

MEMORIA DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Economía de las energías renovables: Nuevas oportunidades energéticas
Economics of renewable energies: New energetic opportunities.

Autor/a: D/D^a Carlos Trujillo Yumar.

Tutor/a: D/D^a Ginés Guirao Pérez.

Grado en ECONOMÍA
FACULTAD DE ECONOMÍA, EMPRESA Y TURISMO
Curso Académico 2017 / 2018

06 DE SEPTIEMBRE DE 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

- 1. INTRODUCCIÓN.**
- 2. CONSUMO DE ENERGÍA EN ESPAÑA. MERCADO DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA.**
 - 2.1 SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL.**
 - 2.2 DEPENDENCIA ENERGÉTICA Y COMERCIO DE LA ELECTRICIDAD.**
 - 2.3 POTENCIA Y GENERACIÓN ELÉCTRICA.**
- 3. ENERGÍAS RENOVABLES.**
 - 3.1.1 SOLAR.**
 - 3.1.2 HIDRÁULICA.**
 - 3.1.3 EÓLICA**
 - 3.1.4 GEOTÉRMICA.**
- 4. PRECIOS DE LA ELECTRICIDAD Y SU INFLUENCIA EN LA COMPETITIVIDAD.**
- 5. PROBLEMAS.**
- 6. OPORTUNIDADES**
 - 6.1 AUMENTO DE LOS COSTES EN LOS COMBUSTIBLES FÓSILES.**
 - 6.2 CAÍDA PROGRESIVA EN LOS COSTES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.**
 - 6.3 IMPUESTO PIGOUVIANO COMO HERRAMIENTA.**
- 7. TRANSICIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES.**
 - 7.1 CASO ISLA EL HIERRO.**
- 8. CONCLUSIONES.**
- 9. BIBLIOGRAFÍA.**

ÍNDICE DE GRÁFICOS, TABLAS E ILUSTRACIONES:

- **GRÁFICOS:**

GRÁFICO 1. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN PÚBLICA EN I+D+I EN TECNOLOGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA.

GRÁFICO 2. EVOLUCIÓN DEL PETRÓLEO TIPO BRENT.

GRÁFICO 3. POTENCIA INSTALADA EN ESPAÑA POR FUENTES, EN 2016 (EN PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL)

GRÁFICO 4. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL SISTEMA PENINSULAR, 2007-2016 (GWh)

GRÁFICO 6. CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN ESPAÑA, 1997-2016.

GRÁFICO 5. EVOLUCIÓN MENSUAL DE LA GENERACIÓN EÓLICA EN ESPAÑA 2014-2017.

GRAFICO 7. PRECIOS DE LA ELECTRICIDAD PARA CONSUMIDORES INDUSTRIALES, 2007-2016 (PRECIO ANTES DE IMPUESTOS E IMPUESTOS Y TASAS SOBRE EL CONSUMO).

- **TABLAS:**

TABLA 1. SALDO COMERCIAL DE ESPAÑA EN PRODUCTOS ENERGÉTICOS DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DE 2018.

TABLA 2. SALDO COMERCIAL ELECTRICO SEPARADO POR PAÍSES. 2016.

TABLA 3. DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA RENOVABLE GLOBAL.

- **ILUSTRACIONES:**

ILUSTRACIÓN 1. IRRADIACION GLOBAL ANUAL EN ESPAÑA Y UNIÓN EUROPEA.

ILUSTRACIÓN 2. RECURSO APROVECHABLE EN MINICENTRALES HIDRÁULICAS EN ESPAÑA.

RESUMEN:

La electricidad es un bien necesario para el correcto funcionamiento de cualquier economía, sin embargo, existen diferentes formas de obtenerla. Ante la escasez de combustibles fósiles en España, debemos acudir a la importación de dichos productos. Por lo tanto, las energías renovables son una oportunidad para la economía española.

El incremento del precio del petróleo los últimos años, los programas internacionales y la necesidad de reducir el consumo de combustibles fósiles por el bien del planeta, han ayudado a la creación de nuevas plantas de energías renovables. El clima, la posición estratégica del país y la orografía hacen de España un gran candidato para abastecerse sólo de energía limpia.

Nuestro país cuenta con grandes empresas con proyectos internacionales en materia de energías renovables, aunque hay que destacar el proyecto nacional de El Hierro, ya que la isla se alimenta 100% de energía renovable, abandonando los combustibles fósiles.

Palabras clave: Energías renovables, combustibles fósiles, mercado internacional, consumo y dependencia energética.

ABSTRACT:

Electricity is a necessary good for the proper functioning of any economy, however, there are different ways to obtain it. Given the shortage of fossil fuels in Spain, this country must import these products. Therefore, renewable energies are an opportunity for the Spanish economy.

The increase in the price of oil in recent years, international projects and the need to reduce the consumption of fossil fuels for wellness of the planet, have helped the creation of new renewable energy plants. The climate, the strategic position of the country and the orography make Spain a great candidate to supply only by clean energy.

Our country has large companies with international projects in the field of renewable energy, although we must highlight the national project of El Hierro, this island fed 100% renewable energy, leaving fossil fuels.

Keywords: Renewable energies, fossil fuels, international market, consumption and energy dependence.

1. INTRODUCCIÓN.

El sector eléctrico juega un papel importante en la sociedad, tanto para las familias como para las industrias. Las actividades económicas actuales dependen en gran medida del consumo de los combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural. Estos combustibles son no-renovables.

En las décadas pasadas, la electricidad se obtenía a través del consumo de éstos, afectando gravemente al medioambiente y a la economía española. No obstante, actualmente es un hecho que todos los países europeos van orientadas a transformar sus economías en economías bajas en carbono, por lo tanto, las grandes economías mundiales apuestan por las energías renovables para paliar los efectos negativos de los métodos tradicionales. España al igual que el resto debe incrementar el uso de energías renovables, y esto provocará grandes efectos positivos en la sociedad. Gracias a esto, podrá generar por ella misma gran parte de la electricidad que consume, aumentando así la autosuficiencia energética, reduciendo la necesidad de importar combustibles fósiles. Por ello, las energías renovables jugarán un papel importante en el futuro, ya que cambiarán la estructura de generación de electricidad nacional, disminuyendo también el nivel de dióxido de carbono que se expulsa a la atmosfera.

Existen muchas fuentes de energías renovables, y algunas de ellas han sido utilizadas durante siglos. En casi todas las zonas del mundo es posible obtener electricidad a partir del uso de una o varias fuentes de energías renovables, y España cuenta con un potencial enorme debido a su posición geográfica, orografía y climatología. Dentro de España, hay que destacar que Canarias tiene un potencial aun mayor, llegando incluso a poseer una isla que se sustenta la mayoría del tiempo sólo de energías renovables.

La velocidad de transición desde un sistema eléctrico basado en gran medida en el consumo de combustibles fósiles a uno en el que predominen las energías renovables viene condicionada a las políticas que lleve a cabo el gobierno español. En la actualidad, Europa presiona a los países de la unión para que aumenten el porcentaje de electricidad generada por las energías renovables. No obstante, es cierto que esta remodelación del tejido del sector eléctrico debe hacerse con calma, ya que incrementar la inversión de las energías renovables puede traer consigo un aumento de los precios de la electricidad, algo

que afectaría a la competitividad de las industrias españolas. Las políticas del gobierno no solo deben ir orientadas a favorecer la generación de electricidad mediante las energías renovables, sino también, a hacer un mejor uso de la electricidad consumida, aumentando para ello la eficiencia energética. Por lo tanto, la economía española tiene dos grandes frentes abiertos: incrementar el uso de energías renovables, reduciendo así el consumo de los combustibles fósiles, y mejorar el grado de eficiencia energética.

Para lograr el primer “problema”, se propone crear un impuesto pigouviano, que grave el consumo de los combustibles fósiles dedicados a la generación de electricidad, ya que estos generan una externalidad negativa en la sociedad, que es notable a nivel mundial con el cambio climático. Este incremento acercaría las curvas de costes de ambas opciones. Es cierto, que habría diferencias impositivas entre los tipos de combustibles fósiles que existen, ya que dependiendo de la cantidad de CO_2 que envían a la atmosfera se gravaría más o menos. Al incrementarse el precio de la electricidad, los consumidores harán un mejor uso de ella para no sufrir un gran aumento en el gasto de este bien, ya que muchos consumidores no suelen hacer un buen uso .

Por lo tanto, la transición hacia las energías renovables es inevitable, debido a los grandes beneficios que producen a la sociedad, generando múltiples externalidades positivas. No obstante, a través de buenas políticas se puede agilizar este hecho, reduciendo así los efectos que estas actividades económicas provocan en el cambio climático.

2. CONSUMO DE ENERGÍA EN ESPAÑA. MERCADO DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA.

2.1 SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL.

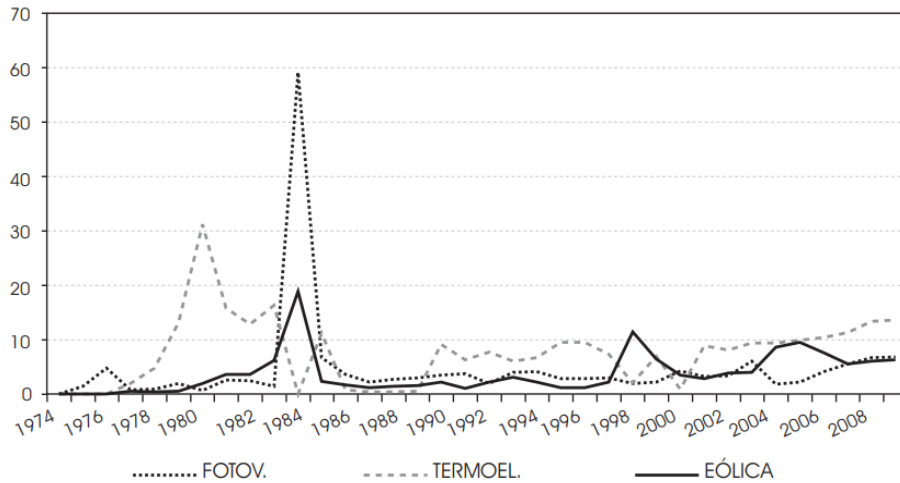
El sector eléctrico español afronta un proceso de transición energética, que consiste en modernizar la economía e impulsar las inversiones en las energías limpias. Este hecho es algo que la unión europea ha querido que sea en común en toda la unión, con el acuerdo Europa 2020, que fomenta a que las economías europeas cumplan ciertos requisitos en materia energética, entre otros. Los países han asumido objetivos nacionales vinculantes para incrementar hasta 2020 el porcentaje de energías renovables que consumen. Esos objetivos varían según las situaciones de partida en la producción de electricidad a través de las energías renovables de cada país. Con estas medidas

establecidas por la Unión Europea se podrán conseguir objetivos claves, como el abastecimiento del 20% por energías renovables en 2020 y una cuota del 10% de estas energías en el sector de transporte.

En la emisión de CO_2 el sector eléctrico es clave, ya que genera una importante parte de las emisiones, que podrían verse reducidas a través de la innovación tecnológica y las energías renovables. Por lo tanto, en materia de lucha contra el cambio climático este sector es una herramienta bastante eficaz.

En España, las fuentes de generación han ido diversificándose con el paso de los años, ya que, a finales del siglo pasado predominaban los combustibles fósiles. Durante la crisis del petróleo de 1973, se produjo una escalada de los precios del petróleo y se creó un periodo de inestabilidad y subida de precios de la electricidad. Una parte sustancial del parque térmico puesto en servicio en los años anteriores utilizaba derivados del petróleo como combustible, debido a la estabilidad de precios hasta entonces y su facilidad de utilización hasta antes de la crisis. El incremento de los precios de las materias primas del momento incentivó a los países a buscar nuevas formas de generación de electricidad para reducir su dependencia con el exterior. Por lo tanto, es en los años 80 cuando se aumentó el grado de diversificación y la capacidad instalada, con el fin de mejorar la seguridad de suministros, ya que antes dependía más del sector exterior (petróleo), obligando al sistema eléctrico español a verse gravemente afectado por los precios extranjeros, no pudiendo garantizar el suministro con una sostenibilidad económica y medioambiental. En la primera mitad de la década de los años 80 entraron en servicio las centrales de carbón nacional. Simultáneamente, entre 1980 y 1986 entraron en servicio cinco grupos nucleares. También se empezó a apostar por la cogeneración y las energías renovables. Todas estas medidas iban orientadas a reducir el grado de dependencia, creando electricidad nacional a través del carbón propio, centrales nucleares y renovables propias.

GRÁFICO 1. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN PÚBLICA EN I+D+I EN TECNOLOGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA.



Fuente: Políticas Públicas, creación de industria e innovación en energías renovables. Instituto de Bienes y Políticas Públicas (IBPP). AIE (2011)

En la gráfica anterior, podemos observar cómo se ha incrementado la inversión pública en i + D + i en energías renovables, de forma bastante pronunciada en los años 80, debido a lo anteriormente dicho, y en la actualidad debido a las exigencias europeas en asuntos medioambientales y para aumentar el grado de independencia energética. Esto supone que la energía renovable instalada sea bastante antigua, ya que el gran crecimiento lo tuvo en una etapa en la que las energías renovables no estaban en una situación avanzada. Por lo tanto, se debe ir incrementando el parque energético español, debido a que las nuevas incorporaciones en el aparataje renovable son más competitivas.

2.2 DEPENDENCIA ENERGÉTICA.

Las transacciones en el mercado internacional han crecido gracias a la trayectoria que toma la economía global con una expansión robusta y general que facilita el crecimiento de la mayoría de las economías mundiales. Según el FMI, el PIB mundial creció un 3.8% el año pasado y se prevé que se incremente aún más este año. Esto ha sido gracias al impulso cíclico que sufren algunas economías y a los efectos de la reforma fiscal en EE. UU. Existe un hecho casi generalizado de que existen unas condiciones favorables financieras estables, en las cuales el dinero comienza a fluir, fortaleciendo los mercados de vivienda y trabajo.

Analizando las relaciones de España con el sector exterior, la balanza de pagos que se compone de la cuenta corriente y la cuenta de capital, ha obtenido resultados negativos. Durante el periodo 1985-2010, España ha necesitado financiación en la mayoría de los años, es decir, el resultado de la balanza de pagos fue negativo. Esta situación, viene derivada de la necesidad de importar numerosos bienes, debido a la incapacidad de generarlos o de generarlos lo hace a un mayor coste. El saldo comercial no energético, es decir, todas aquellas transacciones que España tiene con el resto del mundo sin contar los productos energéticos fueron positivo en el año 2012. Sin embargo, si los productos energéticos los contamos dentro del saldo, es decir, el saldo comercial sería negativo. Por lo tanto, la necesidad de importar bienes tales como petróleo, gas etc.... hacen que la economía española se resienta, obteniendo resultados negativos.

En la siguiente tabla, extraída del informe de comercio exterior durante la primera etapa de 2018, se puede observar como existe una gran diferencia entre lo que exportamos y lo que importamos en productos energéticos. En las exportaciones, no hay cambios significantes, se ha incrementado la cantidad de petróleo y derivados, sin embargo, vemos como crecen las importaciones de manera sustancial superando con creces el incremento de las exportaciones, lo que se traduce en un empeoramiento del saldo de la balanza comercial.

TABLA 1. SALDO COMERCIAL DE ESPAÑA EN PRODUCTOS ENERGÉTICOS DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DE 2018.

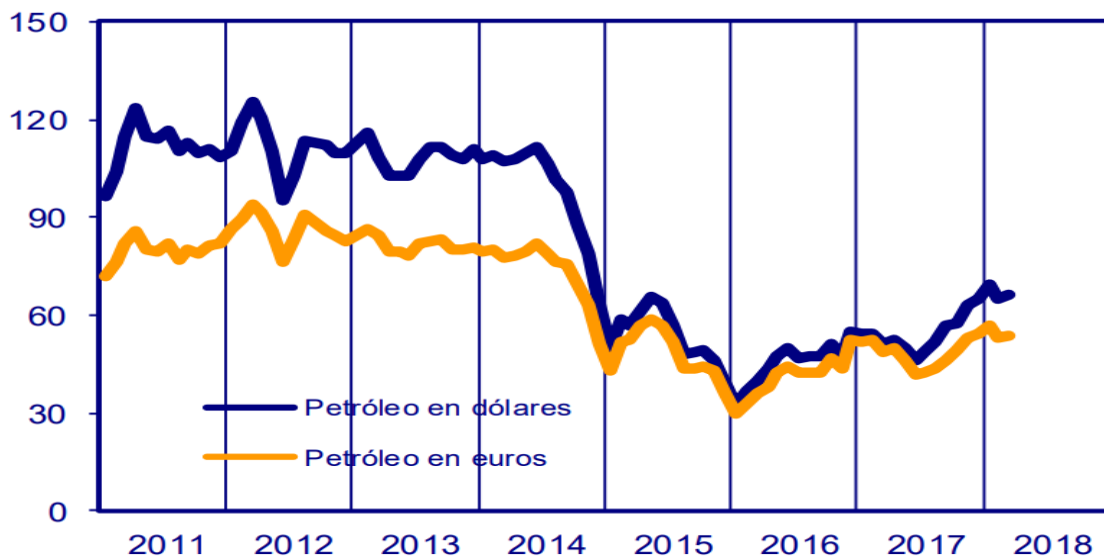
2018	EXPORTACIONES (Millones €)	%total	Tva(%)	IMPORTACIONES (Millones €)	%total	Tva(%)	SALDO (Millones €)	Tva(%)
<i>Productos energéticos</i>	10.261,5	7,1	10,8	22.498,4	14,1	9,1	-12.236,9	-7,8
<i>Petróleo y derivados</i>	9.674,6	6,7	14,0	17.696,7	11,1	15,5	-8.022,2	-17,3
<i>Gas</i>	261,1	0,2	13,3	3.495,8	2,2	-4,6	-3.234,7	5,8
<i>Carbón y electricidad</i>	325,8	0,2	-40,2	1.305,8	0,8	-19,6	-980,0	9,2
<i>Carbón</i>	44,8	0,0	15,0	669,3	0,4	-28,7	-624,6	30,6
<i>Corriente eléctrica</i>	281,1	0,2	-44,4	636,5	0,4	-7,2	-355,4	-97,3

Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Análisis de coyuntura, desglosado por sectores económicos.

Este hecho no es nuevo, ya que en la anterior etapa de expansión a medida que creció el PIB español, lo hizo el déficit de la balanza comercial, y en parte es debido a que en etapas de crecimiento tienden a aumentar las importaciones de productos energéticos, tanto para el consumo como para la obtención de energía.

Un aumento de la actividad industrial conlleva a un aumento de la cantidad de electricidad demanda. La factura importadora puede incrementarse debido a dos motivos, un incremento en las cantidades importadas o un aumento en el precio del petróleo. Éste último, ha sufrido un importante aumento en los últimos años. Tras sufrir una gran caída durante la etapa de crisis, el impulso del crecimiento de la economía global se traslada en un aumento en el precio del petróleo. En la gráfica a continuación, vemos como desde 2015 toma una trayectoria alcista, que en parte se ha visto reducida gracias a los tipos de cambios, ya que Europa ha logrado esquivar dicho aumento con el fortalecimiento del euro. Si la economía sigue la misma trayectoria, el saldo comercial español se verá resentido, debido al aumento de la cantidad de combustibles fósiles importados y por el incremento en los precios del petróleo. Por lo tanto, para reducir el déficit comercial, España debería reducir la dependencia del petróleo, aunque este bien sea necesario para el funcionamiento actual de la economía, y junto con ello, diversificar las fuentes de energía para así intentar suplir el uso de los combustibles fósiles con las energías renovables.

GRÁFICO 2. EVOLUCIÓN DEL PETRÓLEO TIPO BRENT.



Fuente: Informe trimestral de comercio primer trimestre 2018. Financial Times y Banco Central Europeo.

COMERCIO DE ELECTRICIDAD.

Como en todos los mercados, el de la electricidad puede operar en el mercado internacional exportando o importando este producto. Gracias a la unión europea y su mercado único, se han creado las interconexiones necesarias para permitir el intercambio de energía entre países vecinos, con el fin de eliminar los sistemas aislados y contribuir a la seguridad del suministro en el conjunto de la Unión Europea. Este hecho garantiza la seguridad y continuidad del suministro eléctrico, ya que si no es suficiente la generación nacional pueden importar la energía que necesite la economía para su correcto funcionamiento. Buscan alcanzar el objetivo del 15% en la capacidad de intercambio en 2030, sin embargo, España se sitúa en un 5% debido en parte a su posición geográfica, que hace más difícil las posibilidades de interconexión con el resto de los países europeos. El hecho de estar expuesto a un mercado internacional tiene también inconvenientes, ya que debe de luchar para ser competitivo, debido a que debe de competir con los productos extranjeros. Por ello, el mercado eléctrico español ha tenido que mejorar su eficiencia, ya que la exposición al mercado europeo de la industria eléctrica es un estímulo para que los agentes nacionales aumenten su competitividad, reduciendo así el precio de la electricidad.

Desde 2003, España era un exportador neto de electricidad a sus vecinos. No obstante, esta situación cambia, llegando en 2016 al peor saldo histórico, con un saldo neto negativo de 8020 MW. El mayor nivel de transacciones se produce con Francia, tanto con importaciones como exportaciones. Hay que destacar que esta cifra incluye los intercambios con otros países europeos ya que Francia se convierte en el nexo con el resto de los países. En la siguiente tabla se exponen las cantidades intercambiadas con los países vecinos.

TABLA 2. SALDO COMERCIAL ELECTRICO SEPARADO POR PAÍSES. 2016

	Importación (MW)	Exportación (MW)	Saldo (MW)
<i>Francia</i>	13266	5.239	8027
<i>Portugal</i>	7019	1795	5224
<i>Andorra</i>	0	278	-278
<i>Marruecos</i>	0	4952	-4952
<i>Total</i>	20285	12265	8020

Fuente: Red Eléctrica de España

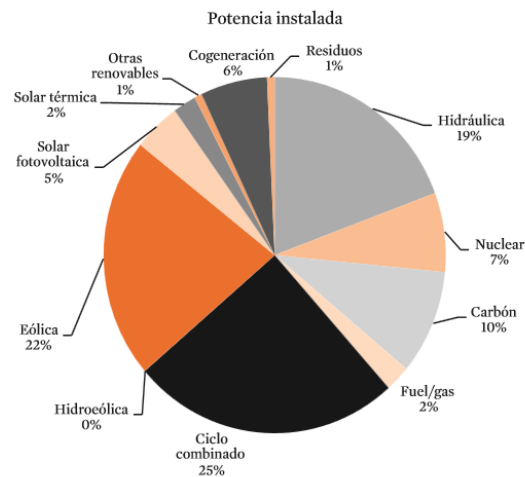
Estos saldos contrastan mucho con los que se obtenían años anteriores, por lo que, cada vez la competitividad española en el mercado energético internacional empeora, ya que optamos más por importar electricidad. Por lo tanto, dependemos en gran parte del sector exterior tanto para generar la electricidad como para garantizar el suministro.

2.3 POTENCIA Y GENERACIÓN ELÉCTRICA.

Entre el año 2000 y 2016 se ha duplicado la potencia instalada en el sistema eléctrico, llegando a 100.059 MW. Hay que destacar, que gran parte de este incremento se debe exclusivamente a la energía eólica, en detrimento de la energía solar. Esta potencia se refiere a la nominal, pero la contribución a la seguridad de suministro se mide a través de la potencia firme, donde encontramos diferencias notables, por lo tanto, debe haber un mix de generación óptimo, puesto que hay que tener en cuenta la necesidad de contar con energías de respaldo para dar la seguridad y garantiza suministro. Este caso lo encontramos en El Hierro, donde se abastecen con energías renovables, sin embargo, en momentos en la que la generación renovable no es suficiente para suplir la demanda (o momentos en las que no se puede generar electricidad a través de este tipo de energía) cuentan con un generador de electricidad que funciona con combustibles fósiles.

En el año 2016, el 25% de la potencia instalada se corresponde a ciclos combinados, el 22% a energía eólica, 19% hidráulica y el 10% carbón. La energía nuclear representa el 7% del total y otro 7% la solar térmica y fotovoltaica.

GRÁFICO 3. POTENCIA INSTALADA EN ESPAÑA POR FUENTES, EN 2016 (EN PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL)

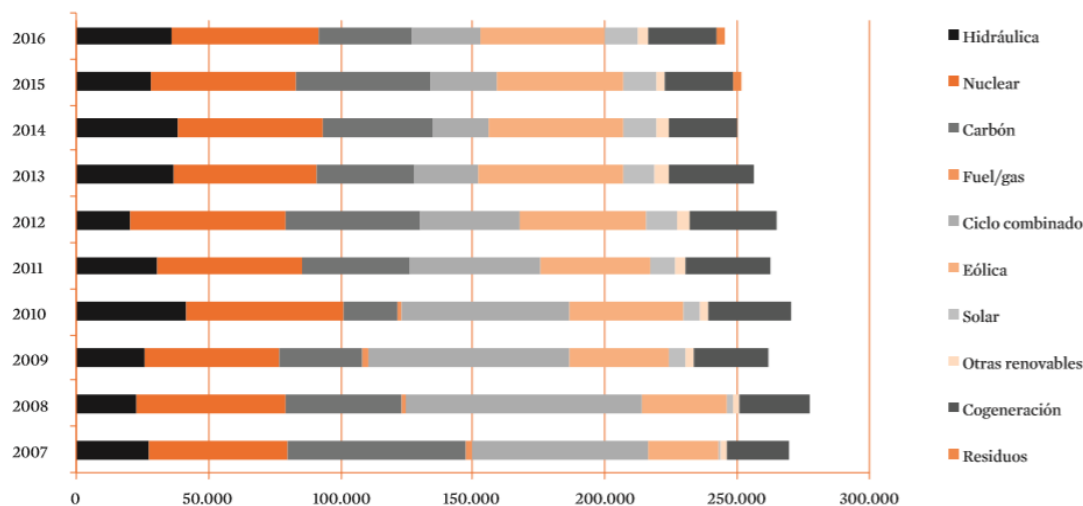


Fuente: Informe el sector eléctrico en España 2017.

La generación de energía eléctrica en España total en 2016 fue de 248.383 GWh en el territorio peninsular, aunque la forma de obtenerla ha cambiado, ya que ha aumentado el porcentaje de electricidad generada por las energías renovables. Es un hecho real que predominan los combustibles fósiles, sin embargo, cada vez se opta más por aumentar la potencia instalada de energías renovables, ya que se han creado varios parques renovables en distintas zonas del país y se pretende que la tendencia siga igual.

Como se observa en la siguiente gráfica, ha aumentado la generación de las energías renovables en el sistema de electricidad española, siendo la eólica e hidráulica las que más GWh producen dentro de las renovables. También podemos ver como se ha reducido la cantidad de electricidad generada tanto en carbón, fuel/gas, ciclo combinado o cogeneración, reduciendo así la cantidad de electricidad proveniente de combustibles fósiles y reduciendo la cantidad de CO₂ expulsado a la atmósfera en la producción de electricidad.

GRAFICO 4. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL SISTEMA PENINSULAR, 2007-2016 (GWh)

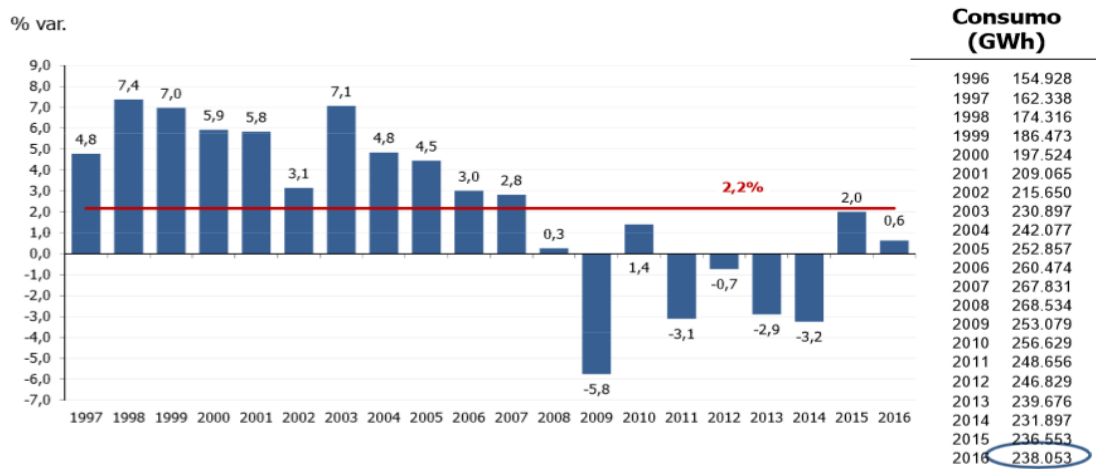


Fuente: Informe el sector eléctrico en España 2017.

La energía nuclear fue la principal fuente en el año 2016 y durante el periodo que muestra la gráfica ha tenido gran importancia. La grafica también refleja una reducción en la cantidad total de electricidad generada, debido al cierre de centrales térmicas de carbón que finalizaron su vida útil, que coincide con un aumento en la importación de electricidad. Además, esta reducción viene explicada por la situación de las familias en esta etapa, ya que, con la crisis, muchas familias se ven obligadas a reducir el consumo eléctrico, llegando incluso a estar en situación de impagados. Para solventar este problema, el estado español ha aprobado un plan de medidas necesarias para que este bien de primera necesidad sea accesible para toda la población.

El siguiente gráfico refleja la evolución de la electricidad en España, desde 1997 hasta 2016 y muestra la tendencia creciente que tenía el consumo en la etapa de expansión, llegando a incrementarse la cantidad demandada en un 57% entre la cantidad demandada en 1996 y en 2006. Sin embargo, con la llegada de la crisis se redujo el consumo de forma sustancial, ante la caída de la actividad económica del país. De media en el periodo que expone la gráfica, el consumo creció un 2.2%

GRÁFICO 5. CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN ESPAÑA, 1997-2016.



Fuente: UNESA, balance energético 2016 y perspectivas 2017.

Como se puede deducir, existe una gran potencia instalada en energías no renovables, por ejemplo, ciclo combinado, sin embargo, su contribución a la generación de electricidad es menor que otras alternativas. Las energías renovables generan electricidad sin coste alguno, es decir, si sopla el viento se genera electricidad, sin la necesidad de consumir ningún bien intermedio, por lo que cada vez son más competitivas. No obstante, para la generación de electricidad por combustibles fósiles, es necesario consumirlos, por lo que el precio del petróleo puede condicionar enormemente a la competitividad. Por lo tanto, las inversiones deben ir orientadas a las energías que con menor porcentaje de potencia instalada genera un mayor porcentaje de electricidad, sin coste para las empresas, es decir, las energías renovables.

3. ENERGÍAS RENOVABLES.

3.1 SOLAR.

La energía solar es aquella obtenida a través de los rayos que llegan a la tierra desde el sol. Este tipo de energía puede ser utilizada de tres formas para generar electricidad/calor:

- Energía solar térmica de baja temperatura.

Este tipo de energía es muy utilizada y su funcionamiento es sencillo, el Sol incide sobre una superficie, normalmente negra para lograr una mayor absorción, la cual calienta el aire o agua. Muchos hogares en España utilizan este tipo de energía para calentar el agua

de las viviendas, por lo que es bastante competitivo económicamente en comparación con otros combustibles.

Sin embargo, cuenta con un problema, y es que tanto la oferta como la demanda son opuestas, es decir, en los momentos en los que la demanda es alta son en los cuales la meteorología es peor, es decir, en invierno cuando es más necesario calentar el agua es cuando la generación de calor es menor. Por lo tanto, muchos hogares suelen necesitar una fuente adicional externa para poder lograr calentar el agua hasta la temperatura necesaria.

- Energía solar o fotovoltaica.

Esta forma de energía solar es utilizada para generar electricidad y se produce cuando los paneles fotovoltaicos son alcanzados por la luz del Sol. Aunque existen numerosas inversiones para abaratar el coste de este tipo de energía renovable, todavía está lejos de ser competitiva debido a sus costes (llegan a ser tres veces mayor que la generada por combustibles fósiles). No obstante, cuenta con una gran ventaja ya que puede producir electricidad de forma sostenible y en cantidades casi infinitas en la mayor parte del planeta.

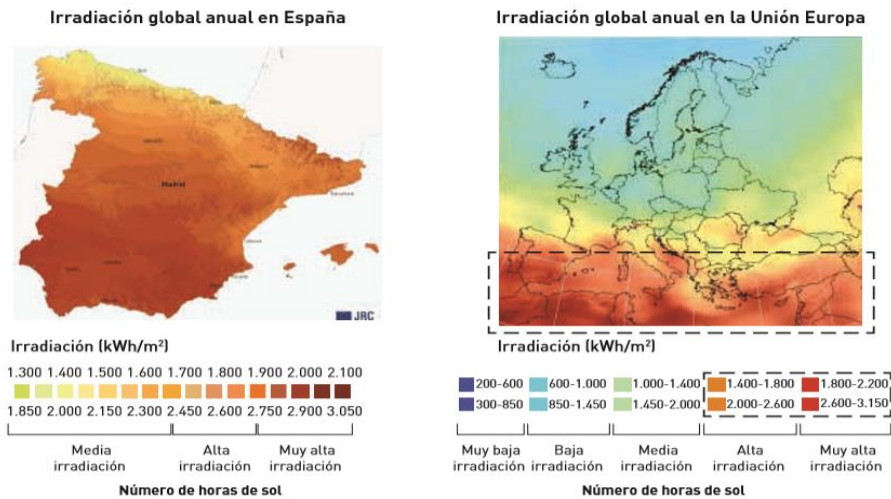
Se han desarrollado diferentes formas para obtener mayor electricidad, ocupando un menor espacio, entre otras, encontramos un techo hecho totalmente de paneles solares o la Smarflower que logra un grado de abastecimiento energético de un hogar dos veces superior al ofrecido por otros sistemas convencionales.

- Energía solar de alta temperatura.

Este tipo de energía es utilizada tanto para generar electricidad como para generar calor para tareas industriales. España ha sido un líder en la energía FV concentrada, con una capacidad instalada de más de 2000 megavatios en 2014. Además, varias empresas españolas cuentan con grandes proyectos internacionales en este tipo de renovable, como puede ser la planta Crescent Dunes en Estados Unidos. Este proyecto fue llevado a cabo por el grupo ACS, siendo uno de los mayores de generación eléctrica termo solar mediante torre central en todo el mundo en el momento de construcción (2015), dando servicios a unos 75000 hogares. No obstante, podemos ver otros grandes proyectos en zonas como Sudáfrica, España o los Emiratos Árabes Unidos. Sin embargo, al no ser una

energía renovable tan extendida, los costes a largo plazo de este tipo de producción de electricidad no son bien conocidos y las estimaciones de costes futuros pueden variar bastante.

ILUSTRACIÓN 1. IRRADIACION GLOBAL ANUAL EN ESPAÑA Y UNIÓN EUROPEA.



Fuente: Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables 2011-2020.

En la generación de electricidad solar térmica de media y baja temperatura, España tiene un gran potencial, debido a que el país recibe una gran cantidad de irradiación, gracias a su posición geográfica. Como podemos ver en las imágenes anteriores, en comparación con los países del resto de Europa, España recibe una cantidad mucho mayor. Sin embargo, no es el país que posee la mayor cuota de mercado, ya que Alemania ocupa ese lugar al poseer más del 30% del mercado europeo en materia de generación de electricidad a través de este tipo de energía, ocupando España el segundo puesto junto a Grecia, Austria, Italia y Francia. Si analizamos la potencia instalada por cada mil habitantes, España queda peor parada, ya que países con menor irradiación como Austria, Grecia, Alemania, China o Australia quedan por encima de ella. España tiene un grado de penetración muy bajo tan solo 26 kW por cada mil habitantes. Por lo tanto, aunque es perfecto para nutrirse de energías renovables como esta, no hay predisposición por el gobierno/empresas de mejorar y ampliar la potencia instalada en el país.

3.2 HIDRÁULICA.

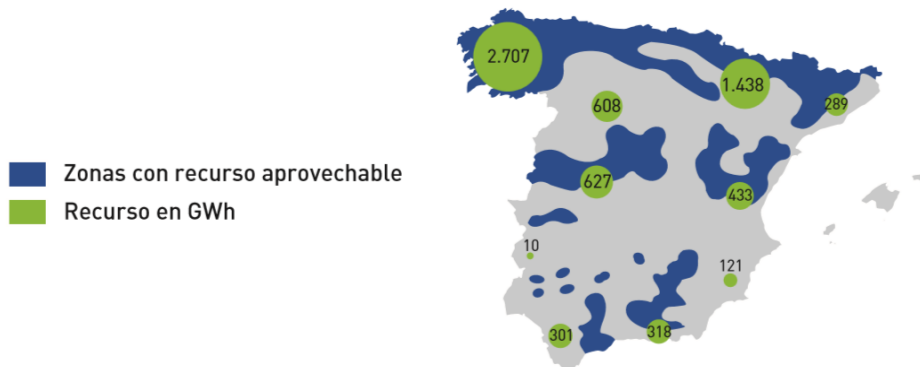
La fuerza del agua es la mayor fuente de electricidad renovable del mundo, ya que en 2008 generó 16% de la electricidad mundial. En zonas favorables, con abundantes lluvias y diferencias de altura en el terreno, la energía hidráulica puede ser muy competitiva, ya que tiene un coste muy bajo, habiendo casos en los que es más eficiente que los sistemas convencionales de generación eléctrica.

La producción de electricidad depende del caudal, del agua disponible, y de la altura, por lo que la conjunción de estas tres variables establece la cantidad de electricidad que se genera. Lo ideal es una gran altura con un gran caudal para así poder generar mayor electricidad. Para lograr producir electricidad hace falta una gran inversión en infraestructuras, debido a los altos costes que suponen la construcción de una presa. No obstante, varios estudios revelan que existe un gran potencial en los embalses existentes, y que no es necesario construir nuevas presas para aumentar sustancialmente la cantidad de electricidad producida.

Este tipo de energía renovable puede tener una externalidad negativa para la sociedad, o más bien, para los ecosistemas, ya que los embalses ocupan valiosas tierras y alteran radicalmente los hábitats, no solo donde se construye la presa sino las áreas por donde pasa el río, ya que el caudal podría cambiar dependiendo de la demanda de electricidad, por lo que la fauna y flora podría verse afectada.

La energía hidráulica está estancada en Europa y España. A diferencia de otro tipo de energía, ésta tiene un potencial de aprovechamiento limitado. En Europa la producción ha pasado de 51,8 TWh en 2000 a 52,6 TWh en 2008 y en España ha pasado de 4,4 TWh en 2000 a 4,6 TWh en 2008.

ILUSTRACIÓN 2. RECURSO APROVECHABLE EN MINICENTRALES HIDRÁULICAS EN ESPAÑA.



Fuente: Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables 2011-2020.

Como podemos observar en la ilustración, España posee un gran potencial, sobre todo en la zona Norte, llegando a poder generar 2.707 Gwh en la zona de Galicia. Tanto la inversión pública como privada, debe centrarse en invertir en las zonas más aprovechables, aunque debe existir una diversidad energética notable, debido a los problemas de intermitencia que tienen la mayoría de las energías renovables.

3.3 EÓLICA

La energía eólica es aquella energía obtenida del viento y es uno de los recursos energéticos más antiguos explotados por el ser humano y en la actualidad, es la energía más madura y eficiente de las energías renovables. El funcionamiento es fácil, consiste en convertir la energía que produce el movimiento de las aspas de un aerogenerador impulsadas por el viento en energía eléctrica.

La energía eólica no contamina, es inagotable y con su utilización como con todas las energías renovables se reduce el uso de combustibles fósiles. Además, es un tipo de energía autóctona, disponible casi en todo el planeta. Este tipo de energía suministra actualmente más de un 3% del consumo mundial de electricidad y debido al aumento de la presencia de este tipo de energía en los países se espera que supere el 5% en 2020.

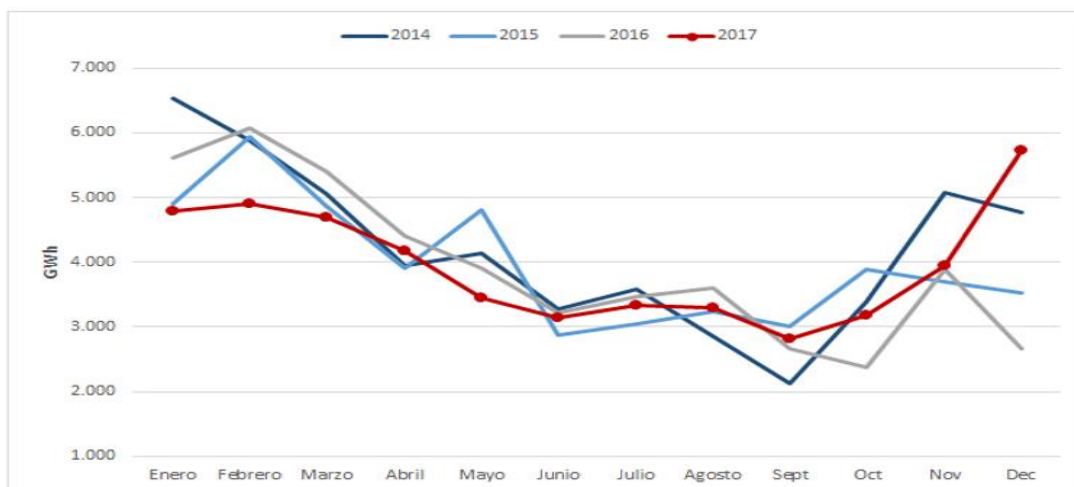
España ha sido uno de los países pioneros y líderes en el aprovechamiento del viento para producir electricidad, en 2013 consiguió ser el primer país del mundo en que

este tipo de energía fuese la principal fuente de generación eléctrica durante un año (aproximadamente un 21%).

En las zonas más favorables este tipo de energía es muy competitiva acercándose al coste de otras fuentes, sin embargo, la localización condiciona totalmente a su competitividad, ya que la obtención de electricidad depende de la velocidad del viento, ya que, por ejemplo, con el doble de velocidad del viento se obtiene 8 veces más de electricidad. Como casi todas las energías renovables tiene el problema de la intermitencia, debido a que la velocidad del viento depende de muchas variables que no pueden ser controladas por el ser humano. Si es cierto, que existen regiones en muchos puntos del planeta donde la velocidad del viento es casi constante en la mayoría de los días del año.

La energía eólica también crea externalidades en la sociedad, entre las que podemos encontrar el impacto estético, aunque es a título personal ya que muchos los consideran iconos de crecimiento sostenible, de prosperidad etc. Otro efecto negativo son la producción de ruido y el aumento de la mortalidad de las aves debido a su colisión con las aspas. Estos problemas pueden ser solventados con una ubicación más adecuada, sin embargo, éstas pueden no ser lo suficientemente ventosas para poder lograr obtener electricidad de forma competitiva.

GRÁFICO 6. EVOLUCIÓN MENSUAL DE LA GENERACIÓN EÓLICA EN ESPAÑA 2014-2017.



Fuente: REE y elaboración AEE

Como observamos en la gráfica, el año 2014 fue un año bastante importante ya que lo empezó con grandes cantidades de producción de electricidad mediante la energía eólica bastante alta. Centrándonos en los otros años, vemos como la gráfica va evolucionando y la pendiente va siendo más plana sin tantos cambios bruscos como años anteriores. La gráfica revela como la energía obtenida es distinta en las diferentes épocas del año, siendo los meses con mayor generación desde noviembre hasta marzo.

3.4 GEOTÉRMICA.

En este tipo de energía, es la temperatura del planeta la que se utiliza para generar electricidad. La temperatura debe ser lo suficientemente alta para hervir agua cerca de la superficie de la tierra, donde el vapor a presión mueve unas turbinas y el movimiento de estas generan la electricidad. La energía geotérmica tiene costes relativamente bajos, aunque su característica más positiva y destacable es que puede operar continuamente, ya que el calor proveniente del centro de la tierra no se deja de producir.

No obstante, no es posible utilizar este tipo de energía en todas las zonas del planeta ya que para ser competitiva los pozos deben estar a poca profundidad con el fin de reducir los costes. (En algunos puntos, los pozos tendrían que ser bastantes profundos). En zonas frías con pozos poco profundos puede no ser posible producir electricidad, pero sí se puede utilizar el calor desprendido por la tierra para calentar ambientes. Este hecho se da en Islandia, donde cerca del 90% es calentado gracias a la energía geotérmica, lo cual se traduce en una reducción de demanda eléctrica para generar calor.

En España la producción de calor con energía geotérmica ha sido de 0,13 TWh en 2007, prácticamente despreciable respecto a la demanda de calor en España de 465 TWh en 2008. Todo esto es debido a que en España no hay plantas eléctricas con recurso geotérmico.

La potencia instalada mundial para la producción de calor y electricidad con energía geotérmica supone aproximadamente un 10% del potencial energético de este recurso. Existe, por tanto, un importante recurso geotérmico en el mundo que aún está sin explotar. Los recursos de energía geotérmica en España se concentran en las Islas Canarias y Andalucía.

Por lo tanto, se puede afirmar que es posible obtener una gran cantidad de electricidad en todo el mundo de forma limpia, sin embargo, requiere una gran inversión. Es casi imposible encontrar un lugar donde no se pueda generar energía limpia, ya que existen muchas más formas de energías renovables, aunque las más desarrolladas e instaladas son las nombradas anteriormente.

TABLA 3. DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA RENOVABLE GLOBAL.

<i>Fuente de energía</i>	Disponibilidad Global (billones de vatios)	Total Disponibles en Ubicaciones Desarrollables (billones de vatios)
<i>Eólica</i>	1700	40 – 85
<i>Geotérmica</i>	45	0,07 – 0,14
<i>Hidroeléctrica</i>	1,9	0,07 – 0,14
<i>Solar fotovoltaica</i>	6500	340
<i>Solar concentrada</i>	4600	240

Fuente: Jacobson y Delucchi (2011)

Como observamos en la anterior tabla, hay una gran disponibilidad de generar electricidad de forma limpia, sin embargo, se encuentran en ubicaciones en las que no son desarrollables económicamente, puesto que están en zonas alejadas de los núcleos urbanos y la inversión para transportar la electricidad desde el lugar idóneo hasta la población sería alta. La tercera columna refleja las cantidades disponibles en ubicaciones desarrollables y vemos como las cifras se reducen considerablemente.

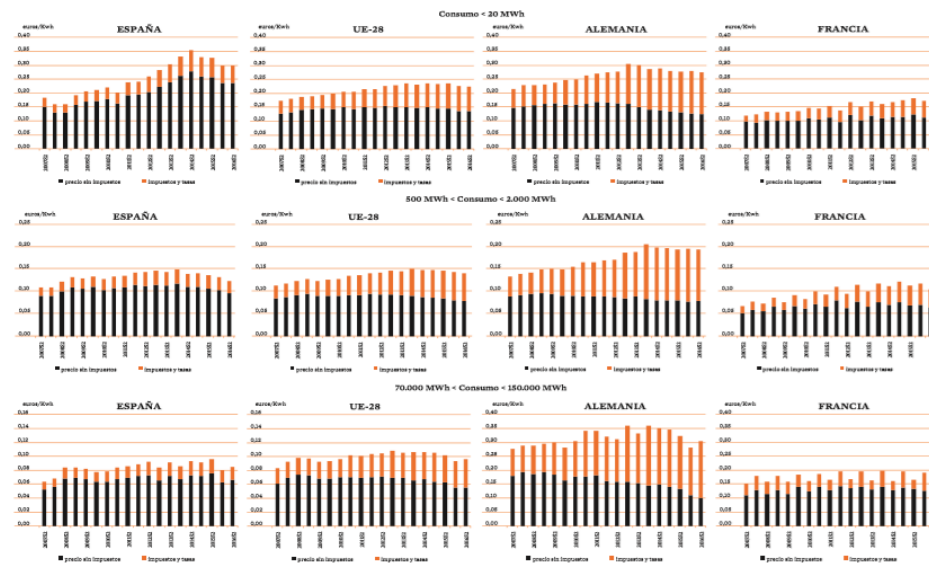
4. PRECIOS DE LA ELECTRICIDAD Y SU INFLUENCIA EN LA COMPETITIVIDAD.

El precio de la electricidad es un argumento fundamental a la hora de tomar decisiones empresariales, ya que puede ser determinante a la hora de decidir dónde invertir. El precio puede restar competitividad a las empresas en los mercados internacionales, ya que para muchas industrias la diferencia en estos puede crear grandes costes.

En el siguiente gráfico, se puede observar un creciente nivel de precios en el mercado de la electricidad, no obstante, para comprender mejor el tejido empresarial español, este

mercado ha de dividirse en 3 grupos, separados por su nivel de consumo explicado por la actividad que realizan. Hay que destacar que, para analizar la competitividad de la economía española, debemos compararla con otras economías afines, dentro del conjunto de la Unión Europea.

GRÁFICO 7. PRECIOS DE LA ELECTRICIDAD PARA CONSUMIDORES INDUSTRIALES, 2007-2016 (Precio antes de impuestos e impuestos y tasas sobre el consumo).



Fuente: Informe el sector eléctrico en España.

Observando los cuatro primeros gráficos, vemos que el precio de la electricidad en España es mayor que la media de Europa para el consumo menor de 20 MWh. Esta potencia pertenece, por lo general, al sector terciario, el cual predomina en la economía española. Analizándolo, vemos como en el precio de la electricidad el nivel de impuestos en España no destaca por su alto peso, es decir, en países europeos como en Alemania más de la mitad de los precios es debido a los impuestos. España en este nivel de consumo, el tipo impositivo es semejante al de la media de la UE, sin embargo, el precio es mayor.

En el segundo nivel de consumo, observamos que los precios de Europa se igualan con los españoles, aunque el nivel de los impuestos nacionales es menor. Éste consumo es destinado a la industria menos intensa en el uso de la electricidad, por lo que la electricidad no juega un papel fundamental en su estructura de costes.

En estos dos primeros niveles de consumo, la electricidad francesa, país del cual España importa más electricidad, es más competitiva que la española, ya que el precio es menor. Por lo que este puede ser un factor que explique el creciente aumento de la cantidad importada, produciendo así un empeoramiento del saldo comercial energético.

La industria con alto consumo de electricidad, el tercer grupo, muestra lo mismo que el grupo anterior, precios semejantes a la media europea, sin embargo, el nivel de impuestos es mucho mayor en Europa. Alemania, sobresale tanto en el nivel de impuestos en la electricidad como en su alto precio, y aun así tiene una potente industria, pero puede darse a otros factores económicos. El alto nivel de impuestos en Alemania es debido a que financian el gasto en energías renovables. En Francia difiere un poco, ya que el nivel de impuestos es similar al español, sin embargo, el precio puede llegar a ser la mitad que el nacional. Estas empresas consumen de manera conjunta un 12% de la demanda total de electricidad y se dedican a actividades que requieren grandes cantidades de electricidad como pueden ser la siderurgia, el cemento, sector químico etc. Por lo tanto, los costes en electricidad son importantes, ya que en algunos casos llegan a superar la mitad de los costes de producción.

Por lo tanto, podemos deducir que el precio de la electricidad a la industria en España es similar al del resto de Europa, sin embargo, no ocurre lo mismo para el sector terciario español (grupo 1). De este gráfico, podemos afirmar que los impuestos en España son menores al de la Unión Europea, por lo que es debido a la estructura de costes de generación eléctrica que tenemos unos precios más altos. Aunque un aumento del precio debido al impuesto pigouviano resta competitividad a la industria eléctrica español, gracias a la diferencia positiva de precios de dicho producto, este aumento podría no ser condicionante para que España deje de ser atractiva económicamente. No obstante, la recaudación pública del impuesto podría dedicarse a la creación de nuevos parques renovables, aumentando así la autosuficiencia energética y ofreciendo a medio/largo plazo un precio menor. Esto se debería a que los precios españoles no estarían tan ligados a los precios de los combustibles fósiles extranjeros.

5. PROBLEMAS.

Si una economía decide abastecerse solo de energías renovables, va a encontrar varios problemas. Entre ellos, el más importante económicamente es la intermitencia.

La intermitencia es sin duda el principal problema que se encuentra una economía cuando busca abastecerse solo de energía renovable, ya que la mayoría de las energías renovables no pueden ajustarse a la demanda tan fácilmente como pueden hacerlo los combustibles fósiles. La velocidad del viento o los rayos de sol no pueden ser producidos/manejados por el ser humano para generar más electricidad. No obstante, la hidráulica puede generar una cantidad mayor de electricidad por un tiempo, aumentando el caudal. Sin embargo, puede no estar disponible debido a las sequías que inhabilitan el aprovechamiento de este tipo de energía renovable.

Por lo tanto, el problema en el mercado eléctrico se basa en ajustar la oferta y la demanda, ya que ambas deben coincidir. Con la generación de electricidad a través de combustibles fósiles es fácil adaptar la oferta, solo con introducir más motores de combustión o turbinas de gas para producir electricidad se pueden igualar la oferta y la demanda. En el caso contrario, solo basta con reducirlos.

Si nos centramos en las energías renovables, la energía solar y eólica no pueden adaptarse a la demanda, ya que solo cuentan con la velocidad e intensidad de los rayos de sol y viento que hay en ese momento. Sin embargo, la energía hidráulica puede aumentar/disminuir su producción para ajustarse a la demanda, pero depende íntegramente de si los pantanos, los cuales se regeneran gracias a la lluvia, son suficientes. En la geotérmica, la oferta es la más constante y puede ser puesta en marcha o detenida a demanda. Sin embargo, como ya hemos visto, este tipo de energía no es viable económicamente en todas partes.

La diversidad energética puede ser la solución de la intermitencia, ya que contando con varias fuentes de energías renovables podemos acabar con el problema anteriormente nombrado. Por ejemplo, en verano la energía solar es muchísimo más potente que en otras épocas como el invierno, donde la eólica es mayor. Por lo tanto, si contamos con ambas energías podemos acabar o por lo menos solventar parte del problema de la intermitencia.

Otra solución puede ser la de almacenar la electricidad sobrante cuando la oferta supera a la demanda, sin embargo, esto aumentaría los costes de producir energía ya que tendríamos que sumarle al coste de producir electricidad, el de almacenarla.

Una forma más económica y responsable con el medio ambiente para almacenar electricidad es la del almacenamiento de agua bombeada. Cuando existe un exceso de oferta, se utiliza este exceso para bombear agua de un depósito más bajo, al que está por encima. Así cuando se necesite más electricidad, esta puede ser conseguida a través del procedimiento contrario.

Ambas soluciones son implementadas en el caso de la isla del Hierro que se estudia en uno de los siguientes puntos.

El almacenamiento energético es un tema importante en las energías renovables, ya que es uno de los principales inconvenientes de éstas, la incapacidad de almacenar la electricidad, ya que en momentos en que se genere mayor cantidad de electricidad de la demandada, podría almacenarse e utilizarse cuando la demanda sea superior a la oferta. No obstante, actualmente existen grandes avances en la investigación, ya que se está probando con nuevos materiales para almacenar la electricidad generada, como el magnesio, calcio o cinc siendo más económicos y con mayor potencial que las baterías actualmente que son de ion-litio.

6. OPORTUNIDADES

6.1 AUMENTO DE LOS COSTES EN LOS COMBUSTIBLES FÓSILES.

Ante la incapacidad de generar combustibles fósiles, la transición total a las energías renovables tiene fecha, ya que una vez agotadas las fuentes de combustibles fósiles, éstas serán las encargadas de producir electricidad. Es cierto que no será necesario la extracción total de combustibles fósiles para producir este cambio, ya que cada vez aumentan más los costes de obtener combustibles fósiles debido a que se encuentran en peores y más profundas zonas. Además, gracias a la innovación en las energías renovables, los costes cada vez son menores, siendo en algunos casos más competitivos. Por lo tanto, los costes juegan un papel fundamental en la transición hacia las renovables. Sin embargo, existe un actor más que puede entrar en el juego, y es el estado con políticas que afecten al periodo de transición, ya que puede implementar impuestos o subvenciones que aceleren la transición.

La curva de costes de estos combustibles tiene pendiente positiva, ya que han aumentado, debido a que se han ido agotando los depósitos de petróleos que estaban más cerca de la

superficie (con menores costes, no era necesario profundizar y/o bombear el petróleo desde el subsuelo hasta la superficie). Los costes se pueden dividir en:

- **Costes de exploración:** Son los costes asociados a las inversiones que hacen las empresas petrolíferas en la búsqueda de nuevos yacimientos de hidrocarburos. Dentro de esta categoría de costes incluiríamos los gastos derivados de estudios geológicos, científicos y de perforación.
- **Costes de extracción:** son costes asociados a la operación de extraer los hidrocarburos desde los pozos, así como el traslado de estos a las refinerías que los procesa. Además, dentro de esta categoría se encuentran los gastos de mano de obra, electricidad, mantenimiento de los pozos.
- **Impuestos a la producción:** al extraer hidrocarburos, los gobiernos aplican unos impuestos a las empresas petroleras en función de la cantidad de petróleo y gas extraído. Además, en algunas zonas del mundo las empresas deben de pagar licencias e impuestos ambientales.

Muchas son las empresas que acuden a las financieras a solicitar créditos que ayuden a sufragar parte de estos costes, por lo que hay que añadir a todos los anteriores costes el de la financiación.

En la actualidad, existen innovaciones para reducir estos costes, sin embargo, en términos totales han aumentado los costes de encontrar, extraer y procesar el crudo, por lo tanto, se prevé que con el paso del tiempo siga con la misma trayectoria. En términos de energía neta, que se expresa como la relación de la energía obtenida menos la energía necesaria para obtenerla, cada vez se reduce más esta ratio. Por tanto, el aumento de los costes se traslada en un aumento del precio del petróleo, gas etc.

6.2 CAÍDA PROGRESIVA EN LOS COSTES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables siguen una tendencia completamente contraria a la de los combustibles fósiles, ya que cada vez se van reduciendo más los costes asociados a esta energía limpia. Mediante las inversiones en I+D se logra hacer más atractivas este tipo de energía gracias a que van asociadas unas reducciones de los costes de explotación. Es cierto, que el abaratamiento de los costes puede no ser determinantes a la hora de desplazar el consumo de energías fósiles, ya que las renovables tienen ciertas trabas,

como fueron explicadas anteriormente en la generación de energía (intermitencia, insuficiencia etc.)

Sin embargo, en la actualidad gracias a la caída de los costes, algunas energías renovables han conseguido situarse a la altura en termino de competitividad de los combustibles fósiles, e incluso desplazarlos.

El estado puede ayudar a fomentar el uso de las energías renovables mediante ayudas públicas a la I+D+i. Estas se pueden conceder en forma de subvenciones directas a investigadores y/o centros de investigación públicos o privados. También, pueden utilizarse instrumentos fiscales, como exenciones o deducciones. Existen diferentes programas de apoyo, creados tanto por la unión europea como por el estado español, destinado a mejorar la economía española para desarrollar tecnologías bajas en carbono. En el caso de España, la innovación en tecnologías renovables se realiza a través de primas e inversiones públicas directas en I+D+i. Las primas, son ayudas destinadas a la producción, es decir, a la producción de electricidad, pagadas en la forma de precios garantizados. Por lo tanto, sí existe predisposición por parte de los gobiernos, sin embargo, puede no ser suficiente.

6.3 IMPUESTO PIGOUVIANO COMO HERRAMIENTA.

Hay que destacar que existe un impuesto especial de la electricidad, sin embargo, esta grava cualquier generación y consumo de electricidad. Por lo tanto, este impuesto no facilita la generación de electricidad mediante las energías renovables, ya que grava ambas opciones.

¿Ayudaría a la transición un impuesto sobre el carbono?

Un impuesto sobre el consumo de los combustibles fósiles destinados a la producción de electricidad, cuyo tipo impositivo dependería de la cantidad de CO_2 que expulsa sí sería efectivo. Este impuesto afectaría a los combustibles fósiles, aumentando así el coste de la electricidad obtenida a través de estos. Sin embargo, no afectaría a las energías renovables, ya que éstas no expulsan CO_2 a la atmosfera, por lo tanto, este tipo de energía ganaría mayor competitividad y reduciría el periodo de transición.

Un impuesto que grava un efecto externo negativo que generan las empresas al realizar su actividad, el cual iguala el coste privado con el coste social, es denominado

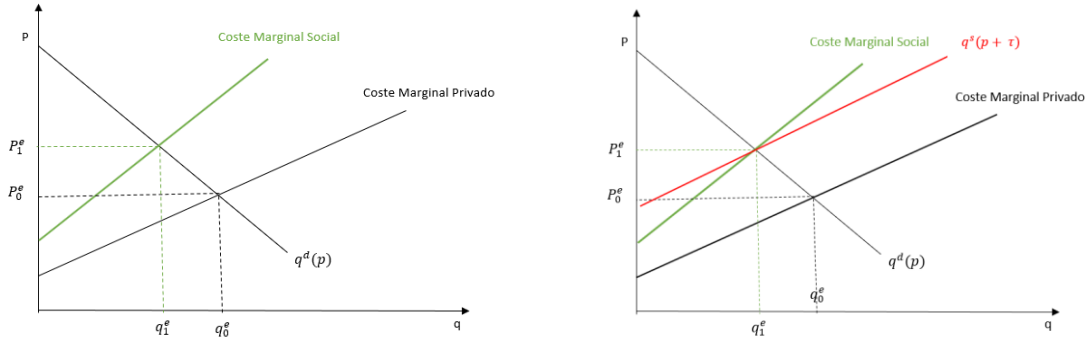
impuesto pigouviano. Este tipo de impuesto obliga a las empresas a soportar los perjuicios que genera, ya que no suelen estar contabilizados en sus costes, por lo tanto, cuando toman la decisión de como producir y cuanto producir al no contabilizar estos costes producen una cantidad del bien superior a la eficiente en sentido de Pareto.

Por lo tanto, en este hipotético impuesto el hecho imponible sería el consumo de combustibles fósiles y la base imponible la cantidad de carbono que expulsa el combustible a la atmósfera. La cuantía del impuesto debería ser igual al coste de la externalidad negativa que produce en la sociedad. Muchos autores han intentado estimar el daño marginal de la emisión de CO_2 , sin embargo, no han llegado a un consenso ya que existen grandes diferencias. Algunos autores de renombre como Nordhaus establecieron 0.016€/kg de CO_2 o Azar y Sternerr con un 0.257 €/kg CO_2 . El valor debe ser el que refleje lo más exacto posible el efecto negativo del consumo de estos bienes que producen en la sociedad.

El establecimiento del impuesto incrementaría los costes de las empresas generadoras de electricidad, incentivando así la inversión en nuevas formas de producir electricidad, sin la expulsión de CO_2 , como pueden ser las energías renovables. No obstante, quien soportará el coste del impuesto serán los consumidores, ya que las empresas, en su búsqueda de maximización del beneficio aumentarán el precio en la cuantía del impuesto. Este aumento del precio, a pesar de empeorar la situación económica de las familias (al aumentar el coste de un bien tan necesario), fomentará la eficiencia en el consumo y reducirá el sobreconsumo que hoy en día tienen las familias españolas. (Incentivos a buscar formas más eficientes: Lámparas led, construcciones con certificaciones de ahorro energético...). Además, el estado con el aumento en las arcas públicas debido al establecimiento del impuesto podría utilizar este dinero recaudado en ayudar a las familias en riesgo de pobreza energética (Algunas medidas están aprobadas en la actualidad, por lo que puede incrementar el porcentaje de descuento o ayudar a más familias) o aumentar número de parques renovables.

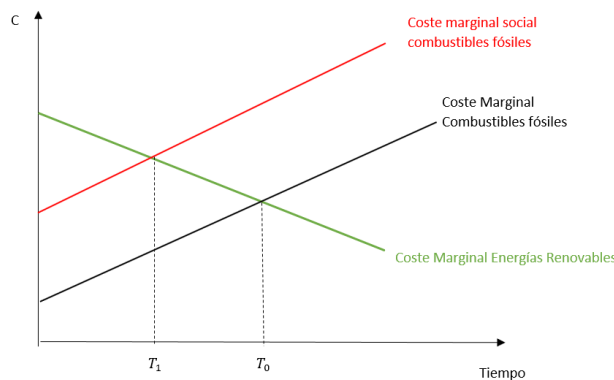
En la gráfica, podemos ver que en una situación libre de impuestos (situación 0), existe un determinado equilibrio, sin embargo, éste no está reflejando el daño que la producción de electricidad mediante combustibles fósiles genera en la sociedad. La curva coste marginal social si lo refleja, por lo tanto, la curva de las empresas debe pasar por ese punto al establecerse el impuesto pigouviano, entrando el efecto externo negativo

producido dentro de su función de producción. (situación 1). Por lo tanto, mediante el establecimiento del impuesto, el precio crece en la cuantía del impuesto y reduciéndose la cantidad producto intercambiada en el mercado.



Fuente: Elaboración propia.

Este aumento del precio, derivado del incremento en los costes de producción, reduce el periodo de transición, que no es otra cosa, que reducir el tiempo necesario para que se igualen en precio la recta de coste de las energías renovables y la de los combustibles fósiles. A partir de T_1 , a las empresas les sale más rentable utilizar las energías renovables que obtenerla de combustibles fósiles.



Fuente: Elaboración propia.

Siendo un producto básico para el buen funcionamiento de la economía, no se puede establecer el impuesto de una alta cuantía desde el principio, por lo que el impuesto debería establecerse con un tipo moderado pero que vaya aumentando de forma gradual, hasta el momento en el que coincidan el tipo impositivo y el coste de la externalidad. Además, este hecho ayudaría a que la sociedad y las empresas reorganizaran sus recursos para afrontar el aumento del precio.

Podemos estudiar los comportamientos de los agentes, dependiendo no solo de los niveles de determinadas variables actuales, sino también de los valores que tomarán en el futuro. Por lo tanto, se puede suponer que los agentes efectuarán predicciones del precio de la electricidad, utilizando la información a la que tienen acceso. Los esquemas de formación de expectativas son la forma de representar cómo los agentes utilizan la información disponible para elaborar las estimaciones.

Por lo tanto, mediante las expectativas racionales, que son aquellas que se forman teniendo en cuenta toda la información relevante disponible en el momento de formularlas, los agentes podrán prever el resultado de un modelo que resume la estructura económica y la información que poseen. Las características más importantes del mecanismo de formación de expectativas racionales son:

Los agentes tienden a no repetir sus errores, de modo que, si cometen uno, buscarán nueva información que les permita poseer un conocimiento más preciso de la variable en cuestión.

Hay un esquema de formación de expectativas racionales para cada estructura económica. Dentro de este apartado entran las políticas económicas por parte del gobierno.

Siendo los fundamentos del precio los siguientes: el gasto público (G), la irradiación solar (S), la velocidad del viento (V), las lluvias (L) y los impuestos (T).

$$P_t = G_t - S_t - V_t - L_t + \lambda T_t + \emptyset [E(P_{t+1}/I_t) - P_t]$$

Despejando el precio:

$$P_t = \frac{G_t - S_t - V_t - L_t + \lambda T_t}{1 + \emptyset} + \emptyset \frac{E(P_{t+1}/I_t)}{1 + \emptyset}$$

Para conocer el valor esperado del precio en el momento $t + 1$, adelantamos la expresión un periodo.

$$P_{t+1} = \frac{G_{t+1} - S_{t+1} - V_{t+1} - L_{t+1} + \lambda T_{t+1}}{1 + \emptyset} + \emptyset \frac{E(P_{t+2}/I_{t+1})}{1 + \emptyset}$$

Y calculamos su valor esperado.

$$E(P_{t+1}/I_t) = \frac{E(G_{t+1}-S_{t+1}-V_{t+1}-L_{t+1}+\lambda T_{t+1}/I_t)}{1+\emptyset} + \frac{\emptyset}{1+\emptyset} \cdot [E[E(P_{t+2}/I_{t+1})]/I_t]$$

En la expresión anterior no es posible obtener el valor del precio de la electricidad en el periodo t+1, al no determinar el del siguiente periodo. Por lo tanto, volvemos a adelantar un periodo:

$$E(P_{t+1}/I_t) = \frac{E(G_{t+1}-S_{t+1}-V_{t+1}-L_{t+1}+\lambda T_{t+1}/I_t)}{1+\emptyset} + \frac{\emptyset}{1+\emptyset} \cdot \frac{E(G_{t+2}-S_{t+2}-V_{t+2}-L_{t+2}+\lambda T_{t+2}/I_t)}{1+\emptyset} + \left(\frac{\emptyset}{1+\emptyset}\right)^2 \cdot E(P_{t+3}/I_t)$$

Hay que tener en cuenta que repetir este proceso infinitas veces no significa que no exista un término final que obligue a calcular la expectativa para un periodo muy alejado.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\frac{\emptyset}{1+\emptyset}\right]^N = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\emptyset}{1+\emptyset}\right)^k \cdot \frac{E(G_{t+1+k}-S_{t+1+k}-V_{t+1+k}-L_{t+1+k}+\lambda T_{t+1+k}/I_t)}{1+\emptyset}$$

Además, sabemos que:

$$T_0 \text{ si } t < T_0 + d$$

$$T_0 + \vartheta + W_t \text{ si } t > T_0 + d$$

Y podemos simplificar algunos fundamentos del precio:

$$f_t = G_t - S_t - V_t - L_t$$

Por lo cual hasta que se anuncia el aumento de los impuestos:

$$E(P_{t+1}/I_t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\emptyset}{1+\emptyset}\right)^k \cdot \frac{E[f_0 + \lambda(T_0 + \vartheta + W_t)]/I_t}{1+\emptyset}$$

$$E(P_{t+1}/I_t) = f_0 + \lambda(T_0 + \vartheta)$$

Por lo tanto, para obtener el precio de equilibrio, solo hay que sustituir esta expresión:

$$P_t = \frac{G_0 - S_0 - V_0 - L_0 + \lambda(T_0 + \vartheta + W_t)}{1 + \emptyset} + \emptyset \frac{G_0 - S_0 - V_0 - L_0 + \lambda(T_0 + \vartheta)}{1 + \emptyset}$$

$$P_t = G_0 - S_0 - V_0 - L_0 - \lambda(T_0 + \vartheta) + \frac{\emptyset}{1+\emptyset} \cdot W_t$$

Una vez que $t > T_0 + d$ se produce el anuncio del aumento del impuesto, donde pueden ocurrir 2 casos:

1. Antes de que la ejecución sea inminente
2. Que se vaya a producir en el próximo periodo.

En nuestro caso, las autoridades informan el momento en el que va a ocurrir el aumento, por lo cual es la segunda opción la que sucede.

$$E(P_{t+1}/I_t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\emptyset}{1+\emptyset}\right)^k \cdot \frac{E(G_{t+1}-S_{t+1}-V_{t+1}-L_{t+1}+\lambda T_{t+1}/I_t)}{1+\emptyset}$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\emptyset}{1+\emptyset}\right)^k \cdot \frac{E(G_0 - S_0 - V_o - L_0 + \lambda(T_0 + \partial + W_t/I_t))}{1+\emptyset}$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\emptyset}{1+\emptyset}\right)^k \cdot \frac{E(G_0 - S_0 - V_o - L_0 + \lambda(T_0 + \partial))}{1+\emptyset}$$

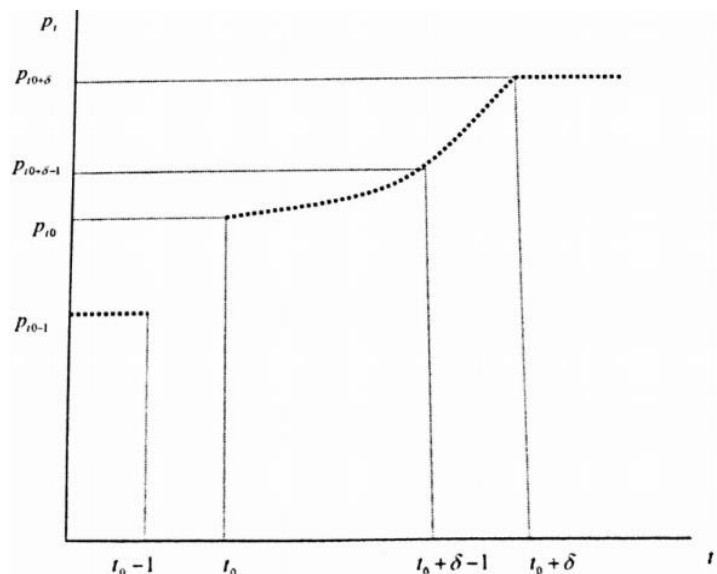
$$E(P_{t+1}/I_t) = \frac{(G_0 - S_0 - V_o - L_0 + \lambda(T_0 + \partial))}{1+\emptyset} \cdot \left(1 + \frac{\emptyset}{1+\emptyset} + \left(\frac{\emptyset}{1+\emptyset}\right)^2 + \dots\right)$$

$$= G_0 - S_0 - V_o - L_0 + \lambda(T_0 + \partial) \quad t > T_0 + d - 1$$

Si no ha aumentado aún el impuesto:

$$P_{t_0+d-1} = \frac{G_0 - S_0 - V_o - L_0 + \lambda(T_0)}{1+\emptyset} + \frac{\emptyset}{1+\emptyset} \cdot \frac{(G_0 - S_0 - V_o - L_0 + \lambda(T_0 + \partial))}{1+\emptyset}$$

$$= G_0 - S_0 - V_o - L_0 + \lambda T_0 + \frac{\emptyset}{1+\emptyset} \cdot \partial$$



En el anterior gráfico, se representa el valor del precio de la electricidad, obviando el valor del efecto de la variable aleatoria. Antes de t_0 , los agentes consideran que los fundamentos del precio son constantes y eso hace que el precio también lo sea. En el periodo t_0 , se anuncia el cambio que van a sufrir los consumidores en los impuestos recaudados. El efecto de esta política se trasladará en un incremento de los precios a partir del periodo $t_0 + d$. Los agentes anticipan una elevación de los precios en el futuro, lo que les hace adelantar la adquisición del bien. Por lo tanto, aumentarán el consumo actual en detrimento del consumo futuro. Como consecuencia, se elevarán los precios desde t_0 , que se intensificará este efecto a medida que la política fiscal se acerca, por tanto, los precios seguirán una tendencia alcista. Hay que destacar, que al ser la electricidad un bien no acumulable, la pendiente de crecimiento será menor, ya que lo único que pueden hacer es adelantar el consumo sin la capacidad de almacenarlo. En $t_0 + d$ se estabilizarán los precios, hasta que se produzca el nuevo cambio en la política fiscal.

Por lo tanto, puede ocurrir que el establecer un impuesto gradual fomente el consumo actual, ya que prevén que el precio futuro será mayor, y esto podría tener un efecto negativo ya que, en los primeros años el impuesto no refleja el 100% del daño marginal y coincidiría con los años de mayor consumo. Por ello, para mejorar la aceptación del impuesto y limitar los efectos negativos, se debe introducir con un tipo moderado.

7 TRANSICIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES.

7.1 CASO ISLA EL HIERRO.

La isla del hierro es la primera en vivir de su propia energía 100% renovable. Este proyecto fue un reto a nivel mundial, ya que suponía la aplicación y modernización del modelo energético del momento. Esta iniciativa sirve como referente en materia del desarrollo sostenible y lucha contra el cambio climático. Este proyecto, Gorona del viento, fue realizado gracias a la convergencia de varios agentes, entre ellos podemos encontrar el Cabildo de El Hierro, Endesa, Instituto Tecnológico de Canarias y el Gobierno de Canarias,

El sistema de generación de electricidad de la isla de El Hierro se compone de las energías eólica e hidráulica de manera combinada. El parque eólico es capaz de suministrar simultáneamente energía eléctrica directamente a la red y a la central de

bombeo. Consta de 5 aerogeneradores con una potencia total de 11.5 MWh. (2.3MW cada uno). La central de bombeo es la encargada de enviar el agua desde un depósito inferior al superior cuando existe una cantidad de electricidad generada mayor a la demandada. Con esto, lo que se pretende es que en los momentos en los que se necesite una cantidad mayor de electricidad, haya la cantidad necesaria en el depósito superior para aumentar el caudal de la planta de energía hidráulica. La central de turbinación (planta hidráulica) es la encargada en arrojar el agua almacenada en el depósito superior desde una altura de 655 m para poner en marcha las turbinas y generar la electricidad necesaria. Tiene una potencia total de 11.32 MWh. Por lo tanto, el acumular agua en el depósito superior es una forma de acumular energía. Es un ciclo cerrado, que ayuda a reducir la cantidad de CO₂ enviada a la atmosfera, permitiendo suministrar electricidad “limpia” a los hogares herreños. En total, consigue un ahorro de 18700 toneladas de emisiones de CO₂ y unos dos millones de euros por las 5000 toneladas de Diesel que se hubieran consumido.

Aunque la inversión para crear este parque renovable fue alta, 74 millones de euros. Este proyecto permite a la economía herreña ahorrar en consumo de combustibles fósiles ayudando al medioambiente y garantizando la producción de energía eléctrica, sin la necesidad de importar bienes. Por lo tanto, la isla se convierte en un referente para el resto del mundo, ya que ha conseguido el objetivo que el resto pretende conseguir y que el planeta necesita.

8. CONCLUSIONES.

Como ya hemos visto, será bastante probable que las energías renovables tomen las riendas en la generación de electricidad en España y en el mundo. Cada vez esta iniciativa cuenta con el apoyo de más personas, empresas y organismos que se suman a la lucha contra el cambio climático. Muchos saben que las energías renovables son las idóneas para llevar a cabo dicho fin. Si a este gran apoyo se le sumara el del gobierno gravando el consumo de combustibles para la generación de electricidad se agilizaría el periodo de transición, modernizando así la economía española.

En la actualidad, muchas son las empresas que siguen este objetivo, como pueden ser Disa, Gas Natural Fenosa (Naturgy) etc.... apostando por las energías limpias, incluso cuando sus orígenes eran totalmente los contrarios. Estas grandes empresas, encuentran bastante atractiva a España, dado que es un lugar idóneo para convertirse en un exportador

de electricidad al resto del mundo. Además, nuestro país cuenta con grandes empresas que pueden llevar a cabo dichos proyectos, ya que han demostrado su valía dentro y fuera de España.

Es cierto que la transición puede conllevar un aumento del precio de la electricidad, y que esto puede afectar a las familias en riesgo de pobreza, y también lo es, que en España los hogares en riesgo de pobreza energética crecieron durante la crisis, pero actualmente se debe aprovechar el impulso de la economía global y la recuperación parcial de las familias para incrementar el uso de las energías renovables. Con este objetivo no solo crecerá la economía española, sino que también se desarrollará, es decir, mejorará desde un punto de vista económico, social y medioambiental.

Por lo tanto, el impuesto que se propone en el trabajo, un impuesto pigouviano, ayudaría a agilizar la transición, ya que las empresas podrían esquivar esta carga fiscal invirtiendo en renovables. Por otra parte, los consumidores, según explica el modelo de expectativas racionales, anterior al momento de la subida del tipo impositivo, incrementarán la demanda, creciendo el precio hasta el que establece el impuesto.

9. BIBLIOGRAFÍA.

Pablo del rio, Políticas públicas, creación de industria e innovación en energías renovables, una reflexión sobre el caso español, *instituto de bienes y políticas públicas (IBPP)*

Informe mensual de comercio exterior (2017), *ministerio de economía, industria y competitividad*.

Informe trimestral de comercio exterior (2018), *ministerio de economía, industria y competitividad*.

David Timmons, Jonathan M. Harris y Brian Roach, L economía de las energías renovables, *Global development and Enviroment institute*.

Eduardo Montes, Balance energético 2016 y perspectivas 2017, *Asociación Española de la Industria Eléctrica*.

Precios de la electricidad y competitividad empresarial, evolución y propuestas de mejora (2016), *estudio grupo ASE*

INFORME 04/2017 El sector eléctrico en España (2017), *Consejo económico y social de España*.

Empresas españolas, líderes en energías renovables (junio 2016), *Gobierno de España, Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación*.

The Boston Consulting Group (2011), *Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables. Estudio Técnico PER 2011-2020, IDEA*

Energía y desarrollo sostenible, *ministerio para la transición ecológica* (14 de marzo de 2018).

Energía y sociedad, las claves del sector eléctrico (23 de marzo de 2018).

Canarias. Oportunidades para invertir en energía eólica. Econoticias.com (23 de abril de 2018)

Energías renovables, IDEA (26 de junio de 2018)

Resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020, *ministerio de industria, turismo y comercio*. (6 de julio 2018).

Alonso, J. A. (2017): “Comercio exterior” y “Balanza de pagos y equilibrio exterior”, en J.L. García Delgado y R. Myro (dirs.): “Lecciones de economía española”, 13ª edición, Cívitas-Thomson Reuters.

Martín Machuca, M. y Rodríguez Caloca, A. (2009), “Una aproximación a las características de las empresas exportadoras españolas.”, *Boletín Económico del Banco de España*, mayo.

Acosta Ballesteros, Juan “Apuntes macroeconomía II, las expectativas racionales”.