta en la simulación, de tal forma que pudiese compensarse con unos mayores costes en el transporte y la distribución.

–Consideraremos el precio de producción más caro de la energía en los últimos 5 años, es decir, el correspondiente al año 2011, que se situó en 60,18 €/MWh, aunque en 2014 fue de 55 €/MWh.

Y según las premisas anteriores, tendremos los siguientes resultados que se pueden apreciar en la figura 7,

el descenso paulatino de los costes regulados, que llega a ser del 24,5% respecto del año 2014.

Y teniendo en cuenta que estamos utilizando un precio medio de producción de energía de 60,18€/MWh para la simulación entre los años 2015 y 2030, también podemos comprobar que el precio del MWh disminuye casi el 10% respecto al precio marcado en 2014, pero más del 18% respecto al marcado en el año 2013, por lo que estaríamos ante un sistema mucho más económico (figura 8).

Simulación precios finales al consumidor

Conforme a los datos anteriores y extrapolando los peajes de acceso asigna-

Pot. Instalada generación	2015			2030		
	102.155,67	MW	%	125.913,65	MW	%
España-Francia	2.800,00	MW	1,39%	8.400,00	MW	6,67%
España-Portugal	3.000,00	MW	2,98%	6.000,00	MW	4,76%
España-Marruecos	900,00	MW	0,89%	1.800,00	MW	0,14%

Tabla 2. Simulación capacidad de interconexión del sistema eléctrico peninsular. Fuente: Elaboración propia.

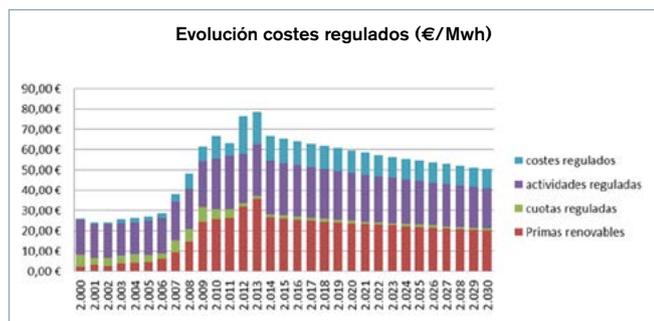


Figura 7. Simulación de los costes regulados del sistema eléctrico hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

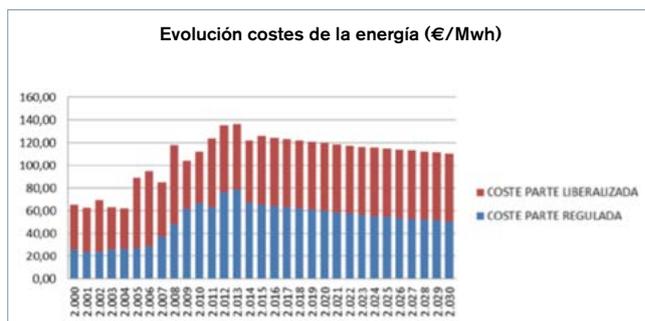


Figura 8. Simulación de los costes de energía hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

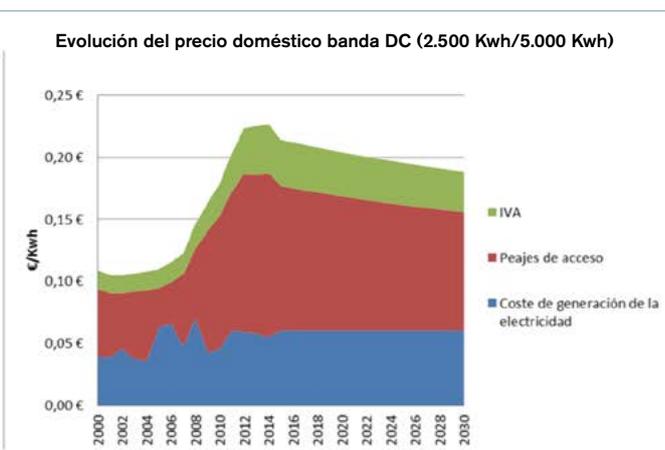
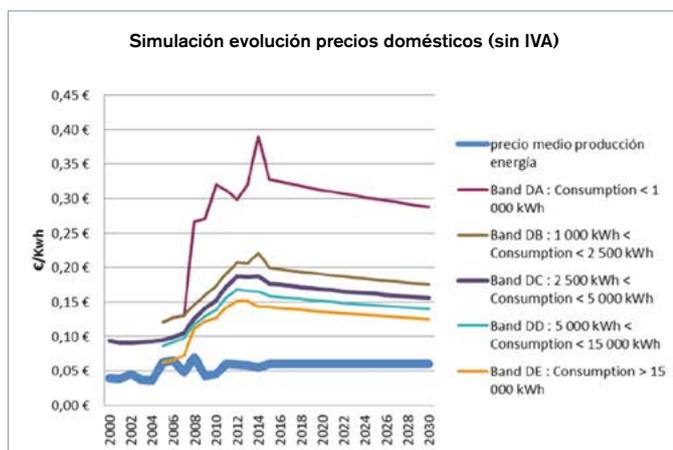


Figura 9. Simulación evolución de los precios eléctricos domésticos hasta 2030 y específico de la banda tipo DC. Fuente: Elaboración propia.

dos a cada una de las bandas de energía que se han analizado, obtendríamos la figura 9, en la que se puede ver la evolución que sufrirían los precios domésticos y, concretamente, la banda del consumidor tipo DC con consumos entre 2.500 y 5.000 KWh, y comprobamos que para 2030 se produciría una bajada del 12% respecto al precio marcado en 2014.

De forma similar, se realiza la simulación de los precios industriales que se puede ver en la figura 10, y observamos también que el ahorro para los consumidores industriales tipo de 20.000 a 70.000 KWh es del 10% respecto al marcado en el año 2014, lo que influiría muy positivamente en la competitividad de nuestras industrias.

Autoabastecimiento

Respecto al autoabastecimiento del sistema eléctrico, y dado que se incorpora más producción renovable, comprobaremos en la figura 11 como para el año 2030 tendremos un sistema autoabastecido al 70%, por lo que se evitará gran cantidad de importación de productos energéticos, no solo para el

sistema eléctrico, sino para el conjunto del sistema energético.

Comparativa

Si comparamos el modelo actual con el modelo propuesto y analizamos cada uno de los cuatro factores que definen el sistema eléctrico y que han de estar equilibrados para su viabilidad, obtendríamos la figura 12, en la que se observa que mientras que el sistema actual presenta una valoración irregular dado que se trata de un sistema muy seguro y fiable (9), limpio y bajo en emisiones (7), autoabastecido en un alto porcentaje (7), pero tremendamente caro e insostenible (4), el sistema propuesto alcanzaría un nivel alto y similar en todos los factores (8), lo que nos daría el pretendido equilibrio que necesitamos, para posteriormente seguir mejorándolo hasta conseguir el 10 en todos ellos.

Repercusiones sobre el sistema energético nacional

Además de todo lo anterior, si se consiguiesen los objetivos marcados en las propuestas citadas en el punto 3,

obtendríamos también numerosos beneficios en el sistema energético nacional, y que serán los siguientes:

Reducción de las emisiones globales de CO₂

Según todas las propuestas del punto 3, se pretende sustituir el consumo de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo) y, por tanto, con altas emisiones de CO₂, por otras fuentes renovables y energía eléctrica con muchas menos emisiones, por lo que podemos ver la evolución de las emisiones para cada uno de los sectores en las figuras 13 y 14.

Reducción de la dependencia energética final global.

Tal como podemos ver en la figura 15, comprobamos como aplicando las medidas propuestas, se reduce de forma considerable la dependencia energética de los diferentes sectores de consumo, y la industria pasa del 74,46% de dependencia en los años 2010-2014 al 42,74% en 2030, el transporte del 95,21% al 86,77%, y la que más se reduce, casi el 40%, es la del sector de

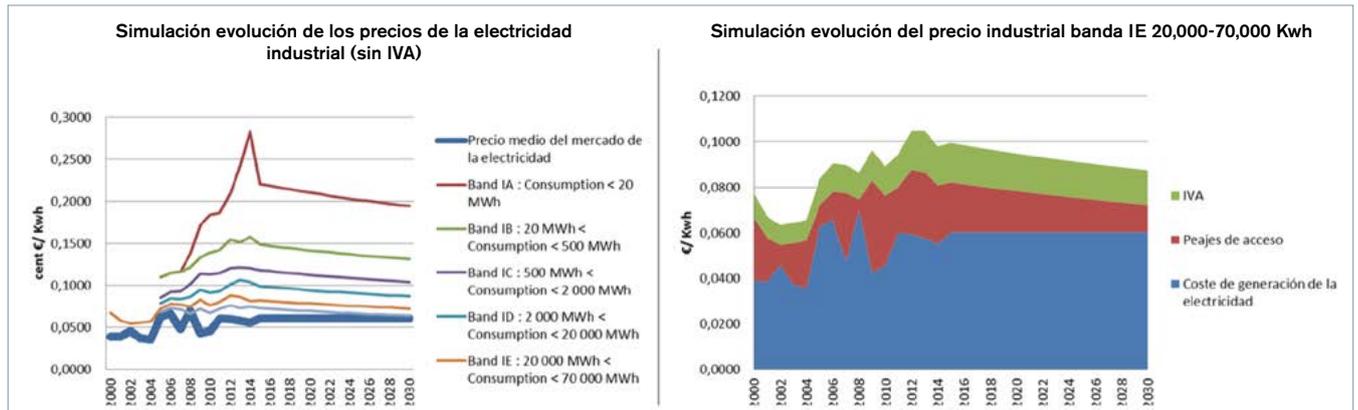


Figura 10. Simulación evolución de los precios eléctricos industriales hasta 2030 y específico de la banda tipo DC. Fuente: Elaboración propia.

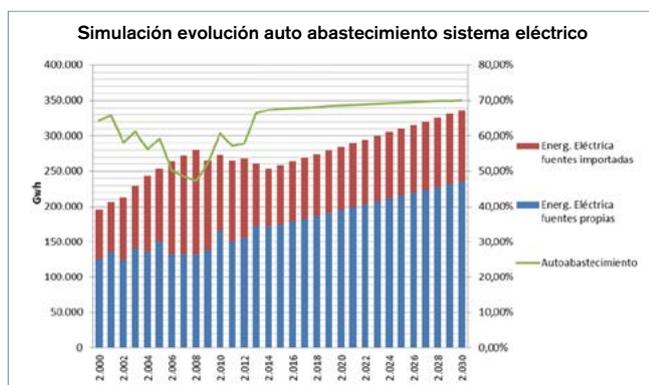


Figura 11. Simulación evolución del autoabastecimiento del sistema eléctrico hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

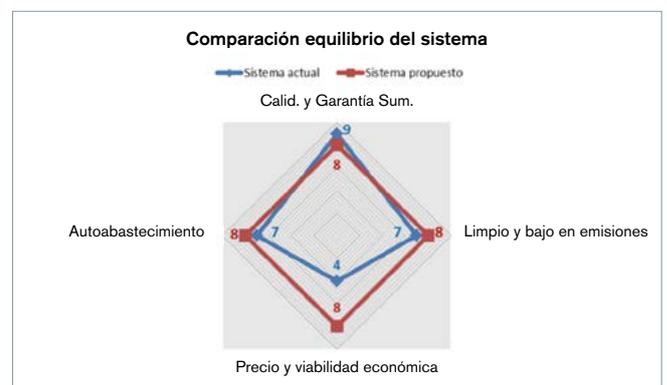


Figura 12. Comparación del equilibrio sistema actual con el propuesto a 2030. Fuente: Elaboración propia.

usos diversos, que pasa del 61,01% al 23,14%.

Todo ello nos lleva a reducir la dependencia energética final, desde el 78,25% hasta el 53,50%, es decir, disminuye en casi el 25%, lo que prácticamente nos llevaría a importar tan solo la mitad de la energía que consumimos.

Nuevo mix energético primario

En función de la nueva composición del mix energético final, realizamos la transformación de la energía final en energía primaria y extraemos también los datos desglosados de la energía primaria utilizada por el sistema eléctrico. Utilizando los datos facilitados por el IDAE, y conforme a la figura 16 podemos observar cómo cambia de forma sustancial el mix energético primario, viendo cómo disminuyen los porcentajes de consumo de productos petrolíferos, gas y carbón, en detrimento de las energías renovables, que prácticamente multiplican por dos su presencia en el mix, y representan casi el 25% de la energía primaria consumida.

Reducción de importaciones de productos energéticos

Ahorro económico en importaciones energéticas

Para considerar el ahorro económico en el importe energético, se han obtenido los datos del valor de las importaciones netas de carbón, productos petrolíferos y gas, en los años 2010-2014 y se ha dividido entre la energía consumida por cada una de las fuentes. En consecuencia, se ha obtenido un precio medio del tep para cada una de las fuentes que se ha aplicado a la simulación de los consumos de energía para los próximos años hasta 2030. Todo ello nos da como resultado la figura 17, en la que podemos ver cómo evolucionaría de forma anual el valor de las importaciones de las diferentes fuentes de energía primaria, a precios constantes de 2010.

Comprobamos que dejaríamos de gastar en los años 2015-2030, 554 millones de euros en importaciones carbón, 38.316 millones de euros en importaciones de petróleo y 12.604 millones de euros en importaciones de gas, y para el año 2030 se evitarían

unas importaciones respecto de la media de los años 2010-2014, por valor de 554 millones de euros en carbón, 4.507 millones de euros en petróleo y 1.482 millones de euros en gas.

Según lo anterior y viendo la figura 18 que presenta los datos globales, se puede ver que se ahorrarían casi 46.000 millones de euros entre los años 2015 y 2030, si los precios fuesen similares a la media de 2010 y 2014, y con la simulación propuesta en 2030 se ahorrarían casi 5.400 millones de euros anuales respecto de las importaciones medias entre 2010 y 2014.

Ahorro cuantitativo en importaciones de fuentes energéticas

Quizás pueda resultar más esclarecedor el ahorro cuantitativo de las fuentes de energía primaria que dejaremos de importar, por cuanto los precios de las mismas pueden variar ostensiblemente en función de las diferentes situaciones políticas y económicas y resulta muy imprevisible realizar una simulación objetiva. Por ello, en la siguiente figura presentaremos la simulación de la evolución de las im-

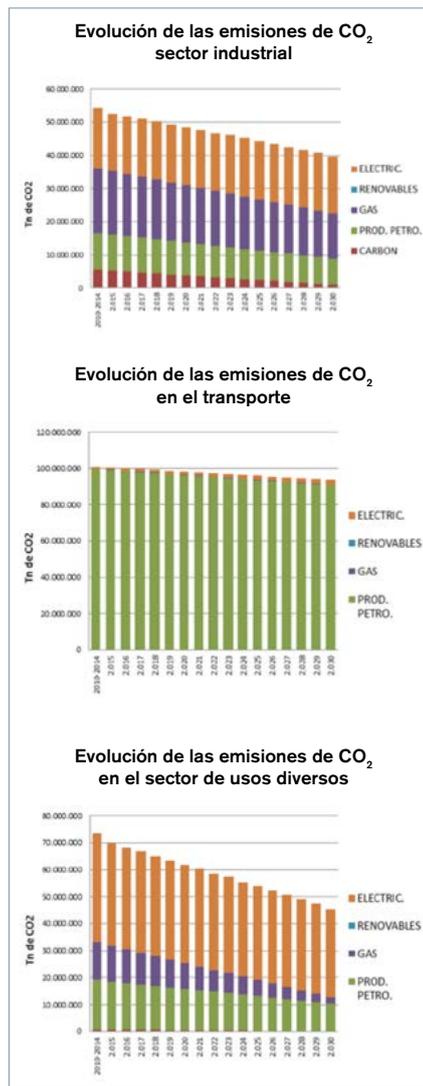


Figura 13. Simulación de las emisiones de CO₂ por sectores (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

portaciones de carbón (tn), petróleo (barriles Brent) y gas (bcm).

Tal como se puede ver en la figura 19, comprobamos que se ahorraría la importación de casi 52.000 tn de carbón, 530 millones de barriles de petróleo y 37.860 bcm (billones de metros cúbicos) de gas entre los años 2015 y 2030, y que para el año 2030 se evitarían unas importaciones anuales de 6.000 Tn de carbón, 60,35 millones de barriles de petróleo, y 4.454 bcm de gas.

Conclusiones

Este estudio presenta la novedad de haber realizado no solo una simulación de los factores del sistema eléctrico (calidad y seguridad de suministro, limpio y bajo en emisiones, precio y autoabastecimiento) con una serie de propuestas introducidas paulatinamente hasta el año 2030, sino que, además, incluyen

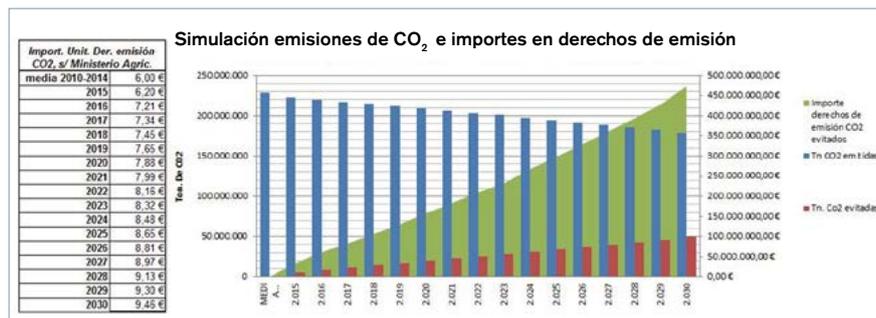


Figura 14. Simulación de las emisiones globales y valoración de derechos de emisión CO₂ (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

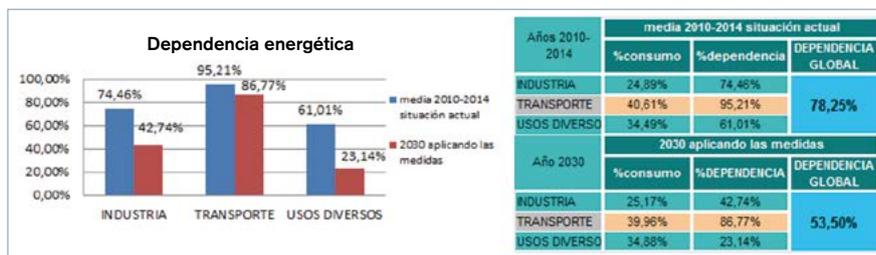


Figura 15. Comparativa de la dependencia energética por sectores y global de la media entre los años 2010-2014 y hasta 2030. Fuente: Elaboración propia.

las necesarias modificaciones de los hábitos de consumo energético y los muchos efectos positivos que los mismos tendrán no solo en nuestra economía global, sino también en el desarrollo sostenible que perseguimos.

Conforme a este estudio, hemos podido comprobar que sustituyendo el consumo de energía final procedente de los combustibles fósiles por electricidad y por fuentes renovables, no solo mejoraremos las emisiones de CO₂ y el autoabastecimiento, sino que se optimizará el sistema eléctrico con el aumento de consumo y, por tanto, repartiremos los costes fijos entre más kWh. En consecuencia, conseguiremos abaratar el precio de la energía. Y además, como para conseguir esa mayor producción eléctrica se ampliará la potencia instalada en energías renovables (eólica y solar) tendremos un sistema eléctrico más autoabastecido y que mantendrá la calidad y garantía de suministro, por cuanto se seguirán manteniendo las centrales de gas, carbón y nucleares, que proporcionarán esa energía de respaldo que necesitamos.

Por tanto, queda demostrado que con una correcta planificación y una implantación paulatina de las diferentes medidas propuestas, podemos llegar a tener un sistema eléctrico equilibrado para el año 2030, lo que

a su vez tendrá unas consecuencias extraordinariamente positivas para el sistema energético global, ya que disminuirá nuestra dependencia energética del exterior en un 25% y se situará en el 53,50%, que coincide con la media de los países europeos. Y además disminuirán muchísimo las emisiones globales de CO₂ y, por supuesto, algo que tendrá muchísimo impacto para nuestra economía como son las importaciones de energía.

Bibliografía

Banco Mundial. Datos e indicadores de importaciones de energía. <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.IMP.CON.SZS>

Cámara, A., Santero, R., Martínez, M. I., & Jiménez, J. (2016). Impacto del desarrollo de tecnologías de captura, transporte y almacenamiento de CO₂ en el sector eléctrico. *Revista de Economía Aplicada*, 24(72).

Campi, M. T. C. (2016). Evolución del sector eléctrico español (1975-2015). *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, (889), 139-156.

Carralero, D., González, A. y Velasco, J. L. Hacia un sistema eléctrico 100% renovable. http://www.observatoriocriticodeenergia.org/files_download/Hacia_un_sistema_electrico_100R.pdf

CNMC. Liquidaciones del sector eléctrico. <https://www.cnmc.es/ambitos-de-actuacion/energia/liquidaciones-y-regimen-economico>

Escribano, G. (2006). Seguridad Energética: concepto, escenarios e implicaciones para España y la UE. *Boletín Elcano*, (87), 21.

Eurostat. Datos energéticos. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>

Fabra Utray, Jorge (2016). La deuda silenciada de las empresas eléctricas con los consumidores. *Economistas frente a la crisis*. <http://>

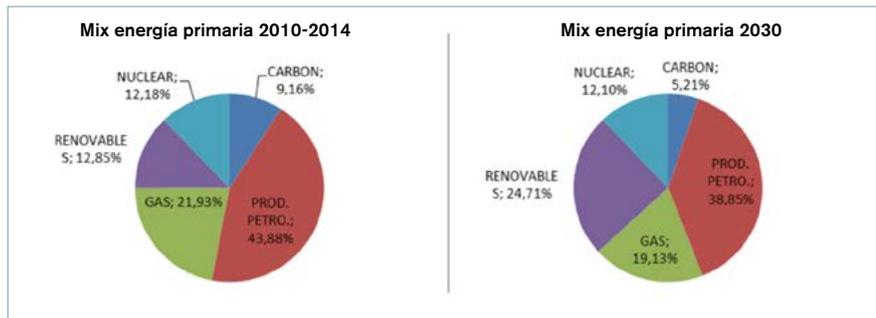


Figura 16. Comparativa del mix energético primario en los años 2010-2014 y el año 2030. Fuente: Elaboración propia.

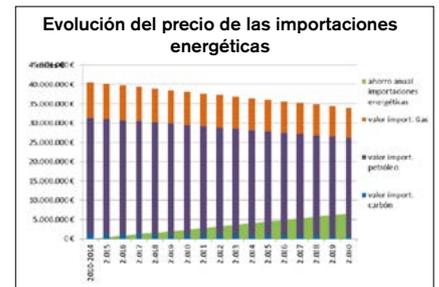


Figura 18. Simulación evolución del valor de las importaciones globales energéticas (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

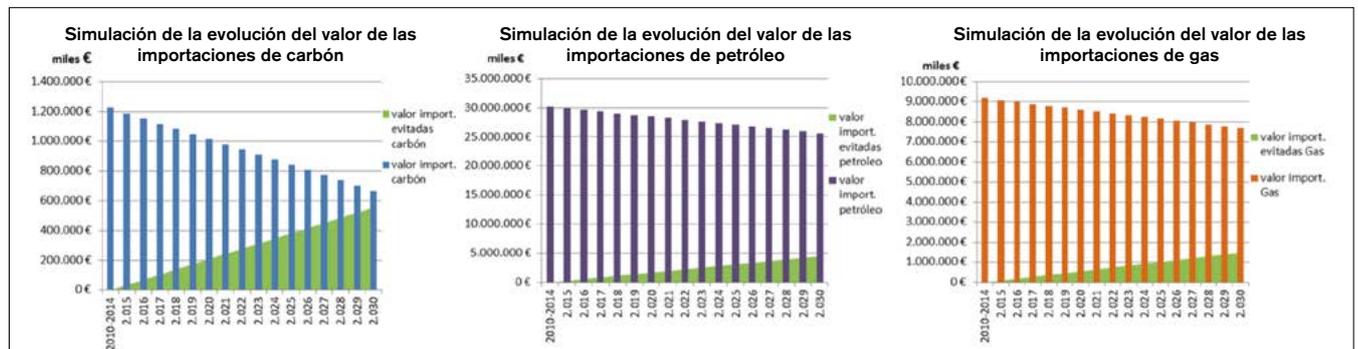


Figura 17. Simulación de la valoración de las importaciones de las diferentes fuentes energéticas (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

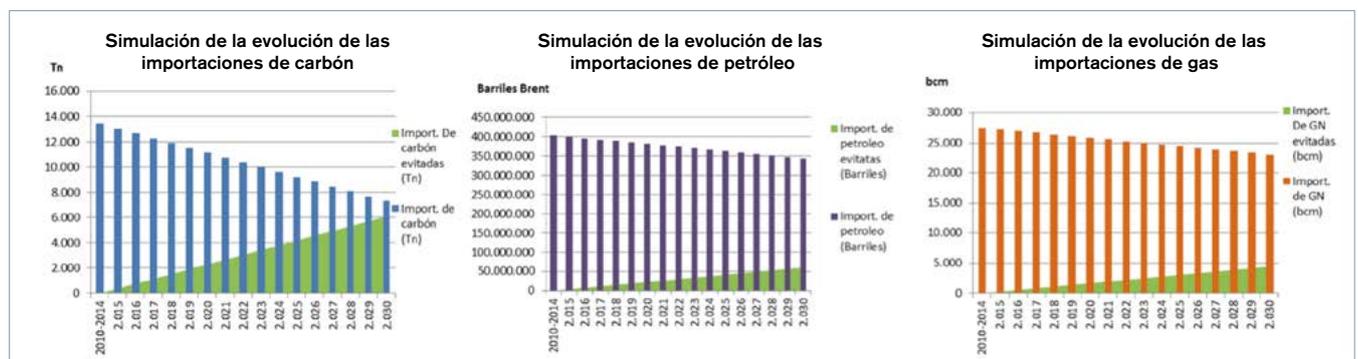


Figura 19. Simulación de la evolución de las importaciones de las diferentes fuentes energéticas (2015-2030). Fuente: Elaboración propia.

economistasfrentealacrisis.com/la-deuda-silenciada-de-las-empresas-electricas-con-los-consumidores/
 Galbete, Santiago. Tesis doctoral: <http://www.alinne.es/documents/17669/20114/Viabilidad+suministro+el%20C3%A9ctrico+100%25.pdf/d58ddd8f-5dd3-4d4f-a0d7-fafd5625e542>
 Galdón, J. A., Soucause, B. M., & Prades, I. G. (2017). Análisis del Sistema Eléctrico Español. *Técnica industrial*, (316).
 Galdón, J. A., Soucause, B. M., & Prades, I. G. (2016). La dependencia energética en España por sectores y su impacto económico. *Técnica industrial*, (314), 46-55.
 García-Álvarez, M. T., & Moreno, B. (2016). La liberalización en la industria eléctrica española. El reto de lograr precios competitivos para los hogares. *Gestión y política pública*, 25(2), 551-589.
 Greenpeace. Informe 100% renovables. <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en-Frenar-el-cambio-climatico/Revolucion-Energetica/Renovables-100/>

Greenpeace. Renovables 2050. <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/renovables-2050.pdf>
 Greenpeace. Revolución energética 2015. <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en-Frenar-el-cambio-climatico/Revolucion-Energetica/Informes-Revolucion-Renovable/>
 Guaita-Pradas I, Bartual-San Feliu I, Mari Soucase B. (2015). "Profitability and sustainability of photovoltaic energy plants in Spain" *Int. J. Sustainable Economy*, Vol.7-3 p.169-185. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1504/IJSE.2015.071141>)
 IDAE. Estudios, Informes y Estadísticas. <http://www.idae.es/index.php/idpag.802/releategoria.1368/relemenu.363/mod.pags/mem.detalle>
 Irazo-Martin JE, Colinas-González M. "La energía en España: un reto estratégico". *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, 2008, N°842 p.141-156.
 Marín, J. M., & Escribano, G. (2010). El Plan Solar Mediterráneo y la integración energética Euro-mediterránea. *Revista de Economía Industrial*, (377).

Mineco. Estadísticas de comercio exterior. http://datacomex.comercio.es/principal_comex_es.aspx
 Minetad. Plan de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica 2015-2020. <http://www.minetad.gob.es/energia/planificacion/Planificacionelectricidadygas/desarrollo2015-2020/Paginas/desarrollo.aspx>
 Minetur. Libros de la Energía de los años 2001 a 2014. <http://www.minetur.gob.es/energia/balances/Balances/Paginas/Balances.aspx>
 Red Eléctrica. Estadísticas del sistema eléctrico. <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/indicadores-nacionales/series-estadisticas#>
 Silva, F. B., Cruz, S. B., & Díaz, A. L. (2013). La reforma eléctrica pendiente: propuesta para una solución de compromiso entre electricidad verde y amortización del déficit tarifario/the electricity reform pending: proposal for a compromise solution between green electricity and the amortization of deficit of tariff. *Boletín de estudios económicos*, 68(209), 317.