



industriales  
etsii

Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

## Prospectiva del Marco Normativo Español de Apoyo a la Energía Fotovoltaica

TRABAJO FIN DE MASTER

MASTER EN ENERGÍAS RENOVABLES



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Autor: Jose Palmis Bas

Director: Ana Nieto Morote



## Contenido

<b>SUMARIO</b> .....	<b>3</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>2 MERCADO FOTOVOLTAICO EN LA UNIÓN EUROPEA</b> .....	<b>5</b>
2.1 EL MARCO NORMATIVO EUROPEO .....	9
2.1.1 SISTEMAS DE CUOTAS.....	9
2.1.2 SISTEMAS DE TARIFAS REGULADAS O PRIMAS REGULADAS .....	11
2.2 ESTRATEGIA PARA LOS PROXIMOS AÑOS.....	14
<b>3 MERCADO FOTOVOLTAICO ALEMÁN</b> .....	<b>15</b>
3.1 NORMATIVA EN ALEMANIA .....	25
3.1.1 LA LEY DE ENERGÍAS RENOVABLES EEG - (Erneuebare-Energie-Gesetz).....	27
3.1.2 Enmienda de la Ley EEG en 2004.....	28
3.1.3 Enmienda de la Ley EEG en 2009.....	29
3.1.4 Enmienda de la Ley EEG en 2012.....	30
3.1.5 Enmienda de la Ley EEG en 2014.....	32
<b>4 MERCADO FOTOVOLTAICO EN ESPAÑA</b> .....	<b>33</b>
4.1 NORMATIVA EN ESPAÑA .....	47
4.1.1 Real Decreto 1663/2000.....	50
4.1.2 Real decreto 841/2002 .....	50
4.1.3 El Real Decreto 436/2004 .....	50
4.1.4 Real Decreto 661/2007.....	51
4.1.5 Real Decreto 1578/2008.....	52
4.1.6 Real Decreto- Ley 14/2010 .....	53
4.1.7 Ley 15/2012.....	53
4.1.8 Real Decreto-ley 1/2012 .....	54
4.1.9 Orden IET/221/2013 .....	54
4.1.10 Real Decreto 900/2015.....	54
<b>5 COMPARATIVA E IMPACTO DE LAS NORMATIVAS ALEMANA Y ESPAÑOLA</b> .....	<b>56</b>
<b>6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>64</b>
<b>ANEXO 1: TARIFAS DE ACCESO A LAS REDES DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA</b> .....	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>66</b>



## SUMARIO

Desde que en el año 2009 la unión europea (UE) estableció un marco común para el desarrollo de las energías renovables, los diferentes países de la UE han ido aprobando planes de acción nacionales de energías renovables, así como medidas para lograr los objetivos marcados por la UE, entre las que desatan medidas financieras, legislativas, fiscales y económicas.

Las medidas adoptadas por cada país han ido modulando el crecimiento de la potencia fotovoltaica instalada en cada uno de ellos. En este sentido cabe destacar la evolución de la potencia fotovoltaica instalada en Alemania con una irradiación solar anual de 3000 wh/m<sup>2</sup>/día <sup>(1)1</sup> con que actualmente está en 40GW <sup>(2)</sup> frente a los 5 Gw <sup>(2)2</sup> de España con una irradiación solar anual de 4860 wh/m<sup>2</sup>/día <sup>(1)</sup>.

El objeto del presente estudio es realizar un análisis comparativo de los distintos marcos normativos entre España y Alemania, para poder identificar las medidas que debería adoptar España para lograr el éxito logrado por Alemania en el desarrollo de este tipo de energías renovables.

---

<sup>1</sup> Irradiación medida en Berlín sobre un plano horizontal

<sup>2</sup> Irradiación medida en Madrid sobre un plano horizontal



## 1 INTRODUCCIÓN

Para evitar el calentamiento climático por encima de dos grados centígrados, se debería evitar superar las 450 ppm (partes por millón) de dióxido de carbono en la atmósfera <sup>(3)</sup>. Actualmente nos encontramos por encima de las 400 ppm <sup>(3)</sup>.

La producción de energía eléctrica directamente mediante instalaciones fotovoltaicas presenta al día de hoy multitud de ventajas tanto energéticas, industriales, ecológicas, etc.

Una expansión de las instalaciones de energía solar fotovoltaica tan amplia como sea posible contribuirá impulsar un futuro desarrollo tecnológico, el cual debe de ser capaz de llevar a esta tecnología de generación eléctrica, a una posición mejor frente a las otras formas de generación de electricidad.

El objeto de este trabajo es el estudio de las posibles causas de una menor instalación de plantas de energía fotovoltaica en España en comparación con Alemania, como se puede ver en la **Ilustración 1 Potencia Instalada**. A pesar de ser España un territorio con mejores condiciones para el impulso de este tipo de energía que Alemania (Irradiación anual en España 4860 wh/m<sup>2</sup>/día <sup>(1)</sup>, irradiación anual en Alemania 3000 wh/m<sup>2</sup>/día <sup>(1)</sup>).

Este trabajo se ha estructurado de la siguiente manera:

- **Introducción:** En esta parte del trabajo se dan conocer una serie conocimientos básicos para conocer que es la energía fotovoltaica y la proyección de esta tecnología. Los conceptos tratados en estos capítulos no serán tratados de una forma profunda, pues no son objetos realmente de este trabajo.
- **Cuerpo del trabajo:** En esta parte del estudio, se muestra las características del mercado energético Alemana y español así como su marco legislativo desde el punto de vista de la energía fotovoltaica
  - MERCADO FOTOVOLTAICO EN LA UNIÓN EUROPEA
  - MERCADO FOTOVOLTAICO ALEMÁN
  - MERCADO FOTOVOLTAICO ESPAÑOL
  - COMPARATIVA E IMPACTO DE LAS NORMATIVAS ALEMANA Y ESPAÑOLA
- **Conclusiones**

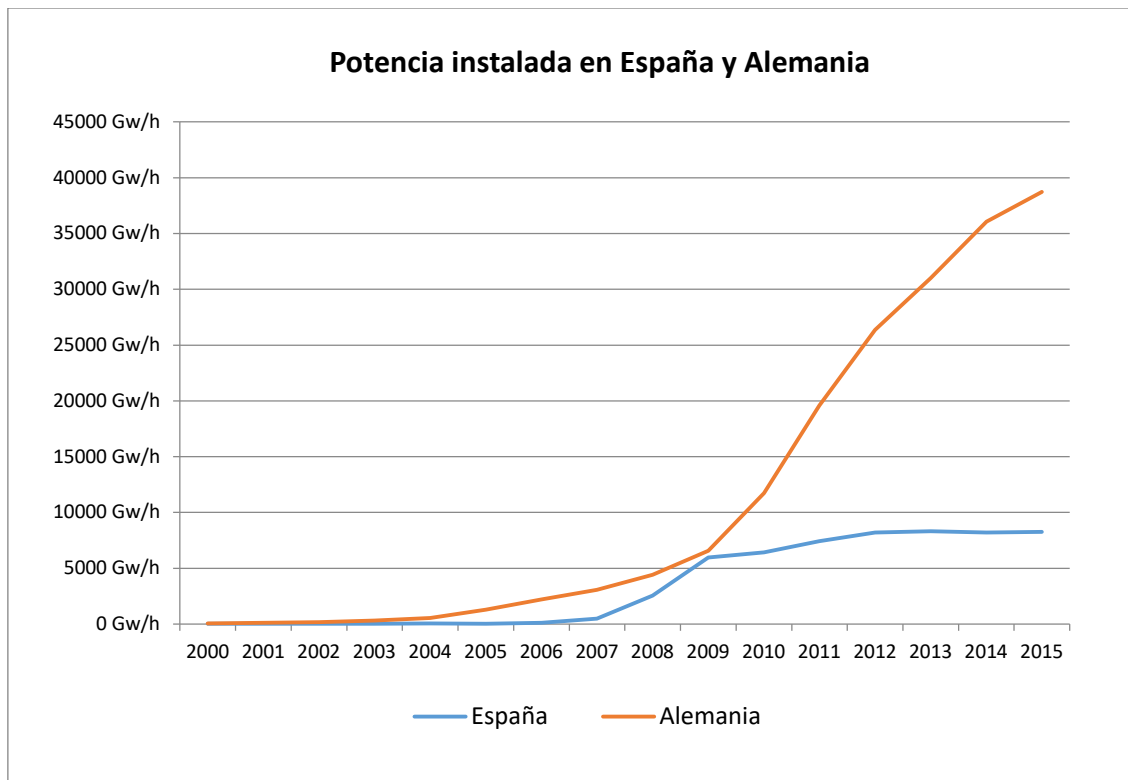
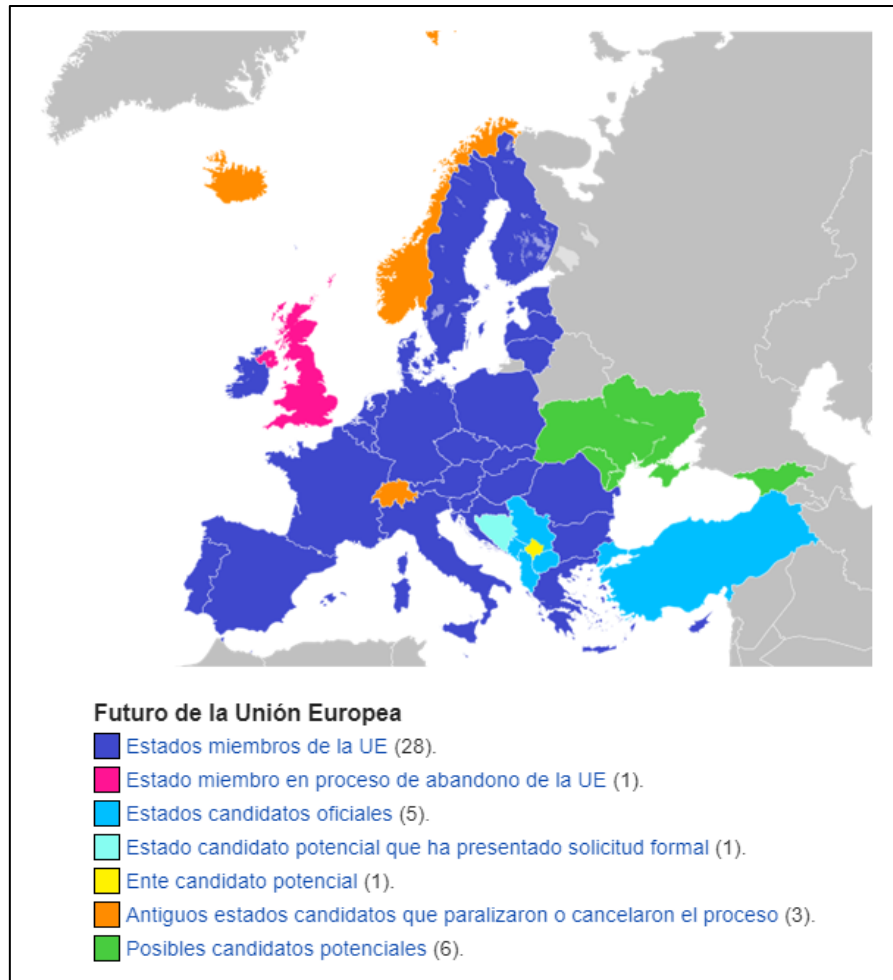


Figura 1: Potencia Instalada <sup>(2)</sup>

## 2 MERCADO FOTOVOLTAICO EN LA UNIÓN EUROPEA

La unión Europea (EU) es una comunidad política de derecho constituida en régimen *sui generis* de organización internacional nacida para propiciar y acoger la integración y gobernanza en común de los estados y los pueblos de Europa. Actualmente está compuesta por veintiocho Estados europeos, fue establecida con la entrada en vigor del tratado de la Unión Europea (TUE) el 1 de noviembre de 1993 <sup>(10)</sup>.

Figura 2 Unión Europea<sup>(4)</sup>

Las Instituciones de la Unión Europea son los órganos e instituciones en los que los estados miembros delegan parte de sus poderes y soberanía<sup>(10)</sup>. Por tanto, la Unión Europea desarrolla una serie de competencias de forma exclusiva, otras de forma compartida con los estados y otras competencias de apoyo.

Como se muestra en la **Tabla 1 Competencias de la Unión Europea**, la Energía es una competencia compartida entre la Unión Europea y cada uno de los países miembros. Por tanto, nos encontramos con un mercado energético heterogéneo, en donde cada país presenta unas características (geográficas y físicas) y con normativas (legislación) distintas, a pesar de las directrices comunes provenientes de la Unión Europea.



Competencias exclusivas:	Competencias compartidas:
<p><i>Sólo la Unión puede legislar y adoptar actos vinculantes; los estados únicamente podrán si son facultados por la Unión o para ampliar los actos de la Unión</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• la unión aduanera;</li><li>• el establecimiento de las normas sobre competencia necesarias para el funcionamiento del mercado interior;</li><li>• la política monetaria de los estados miembros cuya moneda es el euro;</li><li>• la conservación de los recursos biológicos marinos dentro de la política pesquera común;</li><li>• la política comercial común;</li><li>• la celebración de acuerdos internacionales en el marco de estas competencias.</li></ul>	<p><i>La Unión y los estados miembros pueden legislar y adoptar actos vinculantes, pero los estados sólo ejercerán su competencia en la medida en que la Unión no lo haya hecho</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• el mercado interior</li><li>• la política social, en los aspectos definidos por los Tratados</li><li>• la cohesión económica, social y territorial;</li><li>• la agricultura y la pesca;</li><li>• el medio ambiente;</li><li>• la protección de los consumidores;</li><li>• el transporte;</li><li>• las redes transeuropeas;</li><li>• la energía;</li><li>• el espacio de libertad, seguridad y justicia;</li><li>• los asuntos comunes sobre salud pública</li></ul>
Competencias de apoyo:	
<p><i>La Unión puede llevar a cabo acciones con el fin de apoyar, coordinar o complementar la acción de los estados</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• la protección y mejora de la salud humana</li><li>• la industria</li><li>• la cultura</li><li>• el turismo</li><li>• la educación, la formación profesional, la juventud y el deporte</li><li>• la protección civil</li><li>• la cooperación administrativa</li></ul>	<p><i>Las políticas y acciones de la Unión no impedirán a los estados ejercer las suyas</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• la investigación, el desarrollo tecnológico y el espacio</li><li>• la cooperación al desarrollo y la ayuda humanitaria</li></ul>

Tabla 1: Competencias de la Unión Europea<sup>(4)</sup>

En diciembre de 2008 se produce un punto de inflexión, la Unión Europea aprueba en el Consejo Europeo el llamado Paquete de energía y Cambio Climático conocida como “20-20-20 en 2020”, que gira alrededor de tres compromisos básicos que deberían alcanzarse en 2020:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en 20% respecto al nivel que tenían en 1990
- Ahorrar un 20% del consumo energético comunitario
- Cubrir un 20% del consumo de energía de la EU con fuentes de energía renovable

Como se puede ver en la **Grafica 1 Energía renovable en el mundo**<sup>(11)</sup>, la energía renovable en la Unión Europea a partir de 2008 hasta el 2016 casi se duplica.

Si nos centramos en la energía fotovoltaica que es objeto de este estudio, se observa en los países europeos una fuerte aumento a partir de 2008, menos de 10000MW instalados en 2008



a 98852 MW en 2015, como se muestra en la **Tabla 2** Evolución Europea Anual Fotovoltaica <sup>(12)</sup>. Además, se puede observar que es Alemania el país con más energía fotovoltaica.

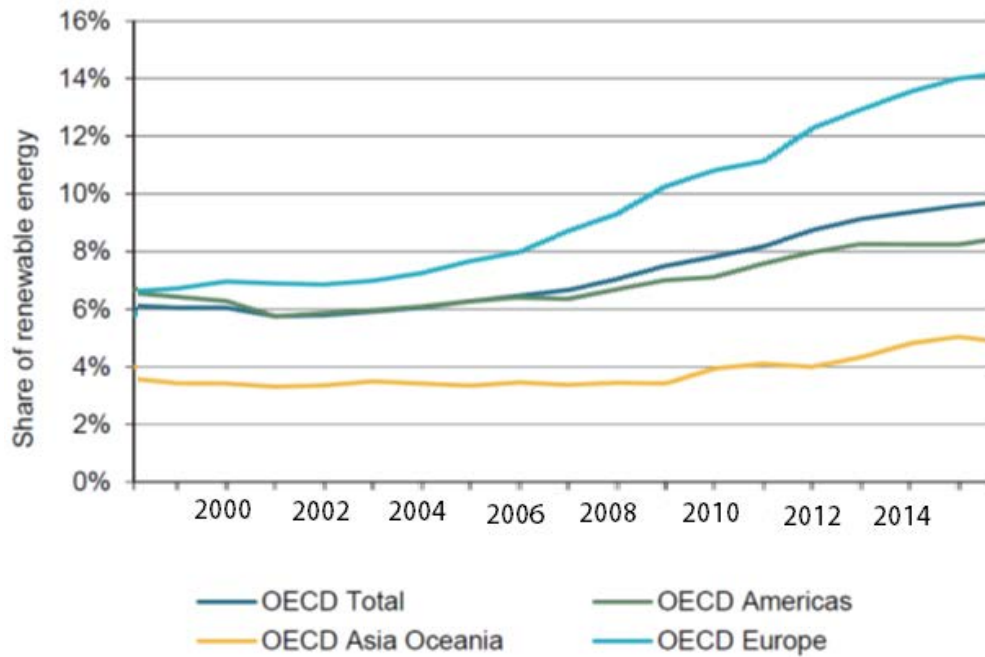


Figura 3 Energía renovable en el mundo <sup>(11)</sup>

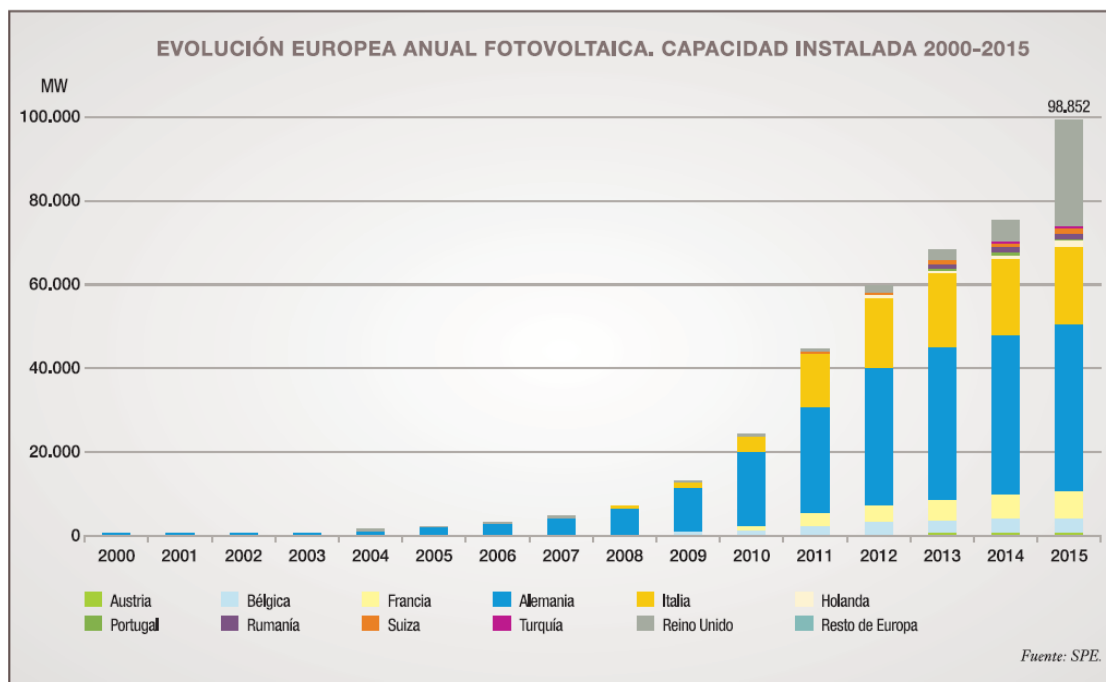


Figura 4 Evolución Europea Anual Fotovoltaica <sup>(12)</sup>





Las claves de este aumento puede ser debido a dos causas: la primera a la maduración de la energía fotovoltaica y la segunda a la normativa europea y de los distintos países.

## 2.1 EL MARCO NORMATIVO EUROPEO

Desde 2009, el apoyo a la electricidad procedente de energías renovables en los Estados miembros de la UE se rige por la **Directiva 2009/28/CE**, conocida como la «Directiva FER». La Directiva define objetivos vinculantes para las cuotas de las energías renovables de los Estados miembros en el consumo final de energía. Sin embargo, los Estados miembros tienen plena libertad por lo que respecta a la contribución de diferentes sectores (como electricidad, calor y transporte) y al apoyo de los instrumentos utilizados para alcanzar los objetivos. Los Estados miembros también tienen la posibilidad de hacer uso de los mecanismos de flexibilidad si deben o desean generar una parte de las energías renovables necesarias en otros países de la UE. El proceso para conseguir ese objetivo es objeto de un estrecho seguimiento. En 2010, los Estados miembros tuvieron que elaborar planes de acción nacionales en materia de energía renovable (PANER), incluidas sus trayectorias de ampliación para cada sector, tecnología, medidas e instrumentos para fomentar las energías renovables. Por otra parte, se definieron objetivos provisionales semestrales como hitos hacia cada objetivo nacional para 2020. Los Estados miembros deben notificar cada dos años las diferencias entre su situación actual y su plan<sup>(13)</sup>.

Como resultado de la libertad en cuanto a los instrumentos de apoyo para fomentar las energías renovables, los Estados miembros de la UE cuentan con una variedad de sistemas de apoyo a las energías renovables en general y a la energía solar en particular. Básicamente se puede encontrar dos metodologías **Sistema de cuotas** y **Sistema de tarifas reguladas o primas reguladas**

### 2.1.1 SISTEMAS DE CUOTAS

En este sistema, la red de suministro de electricidad está obligada por el Gobierno a suministrar una determinada cuota de electricidad procedente de fuentes de energía renovables<sup>(13)</sup>.

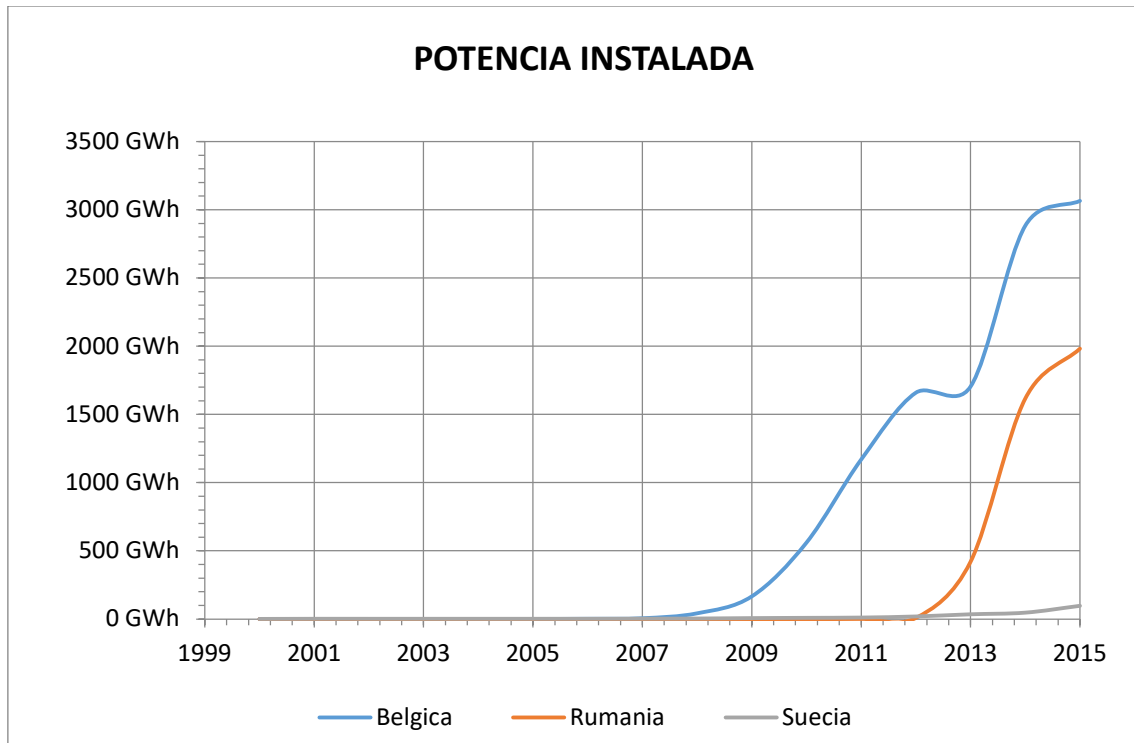
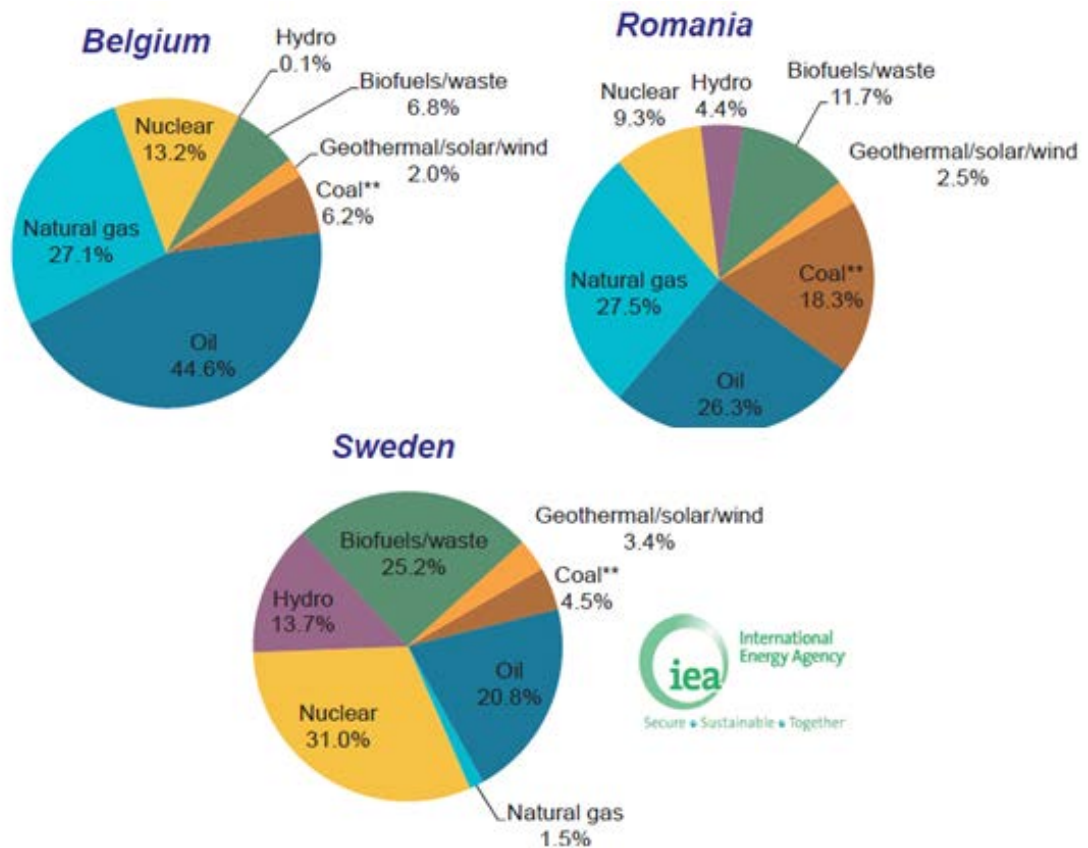


Figura 5 Potencia instalada Bélgica Rumania Suecia <sup>(2)</sup>

Los operadores de las instalaciones de energías renovables reciben uno o varios certificados para cada unidad de electricidad que producen. Estos venden la electricidad generada en el mercado regular de electricidad en el que perciben el precio de la electricidad. Además, venden el certificado en los mercados de certificados en los que se produce la demanda sobre la base de la cuota obligatoria <sup>(13)</sup>.

El sistema de cuotas se traduce en la reducción de los costes de apoyo debido a la competencia. Sin embargo, en la práctica, los costes de apoyo fueron más elevados en la mayoría de los casos en comparación con las tarifas reguladas (2.1.2 SISTEMAS DE TARIFAS REGULADAS O PRIMAS REGULADAS) <sup>(13)</sup>.

Los países que disponen de este sistema son Bélgica, Rumania y Suecia. Vemos en la **Figura 6 Potencia instalada Bélgica Rumania Suecia** <sup>(2)</sup> e **Figura 7 Potencia instalada Bélgica Rumania Suecia 2015** <sup>(2)</sup>, que en estos países el peso de la energía fotovoltaica es relativamente baja (<5%) y han apostado por otro mix energético.



\* Share of TPES excludes electricity trade.

\*\* In this graph, peat and oil shale are aggregated with coal, when relevant.

Note: For presentational purposes, shares of under 0.1% are not included and consequently the total may not add up to 100%.

Figura 6 Potencia instalada Bélgica Rumania Suecia 2015<sup>(2)</sup>

## 2.1.2 SISTEMAS DE TARIFAS REGULADAS O PRIMAS REGULADAS

Los demás países aplican un régimen regulado para el apoyo a las energías renovables, que consiste en unas tarifas o primas reguladas, cuyo nivel se fija administrativamente o mediante una subasta competitiva<sup>(13)</sup>.

**Las tarifas reguladas** fueron concebidas como unas tarifas reguladas y fijadas administrativamente. Tal sistema conlleva un riesgo muy bajo para los operadores de las centrales de producción eléctrica, ya que reciben una determinada cantidad de dinero por cada unidad de electricidad generada con independencia de la situación de la demanda<sup>(13)</sup>.

Aunque este sistema llevó a unos costes de apoyo comparativamente bajos por unidad de electricidad debido a los bajos costes de capital, plantea una serie de problemas: el más



importante es que las adaptaciones de los niveles de ayuda en el pasado fueron, a veces, demasiado lentas para responder a la caída de los costes de la tecnología (especialmente en el caso de la energía fotovoltaica), junto con el hecho de que, según las tarifas reguladas, habitualmente no se imponen límites a la capacidad anual instalada, el excesivo nivel de tarifas reguladas de algunos años dio lugar a tasas de ampliación extrema de las energías renovables, lo que implicó elevados costes de apoyo general <sup>(13)</sup>.

Como consecuencia de estos problemas, muchos Estados miembros de la UE han cambiado y están modificando sus sistemas de apoyo a las tarifas reguladas fijadas administrativamente para pasar a ser regímenes de prima regulada en función de una subasta. Este hecho ha recibido el apoyo de las «Directrices sobre ayudas estatales en materia de protección del medio ambiente y energía 2014-2020» de la Comisión Europea publicadas a finales de 2014 <sup>(13)</sup>.

**Las tarifas de primas reguladas** consisten en un mecanismo donde los operadores de instalaciones renovables venden la electricidad generada en el mercado regular de electricidad. Las tarifas eléctricas regulares, reciben una prima. Esta prima puede ser **fija** o **variable** <sup>(13)</sup>.

En la **prima fija** los ingresos del operador de la instalación por unidad de electricidad fluctúan al mismo nivel que el precio de la electricidad. La ventaja de una prima fija es la previsibilidad de los gastos de apoyo anuales. Sin embargo, una prima fija implica un gran riesgo de ingresos demasiado elevados o demasiado bajos, ya que establecer una prima adecuada requiere una previsión de los precios de la electricidad a largo plazo. La incertidumbre por la renta global también plantea un riesgo para los operadores de las instalaciones y, por lo tanto, incrementa los costes de capital <sup>(13)</sup>.

En la **prima variable**, los operadores de las centrales también reciben una prima por encima del precio del mercado regular de la electricidad. Sin embargo, esta prima se adapta al nivel del precio de mercado, de modo que los ingresos globales de un operador para cada unidad de electricidad generada siguen siendo estables; es decir, si el precio de mercado baja, la prima aumenta y viceversa. Como normalmente no se utiliza el precio del mercado horario individual, sino, por ejemplo, el precio medio mensual de mercado, para el cálculo de la prima,



la generación de electricidad en horas con precios elevados sigue siendo ligeramente más rentable que en las horas con bajos precios de la electricidad. En consecuencia, una prima variable preserva las principales ventajas de una tarifa regulada, pero todavía incentiva la generación que sigue las pautas de la demanda <sup>(13)</sup>.

Existe una variante prima variable que es una **prima con un límite superior e inferior** donde los ingresos del productor eléctrico no son un valor, sino que corresponden a un intervalo. Las subastas para determinar el nivel de ayuda tendrán dos ventajas. En primer lugar, al igual que un simple límite anual para nuevas instalaciones, evitan la extensión de las energías renovables muy elevadas y no intencionadas, (como sucedió en el pasado con la energía solar fotovoltaica en algunos países). Por lo general, en este tipo de primas en las subastas se licita una cierta cantidad de capacidad instalada, lo que significa que, como máximo, esa capacidad subastada puede recibir apoyo en un período determinado. En segundo lugar, la determinación competitiva del nivel de ayuda puede reducir la influencia de los grupos de presión y, por lo tanto, reducir los costes de apoyo. Sin embargo, esto solo se puede conseguir si la competencia en el mercado es suficiente, lo que no siempre es fácil determinar de antemano. Además, las subastas implican riesgos adicionales para los operadores de las centrales eléctricas, porque se debe realizar una inversión previa antes de la subasta, con el riesgo de que el proyecto/oferta pueda o no tener éxito. Este riesgo adicional implica unos costes añadidos de capital. Por tanto para que las subastas reduzcan los costes de apoyo, el ahorro debido a la competencia debe compensar los costes adicionales derivados del mayor riesgo. Otra incertidumbre en las subastas es la eficacia de este instrumento de apoyo, puede pasar que las subastas den niveles de apoyo muy bajos, y por tanto realizar una nueva inversión en este campo no sea rentable y por tanto no se consigan los objetivos de ampliación de las energías renovables <sup>(13)</sup>.

En general, el diseño de una subasta para una **prima con límite superior e inferior** adecuada que conduzca a costes bajos y a la consecución de objetivos puede resultar complicado y el diseño siempre debe adaptarse cuidadosamente a las condiciones del mercado <sup>(13)</sup>.



## 2.2 ESTRATEGIA PARA LOS PROXIMOS AÑOS

La política de la unión de europea para los próximos años persigue alcanzar tres objetivos<sup>(10)</sup>:

- Seguridad de abastecimiento
- Competitividad
- Sostenibilidad

Para conseguir estos objetivos la Unión Europea se plantea que la energía deberá circular libremente entre las fronteras nacionales. Para ello, se incentivará, reforzará o se crearán interconexiones de las redes eléctricas de los estados miembros entre sí. Además, se fija el objetivo liderar la producción de energías renovables, que serán económicamente sostenible, con bajas emisiones de carbono y respetuosa con el medio ambiente<sup>(10)</sup>.

La Unión Europea unos objetivos concretos para 2020,2030 y 2050<sup>(10)</sup>:

- **Objetivos para 2020**
  - reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un **20%**, como mínimo, respecto a los niveles de 1990
  - obtener un **20%** de la energía a partir de fuentes renovables
  - mejorar la eficiencia energética en un **20%**.
- **Objetivos para 2030**
  - **40%** de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero
  - al menos **27%** de energías renovables
  - aumento de la eficiencia energética en un **27-30%**
  - **15%** de interconexión eléctrica (es decir, el 15% de la electricidad generada en la UE debe poder transportarse a otros Estados miembros)
- **Objetivo para 2050**
  - **80-95%** de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los niveles de 1990.



### 3 MERCADO FOTOVOLTAICO ALEMÁN

La república federal Alemana es el país con mayor población de la unión europea (79,8 millones)<sup>(4)</sup>, y por extensión es el séptimo (abarca una superficie de 357022 Km<sup>2</sup><sup>(4)</sup>).



Figura 7: Alemania<sup>(4)</sup>

La república federal alemana está formada por dieciséis estados federados, es una república parlamentaria, es la cuarta economía mundial por PIB nominal (más de 3 billones de dólares US) y la primera de la Unión Europea<sup>(4)</sup>.

Desde el punto de vista energético, Alemania es un país que apuesta por un mix energético para la producción de energía formado como se puede ver en la **Grafica 3 Mix** energético de Alemania<sup>(2)</sup> por:

- Carbón
- Petróleo
- Gas natural
- Energía Nuclear
- Biocombustible
- Energía renovable (geotérmica/termosolar/fotovoltaica/eólica)



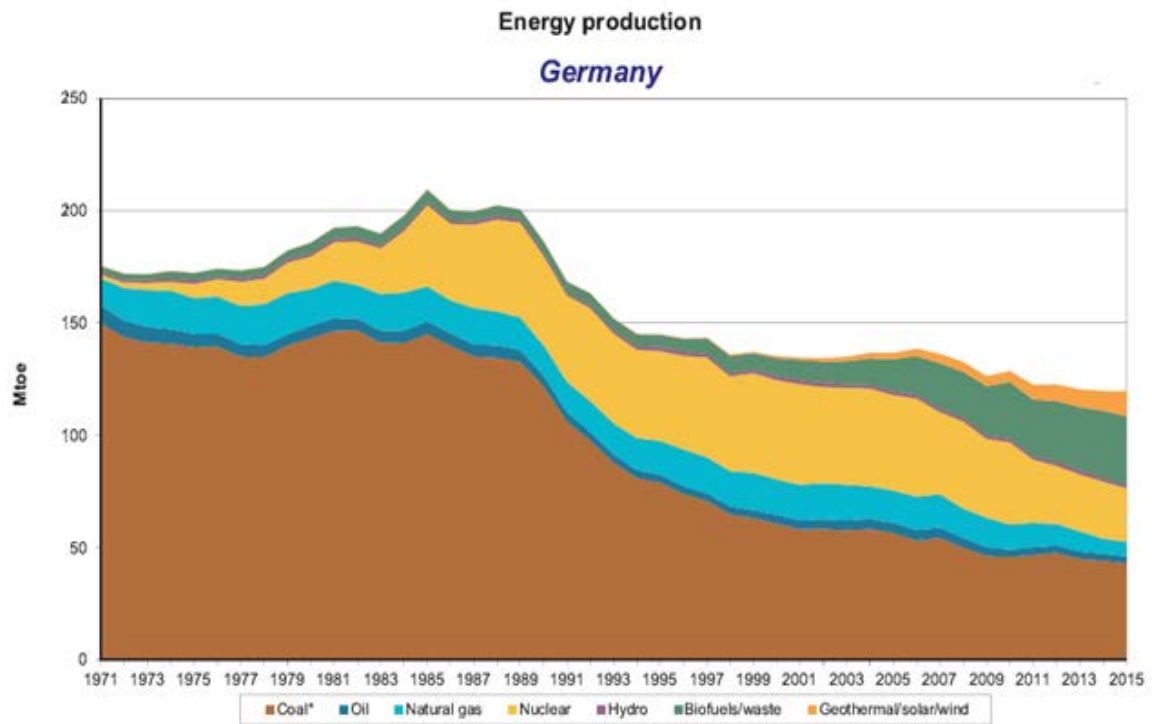


Figura 8 Mix energético de Alemania <sup>(2)</sup><sup>3</sup>

La fuente principal de energía es el carbón, aunque este ha ido bajando su ratio tanto en valor absoluto como respecto al resto de las energías.

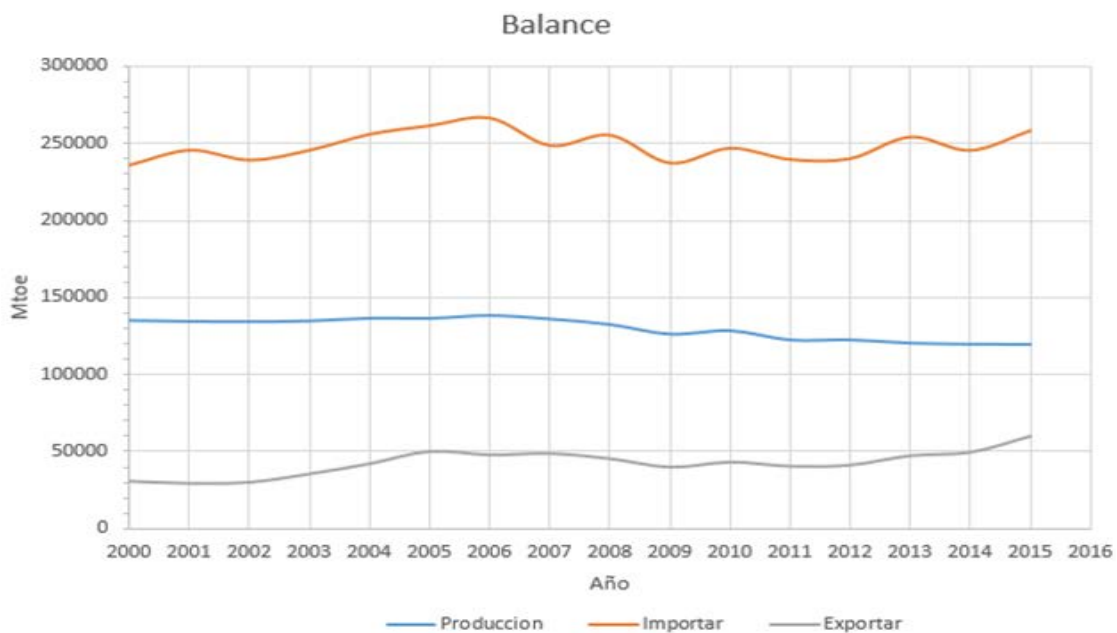


Figura 9: Balance de la producción de energía de Alemania <sup>(2)</sup>

<sup>3</sup> Toe: son el acrónimo de **Tonnel Oil Equivalent** (Tonelada equivalente de petróleo) es una unidad de energía. Su valor equivale a lo que rinde una tonelada de petróleo (41868000000 Julios ó 11630 KWh)





Alemania energéticamente es un país netamente importador, importa entre el 60% y el 70% de la energía <sup>(2)</sup>, en 2015 Alemania gastó unos 66 mil millones de euros en importar energía <sup>(3)</sup>. La producción de energía es solo entre un 30% a un 40%. La exportación no llega a un 18% <sup>(2)</sup>.

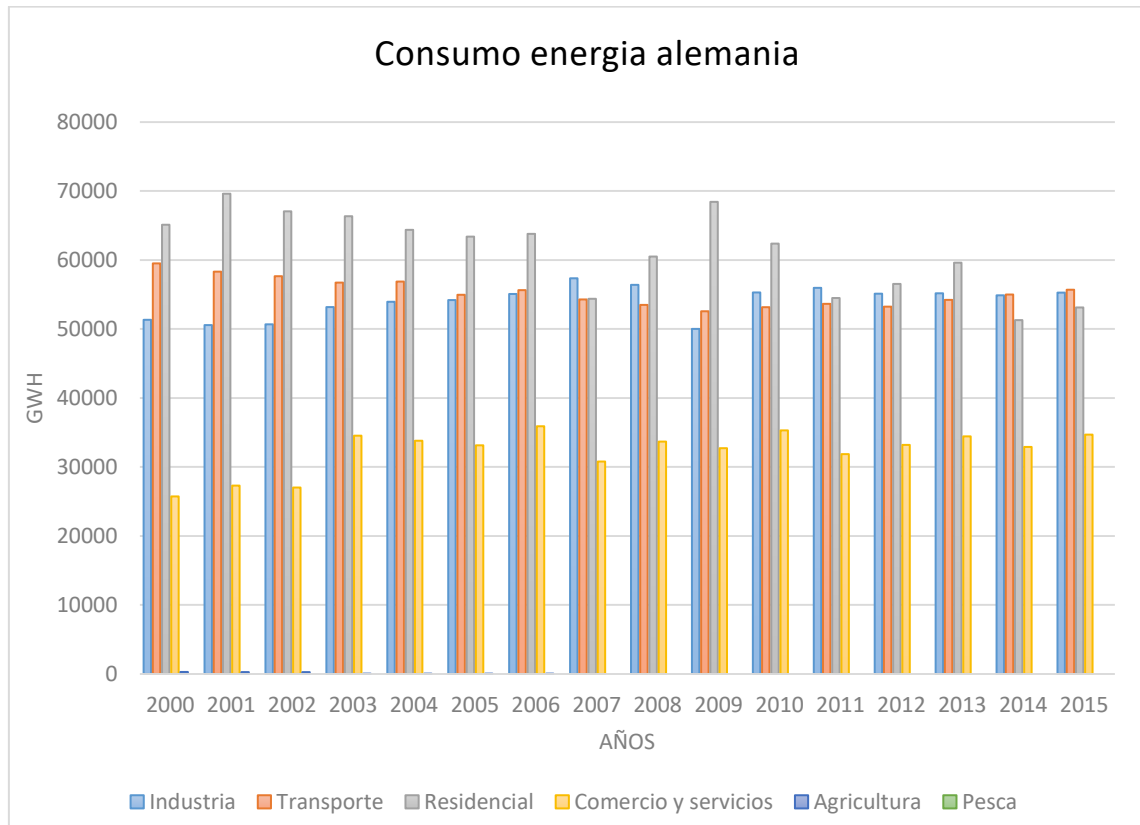


Figura 10: Consumo de Alemania por sectores económicos <sup>(2)</sup>

El consumo energético de Alemania es de  $\approx 200000$  Gwh/año, este consumo se reparte de la siguiente forma (ver **Tabla 4**: Consumo de Alemania por sectores económicos <sup>(2)</sup>):

- **Consumo residencial:** entre un 25% a 35% del consumo total de energía, es donde se produce un mayor consumo de energía, aunque se aprecia a partir del 2008 un descenso en este sector <sup>(2)</sup>
- **Transporte:** entre un 25% a 30% del consumo total de energía, es una partida de consumo que como muestra los datos estadísticos bastante estable <sup>(2)</sup>



- **Industria:** entre un 25% a 30% del consumo total de energía, es la una partida de consumo productivo más importante, pero se puede apreciar en los datos que su crecimiento es de forma muy moderada ( $\approx 2\text{Gwh/año}$ )<sup>(2)</sup>.
- **Comercio y servicios:** es un valor relativamente estable y se encuentra en un  $\approx 15\%$  del consumo energético de Alemania<sup>(2)</sup>
- **Agricultura y Pesca:** El consumo eléctrico del sector primario, es casi nulo  $< 1\%$  del consumo total<sup>(2)</sup>.

Según estos datos, el sector económico más importante para Alemania es el sector industrial (sector secundario), el sector primario (agricultura y pesca) es insignificante y el sector terciario (comercio y servicios) es importante pero no llega a la importancia del sector secundario.

Alemania anunció en 2011 un proceso que va durar décadas con el fin de que su sistema energético se base en el mayor grado posible en energías renovables, a la vez que disminuir en el máximo posible el uso de recursos fósiles y de la energía nuclear. Ha este proyecto “técnico-económico-político” ha recibido el nombre de **Energiewende**<sup>(9)</sup> (Revolución energética).

La **Energiewende** presenta como uno de sus objetivos el cambiar el peso de las energías renovables en el mix energético alemán (ver **Figura 9** Mix energético de Alemania<sup>(2)</sup>), de pasar de un papel secundario a que sean fundamentales, como ya se ha indicado anteriormente, pero además presenta otros objetivos<sup>(3)</sup>:

- **Reducción de gases de efecto invernadero:** En 2016 Alemania había conseguido reducir sus emisiones de dióxido de carbono en un 27,6%, con el que había superado el objetivo del Protocolo de Kioto para 2012. Por lo que se planteó un objetivo más ambicioso una reducción del 40%, la cual parece difícil de alcanzar debido a la alta generación por carbón (**Figura 9** Mix energético de Alemania<sup>(2)</sup>), y un alto déficit en el avance en la electrificación de los sectores de la calefacción y el transporte<sup>(3)</sup>.
- **Aumento de la eficacia energética:** Se ha entendido que para conseguir la reducción en la emisión de dióxido de carbono (85-90% en 2050) sin reducir el nivel de vida. La primera medida para ello es aumentar la eficacia y reducir con ello la demanda de energía<sup>(3)</sup> (**Figura 11: Consumo de Alemania por sectores económicos**<sup>(2)</sup>). En Este



apartado cabe destacar el sector del transporte, los vehículos eléctricos están ganando peso, pero no es una opción para barcos cargueros ni para aviones<sup>(3)</sup>.

- **Abandono de la energía nuclear:** Este tipo de energía se ve como un riesgo innecesario (accidente de Fukushima) y es demasiado cara. Se ha planificado el cierre de la última planta nuclear en 2022, se espera poder cubrir esta generación de electricidad con las energías renovables y turbinas de gas natural<sup>(3)</sup>

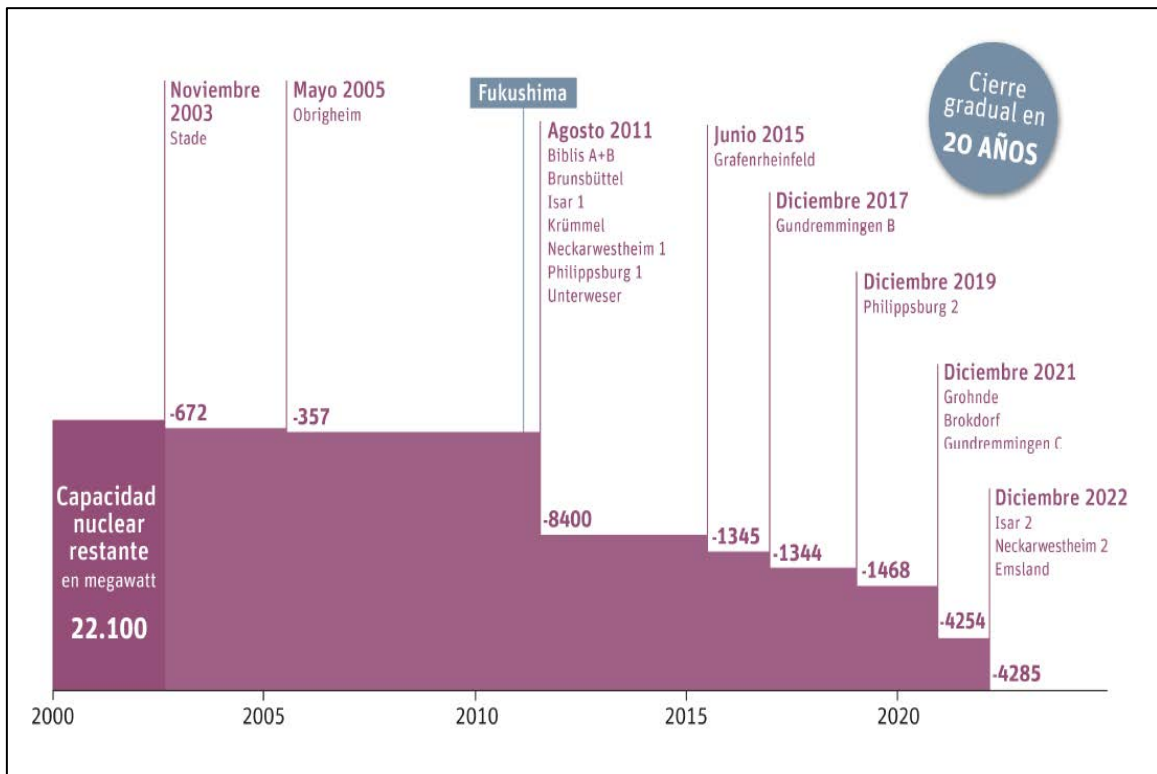


Figura 11: Energía Nuclear en Alemania<sup>(3)</sup>

- **Reducir la dependencia del exterior:** Con el fin de asegurar el suministro energético y de disminuir la dependencia de Alemania de fuentes energéticas exteriores que puedan alterar el mercado interno (crisis energética Ucrania-Rusia)<sup>(3)</sup>
- **Fomento de la economía:** La es una oportunidad para estimular la innovación en tecnología verde y por tanto de crear nuevos empleos ( $\approx 334$  mil personas trabajan en



el sector de las tecnologías verdes en el año 2016 en Alemania), además de posicionar a Alemania como exportador de estas tecnologías <sup>(3)</sup>

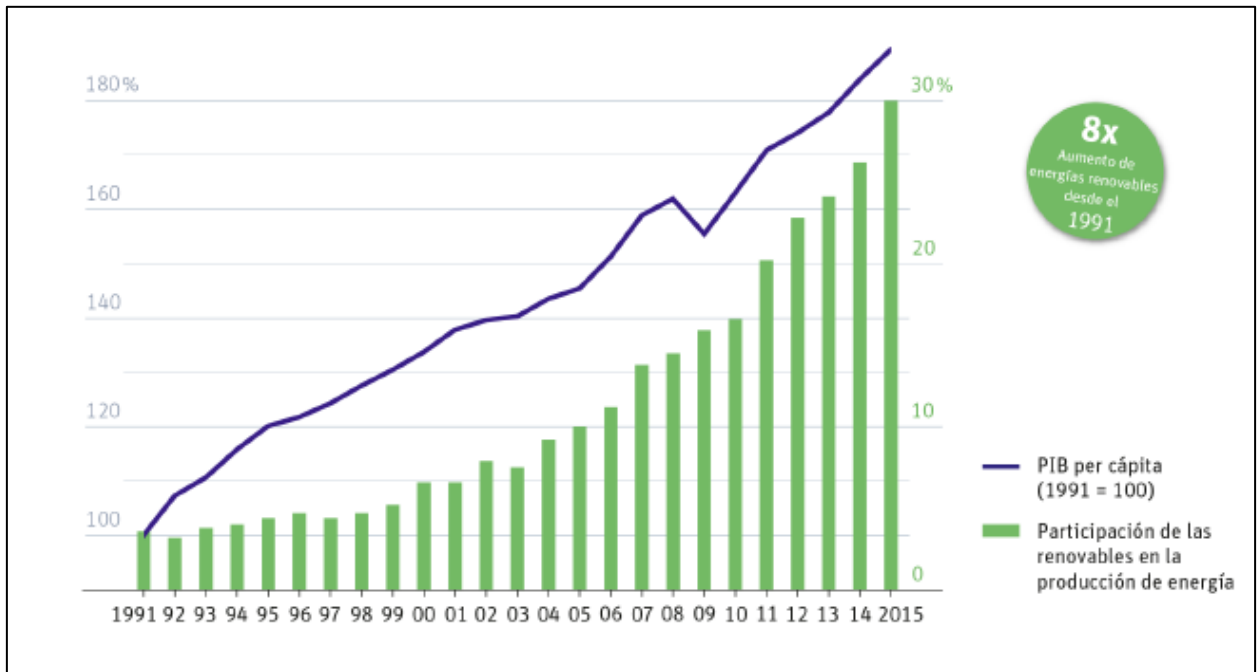


Figura 12 Contribución de las energías renovables al PIB <sup>(3)</sup>

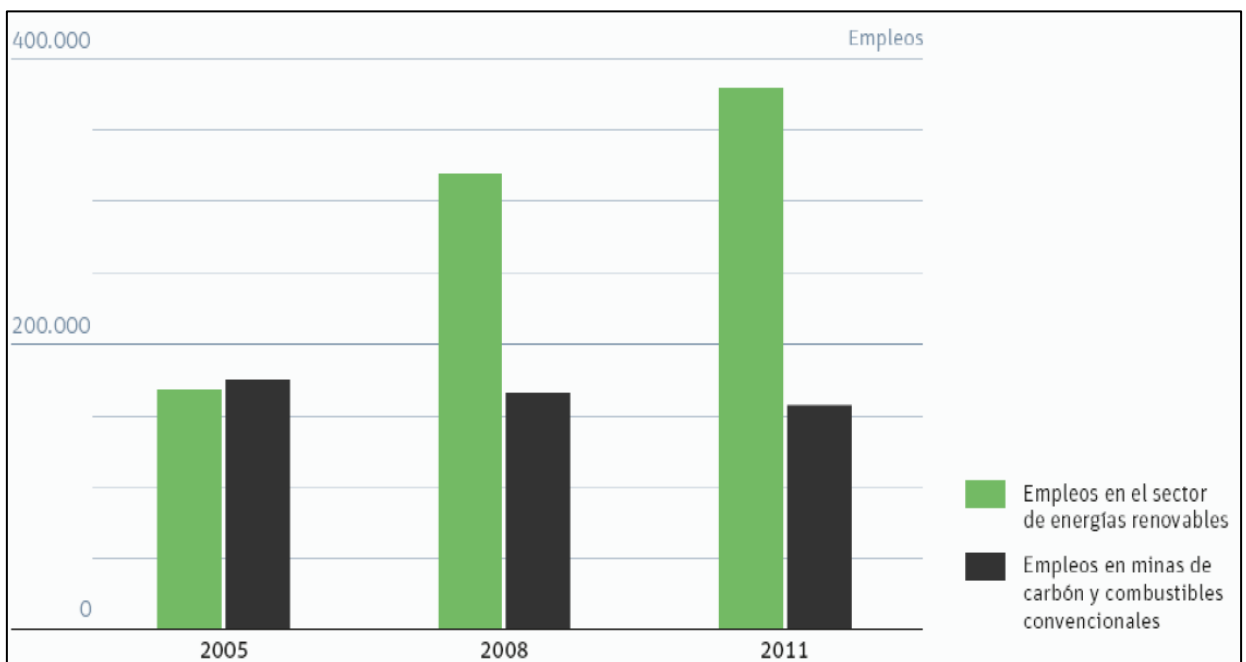


Figura 13 Empleo sector del carbón - sector energías renovables <sup>(14)</sup>



La **Energiewende** está consiguiendo que las energías renovables se integren como energía primaria<sup>4</sup>, en la generación de electricidad<sup>(14)</sup>. Las cuales están formadas la **energía eólica**, **energía fotovoltaica** y **energía de biomasa**<sup>(14) (3)</sup>.

El potencial de la energía eólica es significativamente mayor que el potencial de la energía fotovoltaica, respecto a la biomasa alrededor del 17 % de las tierras de cultivo totales (alrededor de 2.000.000 de hectáreas) están dedicadas a cultivos energéticos<sup>(14)</sup>.

Tanto la energía eólica como la biomasa no son objeto de este estudio, por lo que nos centraremos en la energía fotovoltaica.

Las instalaciones fotovoltaicas están situadas en el sur –oeste del país, al reunir las condiciones más propicias para esta actividad<sup>(14)</sup>.

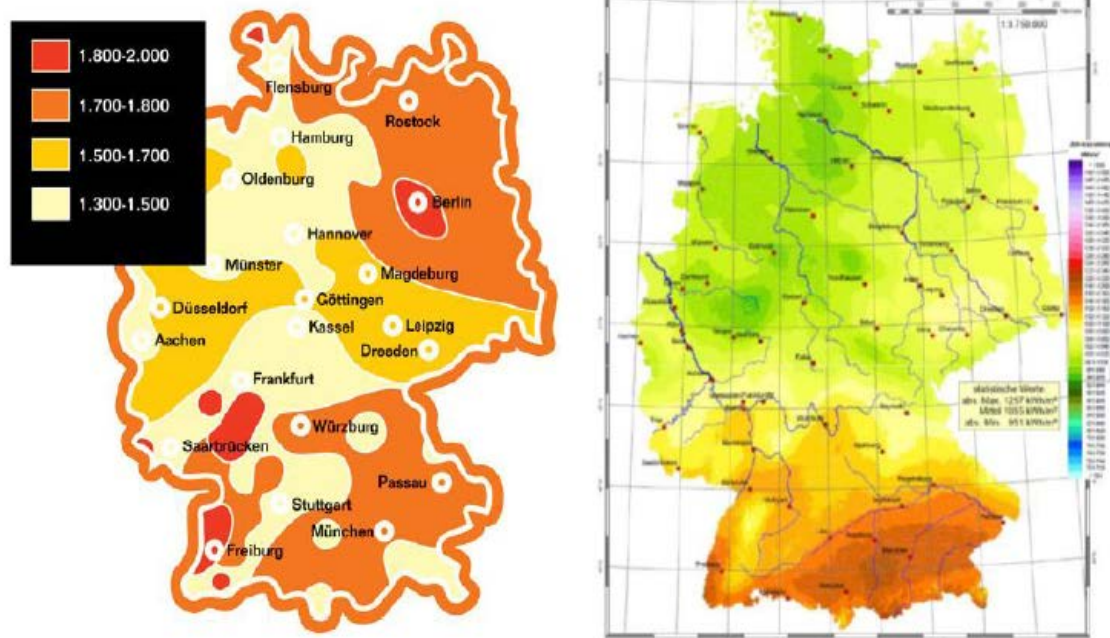
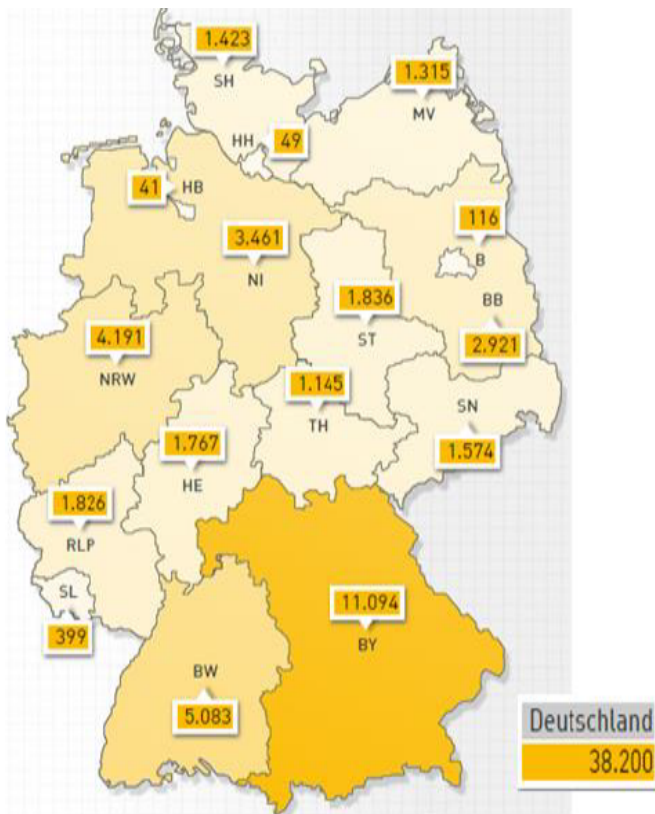


Figura 14 : Distribución en Alemania horas/año e irradiación solar<sup>(14)</sup>

<sup>4</sup> Energía primaria: es la cantidad de energía introducida en un sistema de suministro a diferencia de la “energía útil”, que es la que los usuarios reciben del sistema de suministro. En el caso de la energía eólica y solar en términos de energía primaria/energía útil<sup>(3)</sup>



Principales estados en potencia solar fotovoltaica (MW)
Baviera (BY): 11.094
Baden-Wurtemberg (BW): 5.083
Renania del Norte-Westfalia (NRW): 4.191
Baja Sajonia (NI): 3.461
Brandemburgo (BB): 2.921

Figura 15: potencia solar fotovoltaica en Alemania<sup>(14)</sup>

Alemania ha tenido un fuerte compromiso con esta tecnología que inicialmente era una tecnología cara. Sin embargo actualmente es mucho más barata que la energía eólica offshore, es competitiva con respecto a la biomasa y se espera que sea también competitiva también respecto a la eólica onshore<sup>(3)</sup> (ver **Figura 17: Coste previsto de generación de energía en Alemania**<sup>(14)</sup>). Esto ha permitido un fuerte incremento tanto de la potencia instalada en las plantas (**Figura 20: Tipo de plantas fotovoltaicas instaladas en Alemania**<sup>(15)</sup>) como a nivel global (**Figura 19: Potencia fotovoltaica instalada Alemania**<sup>(2)</sup>).

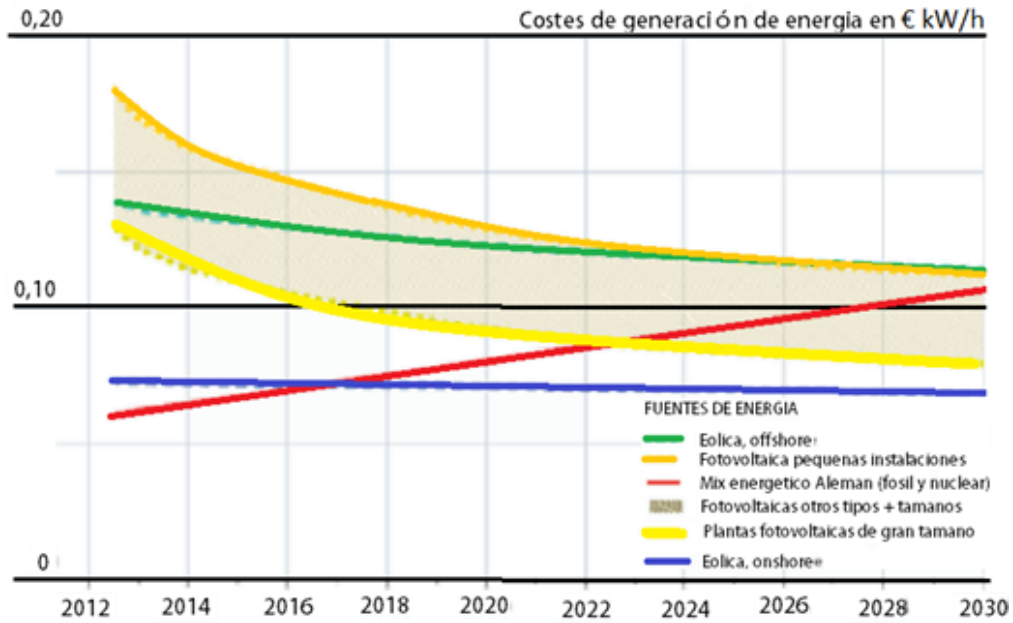


Figura 16: Coste previsto de generación de energía en Alemania<sup>(14)</sup>

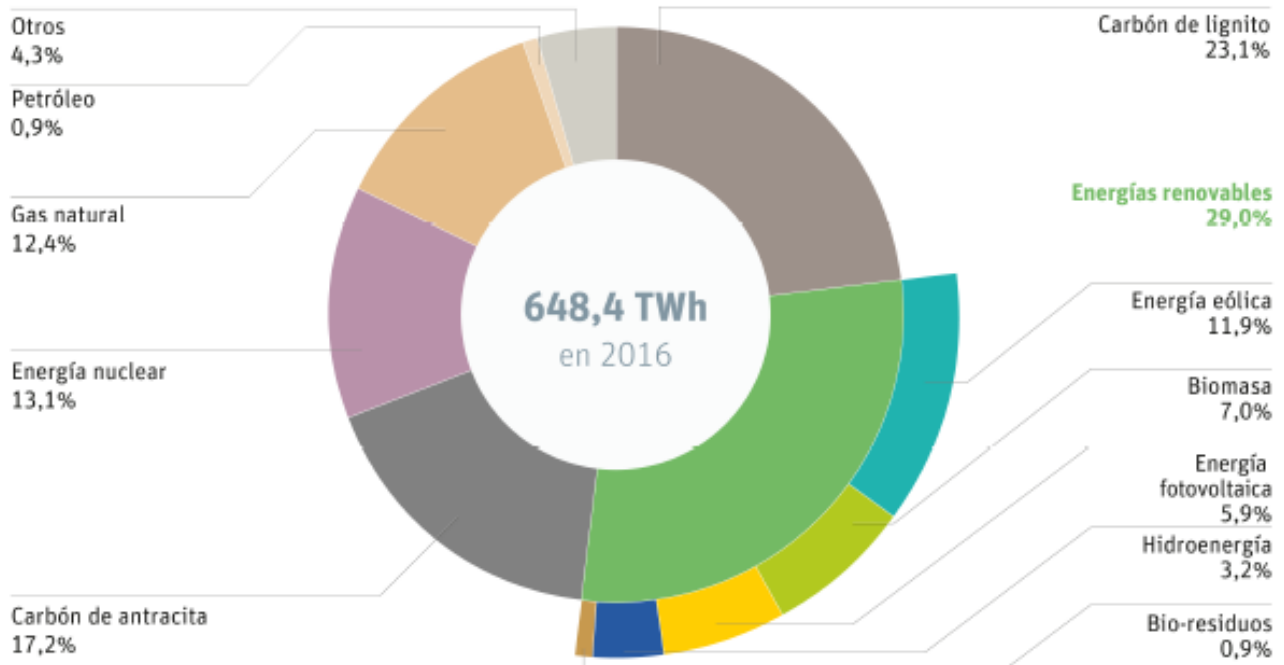


Figura 17: Mix de generación bruta electricidad 2016 en Alemania<sup>(14)</sup>



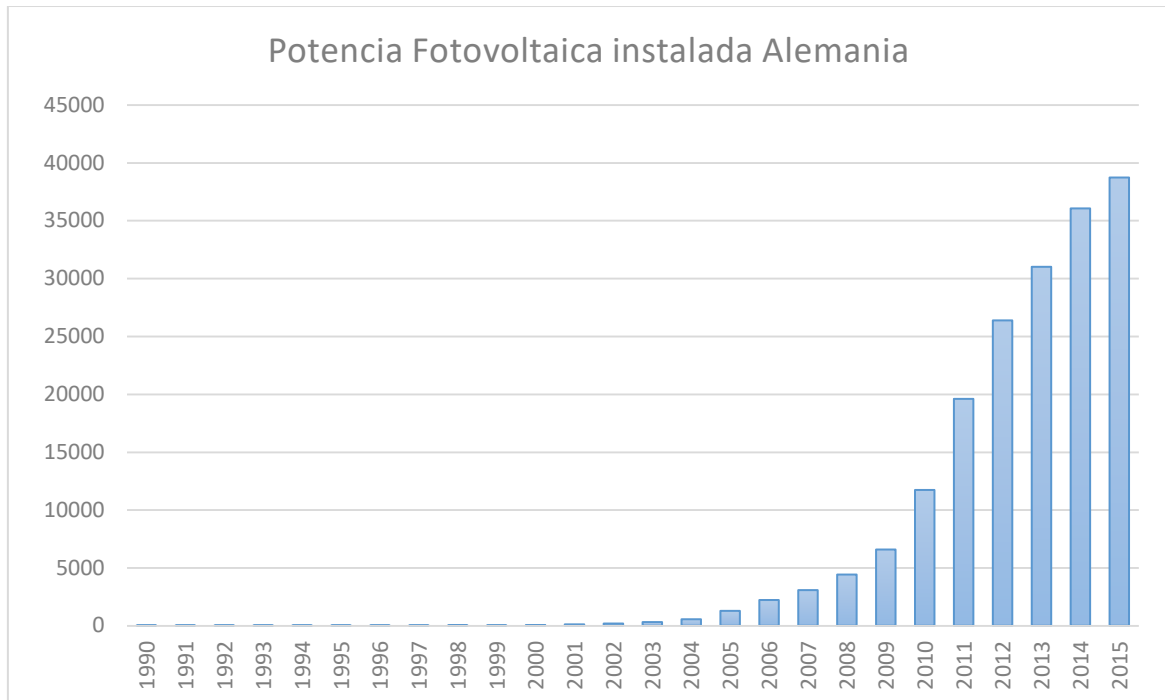


Figura 18: Potencia fotovoltaica instalada Alemania <sup>(2)</sup>

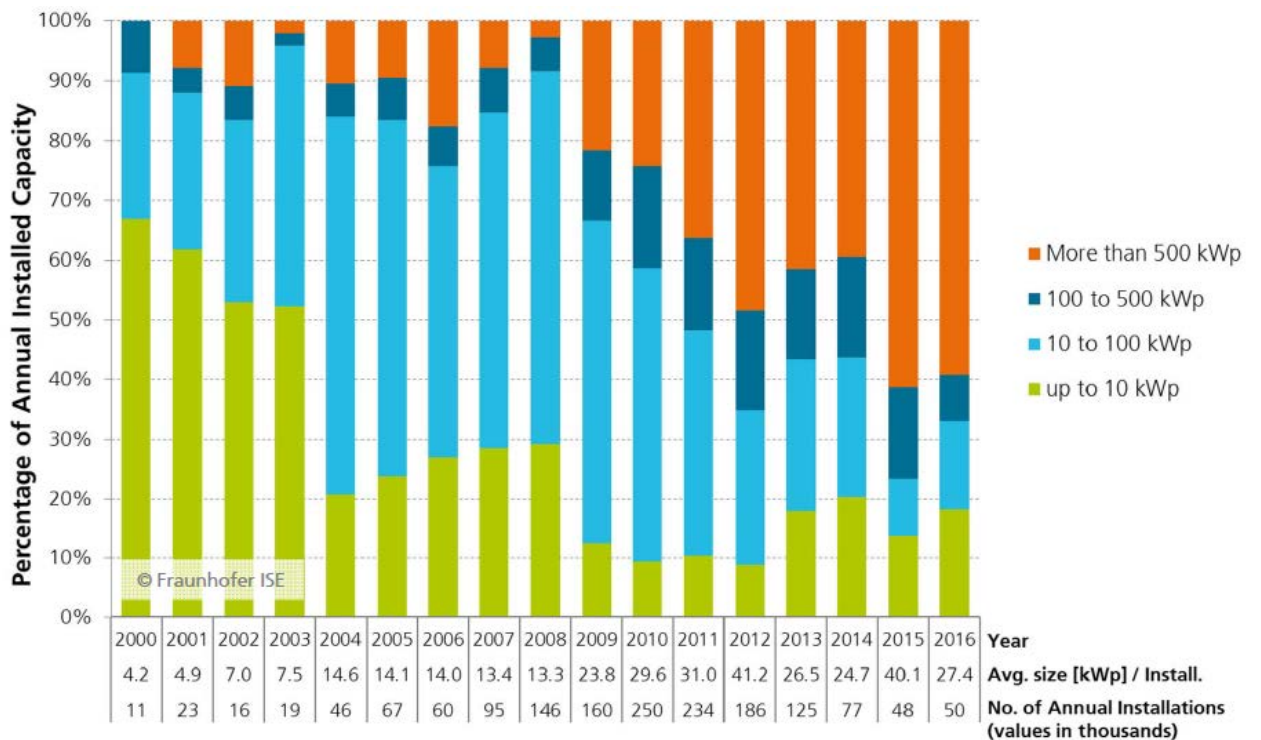


Figura 19: Tipo de plantas fotovoltaicas instaladas en Alemania <sup>(15)</sup>





A continuación se va detallar el marco normativo que ha permitido a Alemania realizar este incremento de la potencia eléctrica fotovoltaica instalada.

### 3.1 NORMATIVA EN ALEMANIA

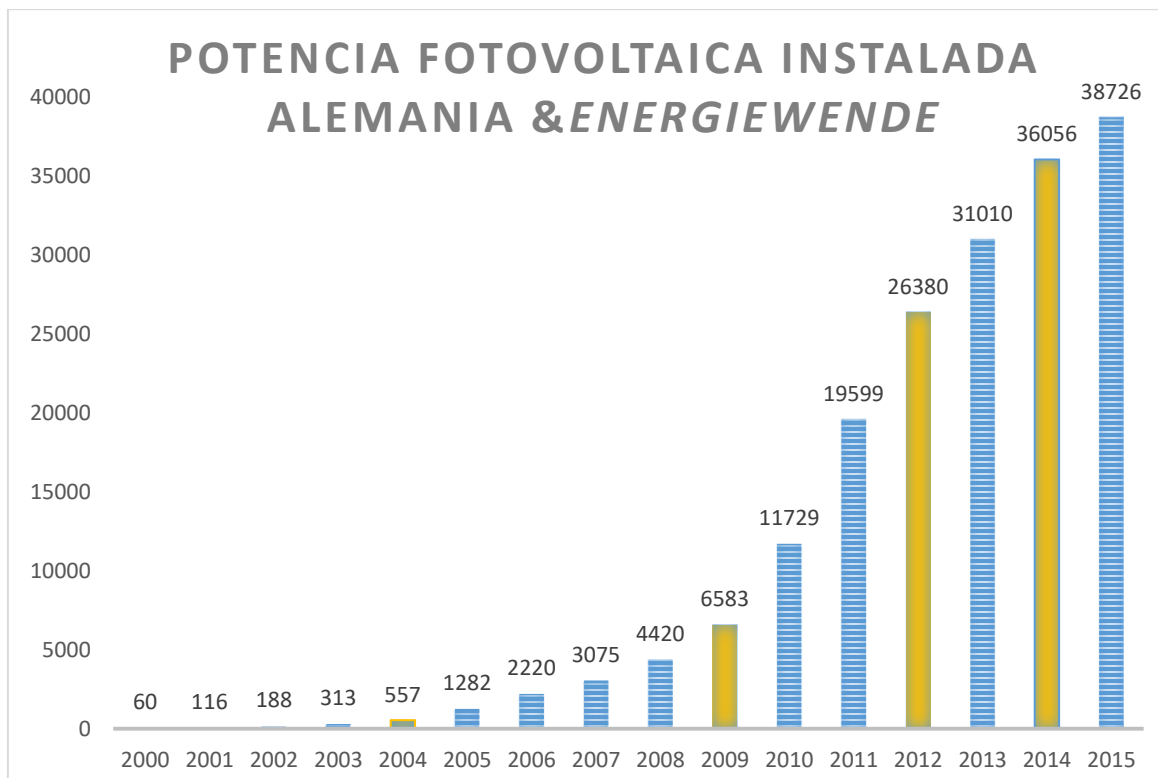
No hay ninguna legislación que haya sido tan estudiada en el mundo como la **LEY de ENERGÍA RENOVABLE (EEG** por sus siglas en alemán) **de Alemania** <sup>(3)</sup>, esta ley es la base para la **Energiewende**.

La cronología de las principales legislaciones es:

$\Delta$	Potencia fotovoltaica	año	LEGISLACIÓN
	60 GWh	2000	* Ley extra de calefacción y electricidad * <b>Ley de energías Renovables</b>
56 GWh	116 GWh	2001	* Inversión en el programa "futuro"
72 GWh	188 GWh	2002	* Ley combinada de calefacción y electricidad * Energieeffizienz * Modificación de las tarifas para la instalación de renovables
369 GWh	557 GWh	2004	* <b>Enmienda de la Ley de Energías Renovables</b> * Programa Solarthermie 2000Plus
725 GWh	1282 GWh	2005	* Ley de la Industria Energética (Energiewirtschaftsgesetz) * Financiación del banco KfW del programa de producción de energía solar * Quinto programa de investigación de energía
938 GWh	2220 GWh	2006	* Programa de investigación de Klimazwei * Fundación del centro de desarrollo de energía solar
855 GWh	3075 GWh	2007	* Programa de cambio climático y energía
1345 GWh	4420 GWh	2008	* Paquete de leyes sobre el cambio climático y el programa energético
2163 GWh	6583 GWh	2009	* <b>Enmienda de la Ley de Energías Renovables</b> * Financiación del banco KfW del programa de energías renovables y del programa de eficiencia energética y rehabilitación (Energieeffizient Sanieren) * Ley de energías Renovables para la calefacción * Plan de Desarrollo Nacional de Electro movilidad
5146 GWh	11729 GWh	2010	* Plan Nacional de Accion Energética * Energy Concept * Ley de cuotas de biocombustible



$\Delta$	Potencia fotovoltaica	año	LEGISLACIÓN
7870 GWh	19599 GWh	2011	* Financiación del banco KfW del primer parque eólico en alta mar * Ley de expansión de red Netzausbaubeschleunigungsgesetz * Proceso de monitorización de La energía del futuro * Ley sobre el medioambiente y clima y energías renovables * Sexto programa de investigación de energía * Programa del cierre progresivo de nucleares
6781 GWh	26380 GWh	2012	* Acuerdos de cogeneración con la industria * <b>Enmienda de la Ley de Energías Renovables</b>
9676 GWh	36056 GWh	2014	* Plan Nacional de Acción Energética * <b>Enmienda de la Ley de Energías Renovables</b>

Tabla 2: principal legislación alemana<sup>(9)</sup>Figura 20: Potencia fotovoltaica instalada en Alemania & Energiewende<sup>(9) (2)</sup>



Este trabajo se centrará en la ley de **Energía Renovables** (EEG), sus distintas modificaciones y como estas afectan a la energía fotovoltaica.

### 3.1.1 LA LEY DE ENERGÍAS RENOVABLES EEG - (Erneuerbare-Energie-Gesetz)

La Ley de Energía Renovables (EEG) entra en vigor en 29/03/2000, el objetivo de esta ley era aumentar la contribución de las energías renovables al suministro de electricidad en conformidad a los objetivos de la **Unión Europea** <sup>(16)</sup>.

Esta ley rige la compra y el pago de la electricidad de las energías renovables (entre ellas la energía solar fotovoltaica). Además fija la obligación de los operadores de red a conectar las plantas de generación eléctrica y aceptar esta electricidad como prioridad <sup>(16)</sup>.

Los costes necesarios para la conexión a la red, corre a cargo del operador de la instalación, los costes por ampliación de la red de suministro requerido por la recepción y transmisión de la energía de las nuevas plantas corren a cargo del operador de red <sup>(16)</sup>.

La remuneración para las plantas de energía solar ascenderá al menos a 0.99 € kW/h. A partir del 1 de Enero de 2002 esta remuneración se irá disminuyendo un 5% cada año, para las instalaciones que se pusieran después de dicha fecha. La obligación de pagar a dicho precio decaerá en aquellas plantas fotovoltaicas se pongan en funcionamiento después del 31 de diciembre del 2001 y alcancen una potencia instalada de 350 megavatios <sup>(16)</sup>.

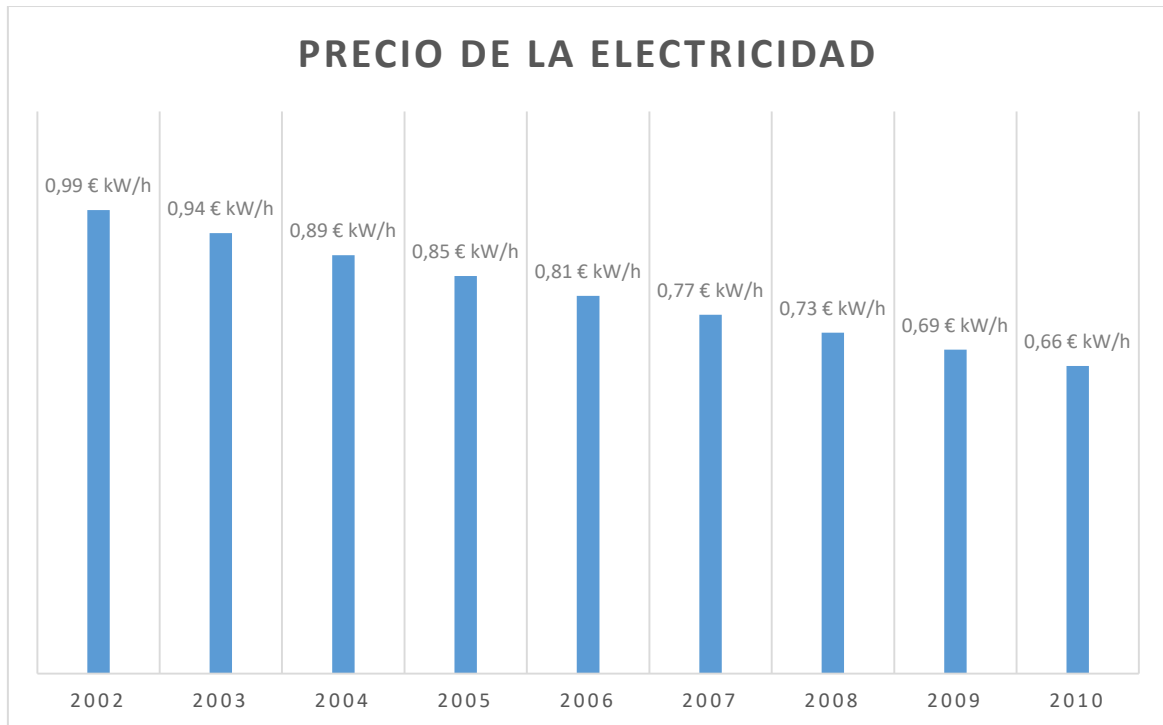


Figura 21: Precio electricidad plantas fotovoltaicas EEG 2000

### 3.1.2 Enmienda de la Ley EEG en 2004

En julio de 2004 se aprueba una modificación de la ley **EEG**. El propósito de esta enmienda es la de incrementar el porcentaje de energía renovable de 12,5 % en 2010 a un 20 % en 2020 <sup>(17)</sup>.

Esta enmienda, para la energía solar fotovoltaica fija un precio mínimo de al menos 45,7 centavos por kilovatio-hora. Este precio mínimo se incrementara si está integrado en una instalación de techo <sup>5 (17)</sup>:

- En al menos 0.574 € kW/h hasta una capacidad de 30 kW
- En al menos 0.546 € kW/h para una capacidad mayor de 30 kW
- En al menos 0.54 € kW/h para una capacidad de 100 kW o mas

El precio mínimo se incrementara en 0.05 € kW/h para las instalaciones de fachada<sup>6</sup>

<sup>5</sup> La norma define como “planta que se conecta o se integra en la parte superior de un muro de protección contra el ruido o un edificio”, a este tipo de instalaciones las denominaremos a partir de ahora como **Instalación de techo**

<sup>6</sup> La norma define como “planta que se conecta y no se integra en la parte superior de un muro de protección contra el ruido o un edificio, pero está diseñada para ser el techo del edificio o forma una



En lo referente a plantas de generación estas se seguirán rigiendo por lo indicado en la ley de EEG del 2000 <sup>(17)</sup>

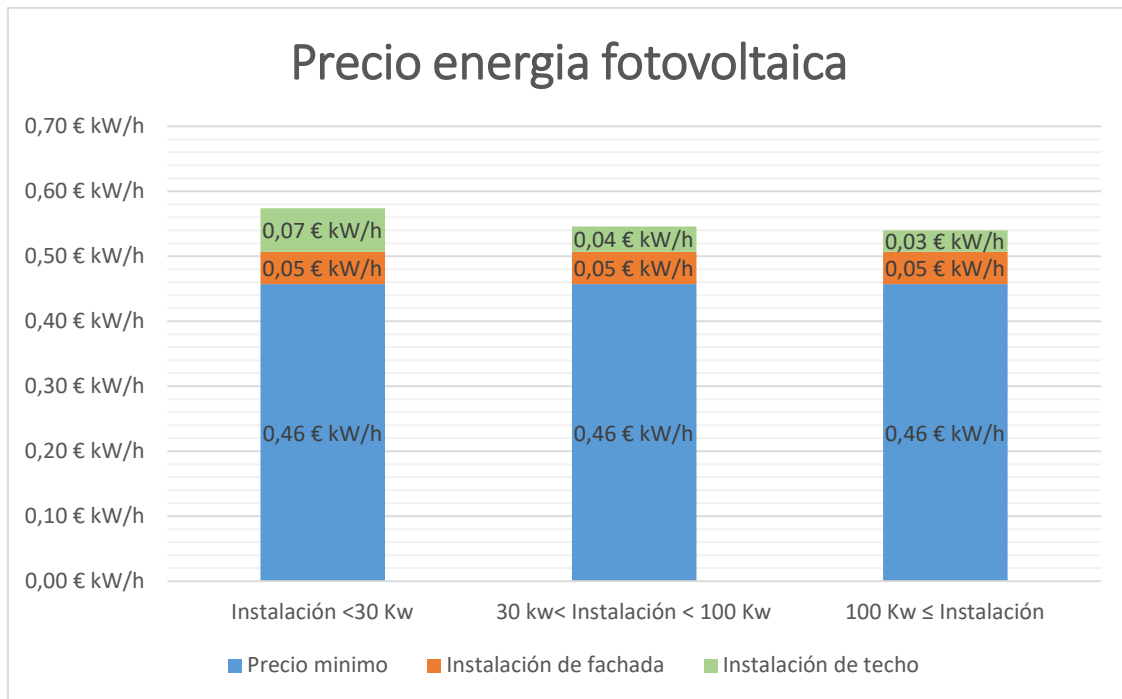


Figura 22: Resumen precio EEG2004 <sup>(17)</sup>

### 3.1.3 Enmienda de la Ley EEG en 2009

En 2009 se aprueba una nueva reforma de la EEG. El propósito de esta enmienda es de facilitar el desarrollo sostenible del suministro de energía reduciendo los costos del suministro de energía y promover un mayor desarrollo de tecnologías para la generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovables, además se fija como objetivo aumentar la proporción de fuentes de energía renovables en el suministro de electricidad a por lo menos 30 % para el año 2020 y aumentar continuamente esa participación a partir de entonces <sup>(18)</sup>.

Para instalaciones la remuneración asciende a 0,2111 € kW/h, y para instalaciones de techo o fachada será <sup>(18)</sup>:

- Potencia  $\leq$  30 Kw será de 0,2874 € kW/h
- 30 Kw < Potencia  $\leq$  100 Kw será de 0,2733€ kW/h

---

parte sustancial del edificio”, a este tipo de instalaciones las denominaremos a partir de ahora como **Instalación de fachada**



- 100 Kw < Potencia ≤ 1 Mw será de 0,2586 € kW/h
- Potencia > 1 Mw 0,2156 € kW/h

Con el fin de ajustar los costes del sistema se aprueban una reducción progresiva de las tarifas para las instalaciones puestas en servicio antes del 1 de enero de 2010<sup>(18)</sup>:

- En instalaciones
  - o Un 10.0 % en el año 2010 y un 9.0 % a partir del año 2011 en adelante
- En las instalaciones de techo y fachada
  - o Con una capacidad máxima de 100 kilovatios, será del 8,0 % en el año 2010 y del 9.0 % a partir del año 2011 en adelante

Estos porcentajes se modificaran según:

- o Aumentará en 1.0 punto porcentual tan pronto como la capacidad de las instalaciones exceda:
  - 1.500 megavatios en el año 2009
  - 1.700 megavatios en el año 2010,
  - 1.900 megavatios en el año 2011
- o Disminuirá en 1.0 punto porcentual tan pronto como la capacidad de las instalaciones quede por debajo
  - 1.000 megavatios en el año 2009
  - 1.100 megavatios en el año 2010
  - 1.200 megavatios en el año 2011

### 3.1.4 Enmienda de la Ley EEG en 2012

En 2012 se aprueba una nueva reforma de EEG en 2012, cuyo objetos es seguir ajustando (reduciendo) los costos económicos del suministro eléctrico mediante la inclusión de los efectos a largo plazo. Aumentar la proporción de energía renovable en el suministro de electricidad<sup>(19)</sup>.

1/ 35% para el año 2020.



2/ 50% para el año 2030

3/ 65% para el año 2040

4/ 80% para el año 2050

Otro objetivo aumentar la participación de energías renovables en el consumo bruto de la energía final en al menos 18% para 2020<sup>(19)</sup>

La cantidad de energía subvencionada será de 2500 a 3500 megavatios anualmente. La tarifa será de 0,2111 € kW/h, aunque esta puede aumentar a 0,2207 € kW/h si la instalación se construye en una zona de desarrollo local<sup>7 (20)</sup>

La tarifa para **instalaciones de techo** es<sup>(20)</sup>:

- 0,2874 € kW/h para los primeros 30 kilovatios de la capacidad instalada
- 0,2733 € kW/h para la capacidad instalada entre 30 y 100 kilovatios
- 0,2586 € kW/h para la capacidad instalada entre 100 kilovatios y 1 Megavatio
- 0,2156 € kW/h para la capacidad instalada de más de 1 megavatio

En lo referente al autoconsumo, para **instalaciones de techo** con una capacidad máxima de 500 Kilovatios, el operador de la instalación tendrá derecho al pago de la tarifa cuando el operador de instalación o un tercero estén utilizando la electricidad en las inmediaciones de la instalación y la electricidad no se transmite a través de un sistema de red<sup>(20)</sup>:

- 0,1638 € kW/h para la porción de la electricidad que no exceda el 30 % de la electricidad generada por la instalación en el mismo año
- 0,12 € kW/h por la porción de la electricidad que excede el 30 % de la electricidad generada por la instalación en el mismo año.

Tarifas anteriormente indicadas sufrirán modificaciones

---

<sup>7</sup> Se entiende como dichas parcela:

- Parcela que ya estaban selladas cuando se adoptó la decisión de elaborar o modificar el plan de desarrollo local
- En tierras utilizadas con fines económicos, de transporte, de vivienda o militares, y al momento de adoptar la decisión de elaborar o enmendar el plan de desarrollo local no se ha declarado, con fuerza legalmente vinculante



- Se reducirán el 1 de enero de cada año a partir del año 2012 en un 9.0 % con relación a 1 de enero del anterior año.
  - o Este porcentaje aumentará desde el año 2012 en adelante tan pronto como la capacidad de las instalaciones excedan:
    - 3.500 megavatios, entonces 3%
    - 4.500 megavatios, entonces 6%
    - 5.500 megavatios, entonces 9%
    - 6.500 megavatios, entonces 12%
    - 7.500 megavatios, entonces 15%
  - o Este porcentaje disminuirá desde el año 2012 en adelante tan pronto como la capacidad de las instalaciones disminuyan:
    - 2,500 megavatios entonces 2.5 %
    - 2,000 megavatios entonces 5%
    - 1,500 megavatios, entonces 7,5%

### 3.1.5 Enmienda de la Ley EEG en 2014

En 2014 se aprueba una nueva reforma de EEG en 2014, cuyo objeto es seguir ajustando (reduciendo) los costos económicos del suministro eléctrico mediante la inclusión de efectos a largo plazo. Además aumentar la proporción de energía renovable en el suministro de electricidad<sup>(21)</sup>.

1/ 40% a 45% para el año 2025

2/ 55% a 60% para el año 2035

Y con estos objetivos aumentar la participación de energías renovables en el consumo bruto de la energía final en al menos 18% para 2020<sup>(21)</sup>.

La cantidad de energía subvencionada será de 2400 a 2600 megavatios anualmente. La tarifa será de 0,0923 € kW/h<sup>(22)</sup>

La tarifa para **instalaciones de techo** es<sup>(22)</sup>

- 0,1315 € kW/h para una capacidad instalada de 10 kilovatios





- 0,1280 € kW/h para una capacidad instalada de 40 kilovatios
- 0,1149 € kW/h para una capacidad instalada de 1 megavatio
- 0,0923 € kW/h para una capacidad instalada de 10 megavatio

Las tarifas anteriormente indicadas se reducirán cada mes un 0,5 %, esta reducción se modificara según <sup>(22)</sup>:

- La reducción aumentará en la nuevas construcciones si excede la cantidad de energía anual asignada:
  - o Hasta 900 megavatios entonces un 1%
  - o Más de 900 megavatios entonces un 1,4%
  - o Más de 1.900 megavatios entonces un 1,80%
  - o Más de 2.900 megavatios entonces un 2,20%
  - o Más de 3.900 megavatios entonces un 2,50%
  - o Más de 4,900 megavatios entonces un 2,80%
- La reducción mensual se reducirá si en la nuevas construcciones no excede la cantidad de energía anual asignada:
  - o Hasta 900 megavatios entonces un 0.25%
  - o Más de 900 megavatios entonces un 0%

## 4 MERCADO FOTOVOLTAICO EN ESPAÑA

España tiene una extensión de 505 370 km<sup>2</sup>, siendo el cuarto país más extenso del continente europeo, es uno de los países más montañosos de Europa. Su población es de unos 46 millones de habitantes <sup>(4)</sup>

España está formada por diecisiete comunidades autónomas y dos ciudades autónomas, es una monarquía parlamentaria <sup>(4)</sup>. Es la décimo tercera economía mundial por PIB nominal (más de 1,5 billones de dólares US) y la quinta de la Unión Europea <sup>(4)</sup>.



Figura 23: España <sup>(4)</sup>

Desde el punto de vista energético, España es un país que apuesta por un mix energético para la producción de energía formado como se puede ver en **Grafica 7: Mix energético España** <sup>(2)</sup> por:

- Carbón
- Hidráulica
- Energía Nuclear
- Biocombustible/ basuras
- Energía renovable (geotérmica/termosolar/fotovoltaica/eólica)

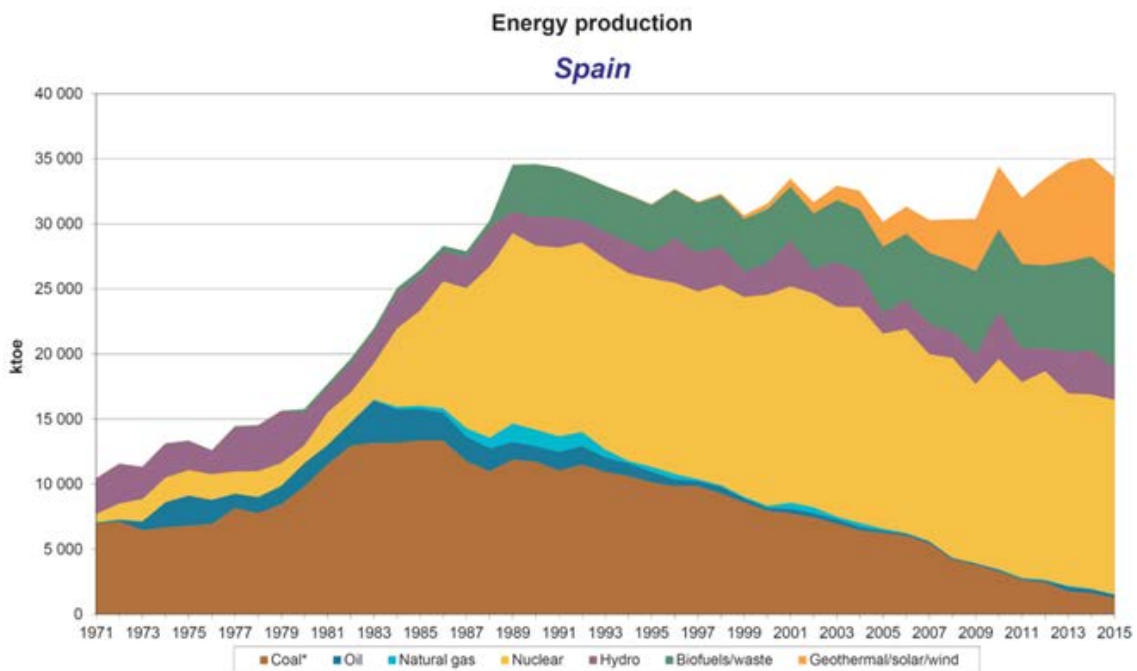


Figura 24: Mix energético España <sup>(2)</sup>

La fuente principal en España, es la energía nuclear, por el contrario el carbón es una fuente de energía en claro retroceso y el resto de fuentes energéticas se mantienen constantes a excepción de las renovables que está aumentando cada año su peso en el mix energético.

España energéticamente es un país netamente importador, importa entre el 75% y el 80% de la energía, su producción de energía es solo entre un 25% a un 20%, respecto a la exportación las cifras indican que se está produciendo un fuerte incremento de un 6% de la energía exportada en el año 2000 a un 30% en el año 2015 <sup>(2)</sup>.

El consumo energético de España es de unos 80000 Gwh/año, este consumo se reparte de la siguiente forma (ver **Figura 28**: Consumo de España por sectores económicos <sup>(2)</sup>):

- **Consumo residencial:** entre un 15% a 20% del consumo total de energía, es una partida del consumo energético que desde el 2000 hasta el 2011 fue creciendo, pero desde entonces se encuentra en unos valores estables de 19 a 20% <sup>(2)</sup>.

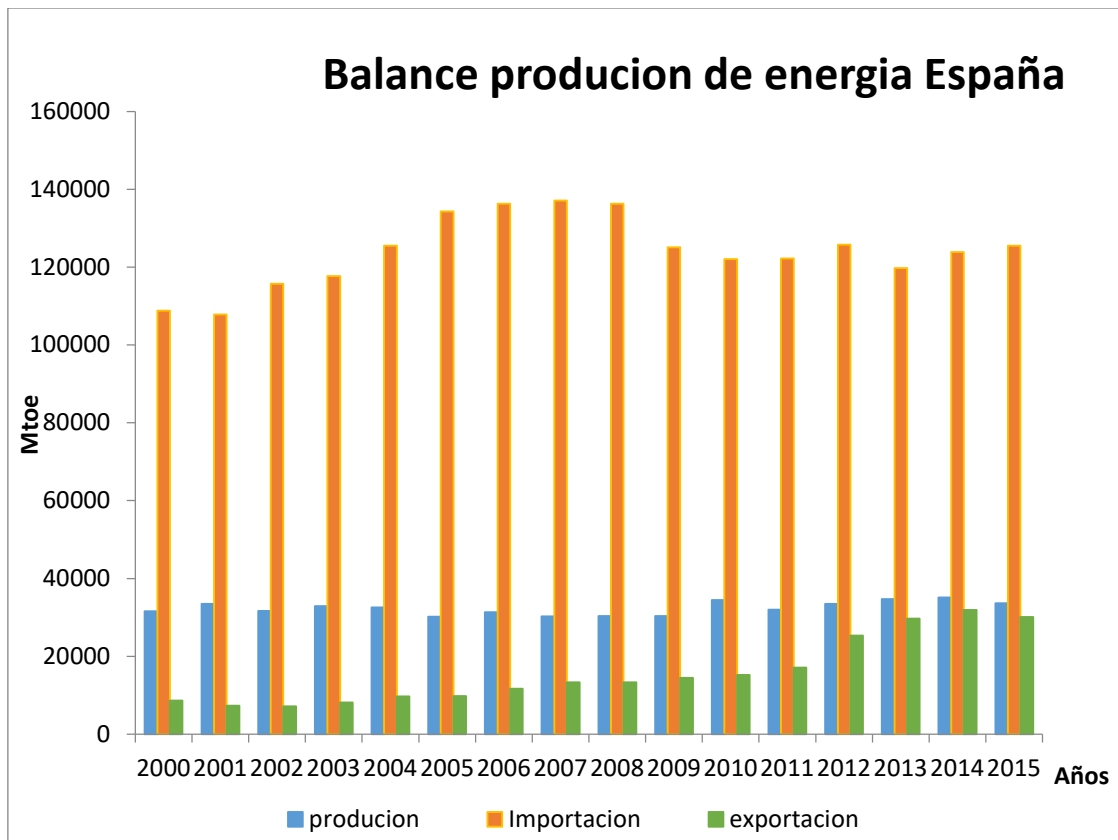


Figura 25: Balance de la producción de energía de España <sup>(2)</sup>

- **Transporte:** entre un 40% a 50% del consumo total de energía, es la partida de consumo más importante con diferencia, se aprecia un pico de consumo en el año 2007 (26856 Gw/h un 50% del consumo) y a partir de dicha fecha se aprecia un descenso debido a la crisis económica, en el año 2013 19842 Gw/h un 37% del consumo. A partir del año 2013 se aprecia una recuperación debido a la salida de la crisis económica <sup>(2)</sup>.
- **Industria:** entre un 20% a 40% del consumo total de energía, es la segunda partida de consumo de energía. En el año 2005 alcanza su máximo (30401 Gw/h un 39% del consumo total de energía) y a partir de dicha fecha se produce un descenso de unos 2 Gw/h año <sup>(2)</sup>.
- **Comercio y servicios:** es un valor relativamente estable y se encuentra entre un 8 % y un 13% del consumo energético de España <sup>(2)</sup>

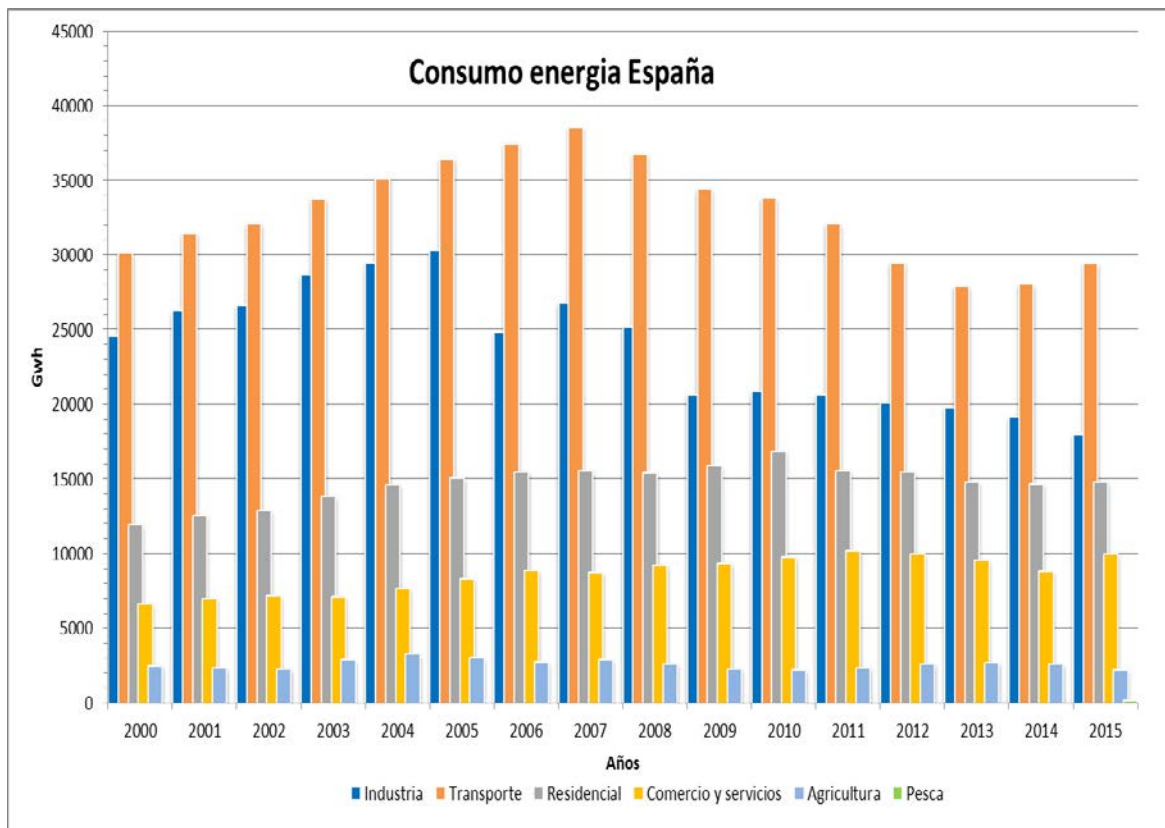


Figura 26: Consumo de España por sectores económicos <sup>(2)</sup>

- **Agricultura:** es un valor pequeño estable y se encuentra entre un 3 % y un 4 % del consumo energético de España <sup>(2)</sup>
- **Pesca:** El consumo eléctrico del sector es casi nulo < 1% del consumo total, aunque desde el año 2013 se está casi duplicando el consumo anua <sup>(2)</sup>.

Año	Consumo pesca
2011	0 Gw/h
2012	39 Gw/h
2013	102 Gw/h
2014	120 Gw/h
2015	227 Gw/h

Tabla 3: Consumo de energía en España del sector de la pesca <sup>(2)</sup>



Los objetivos de la política energética de España deben ser la seguridad en el suministro energético, la competitividad de los mercados de la energía y la protección del medio ambiente. El contexto del panorama energético en España se caracteriza por<sup>(23)</sup>:

- Elevado peso de los hidrocarburos en la cesta energética, ya que alrededor de las dos terceras partes de la demanda de energía primaria se cubre con hidrocarburos.
- Extraordinaria dependencia de las importaciones, el 70% la demanda energética se cubre con importaciones.
- Altas tasas de crecimiento de la demanda energética, en los últimos cuatro años el crecimiento promedio ha sido del 5% anual.
- Crecimiento de la demanda energética superior al crecimiento del PIB, de 1993 a 1999 la eficiencia energética ha disminuido un 9,4%.

La política energética española responde a estos condicionantes, tras la privatización de los sectores eléctricos, promovida por las leyes del sector eléctrico y del sector de hidrocarburos, se está produciendo un profundo proceso de liberalización de los mismos. Los monopolios o cuasi monopolios estatales energéticos se están convirtiendo en empresas privadas de servicios que compiten y que suministran, entre otros servicios, productos petrolíferos, gas y electricidad<sup>(23)</sup>.

Asimismo, se está desarrollando una política de implementación de los aspectos medioambientales de la energía. Como la protección medioambiental en la Ley del Sector Eléctrico y en la Ley del Sector de Hidrocarburos, la creación de Órganos específicos (**Consejo Nacional del Clima** para analizar y definir la estrategia española frente a los compromisos asumidos internacionalmente), la aprobación de un **Plan de Fomento de las Energías Renovables**, así como un **Plan de Eficiencia Energética**, constituyendo ambos el núcleo del impulso que se pretende dar al pilar medioambiental de la política energética<sup>(23)</sup>.

**El Plan Energético 2002-2011**, contiene la Planificación de los sectores de electricidad y Gas, además del Desarrollo de las Redes de Transporte. Es una pieza base en la seguridad del suministro de gas y electricidad<sup>(23)</sup>.

En el Mercado Eléctrico Español, la **Generación** esta liberalizada y la generación como se indica en Figura 26: Mix energético España<sup>(2)</sup>, es a través de:



- **Energía Nuclear:** En España existen ocho centrales nucleares en funcionamiento, suponen una potencia instalada de 7.864,7 MW, lo que supone el 7.3% de la potencia total de la generación eléctrica instalada <sup>(24)</sup>. Desde el punto de vista de la energía nuclear los objetivos se dirigen fundamentalmente al mantenimiento del parque nuclear en condiciones óptimas de seguridad y fiabilidad, la progresiva unificación en su gestión, la permanente puesta al día de los equipos que operan las centrales nucleares, así como la ejecución de programas de I+D en gestión de vida útil y materiales.

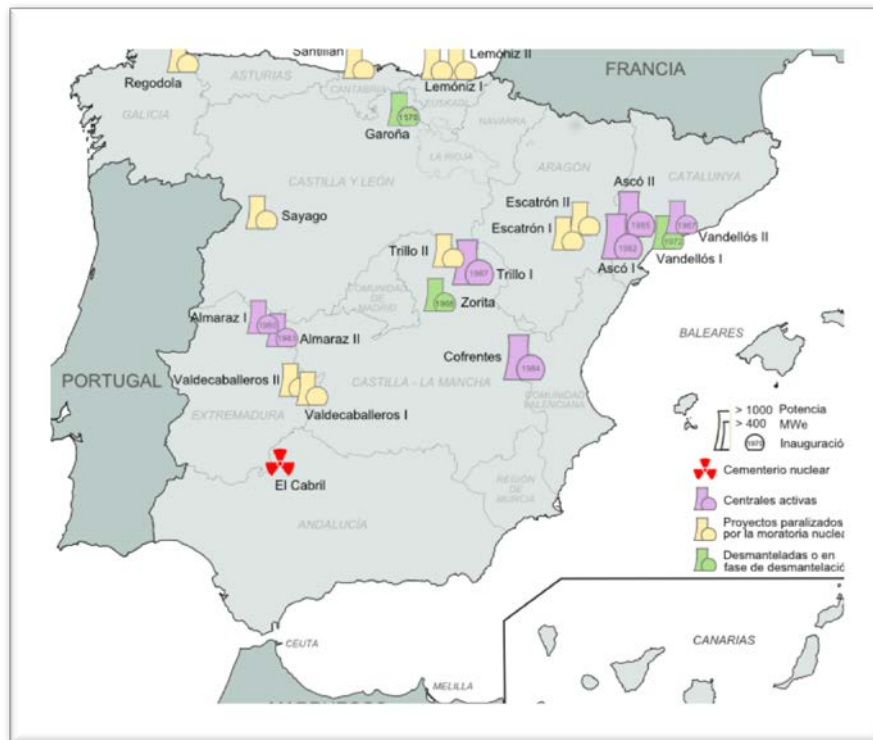


Figura 27: Centrales nucleares en España <sup>(4)</sup>

- **Carbón:** La producción de carbón ha disminuido en 2015 respecto a 2014, en más de un 21%, este sector viene experimentando en las últimas décadas un proceso de reestructuración según las distintas regulaciones europeas y como consecuencia habido una reducción constante del número de empresas del sector y el peso de este en el mix energético español <sup>(24)</sup> <sup>(2)</sup>.



- Energía renovable: El conjunto de las energías renovables en 2015 ha supuesto el 34,6% de la producción eléctrica total<sup>8</sup> (24). Las energías renovables en España se presentaran con más detalle al ser objeto de este estudio más en concreto la energía fotovoltaica.

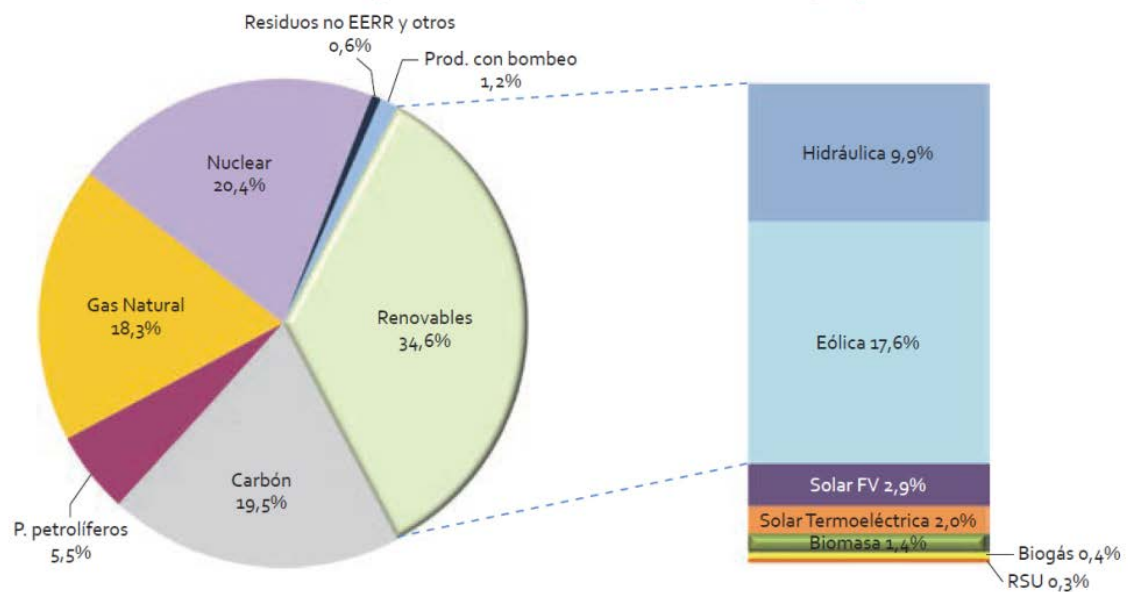


Figura 28: Estructura de generación eléctrica en España (24)

El gobierno de España en 1999 aprobó un plan para el desarrollo de la energía renovable (**Plan de Fomento para las Energías Renovables (PFER)**), donde se establecía los objetivos de crecimiento para cada una de las tecnologías consideradas renovables (26).

El apoyo a este tipo de energías se ha mostrado eficaz en el desarrollo de la energía eólica y en menor medida el resto de energías renovables (26)

<sup>8</sup> Los datos de energía renovables facilitados por el gobierno de España, considera la energía hidráulica como energía renovable a diferencia de la agencia internacional de la energía que no la considera , en el presente trabajo se seguirá el criterio de la agencia de energía internacional





	Generación Eléctrica renovables en 2015		
	Potencia (MW)	Producción (GWh)	Producción Energía Primaria (ktep)
Biomasa	681	3.818	1.716
R.S.U.	234	883	260
Eólica	22.975	49.335	4.243
Solar fotovoltaica	4.798	8.198	705
Biogás	223	1.174	390
Solar termoeléctrica	2.300	5.680	2.231
<b>TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS</b>	<b>31.211</b>	<b>69.088</b>	<b>9.544</b>

Tabla 4: Energías renovables en España en el 2015<sup>(24)</sup>

**La energía eólica** en España representa casi el 74% de la energía renovable instalada (22.975 MW)<sup>(24)</sup>. Es el quinto país del mundo en potencia eólica instalada, da empleo a 22.500 personas en 2017 (llegaron a ser 40.000 en 2008). Es un sector con un fuerte carácter innovador, España es el cuarto país mundial en importación de aerogeneradores y el séptimo por patentes eólicas (2574 millones de euros en 2016). La tendencia en estos últimos años es la del estancamiento en la instalación de nuevos parques, solo se instalaron 38 MW en 2016 y 65 MW en el último trienio (ver Figura 33: Potencia eólica en España<sup>(27)</sup>). Hay 20.292 aerogeneradores repartidos en 1080 parques eólicos en el territorio español, es en Castilla León donde encuentra la mayor concentración de ellos ver Figura 35: Parques eólicos en España<sup>(27)</sup>. La actividad industrial se desarrolla en 210 centros situados en 16 comunidades autónomas y en el que desarrollan toda la cadena de valor de la industria eólica. Durante los últimos años se ha exportado prácticamente el 100% de la producción<sup>(27)</sup>.

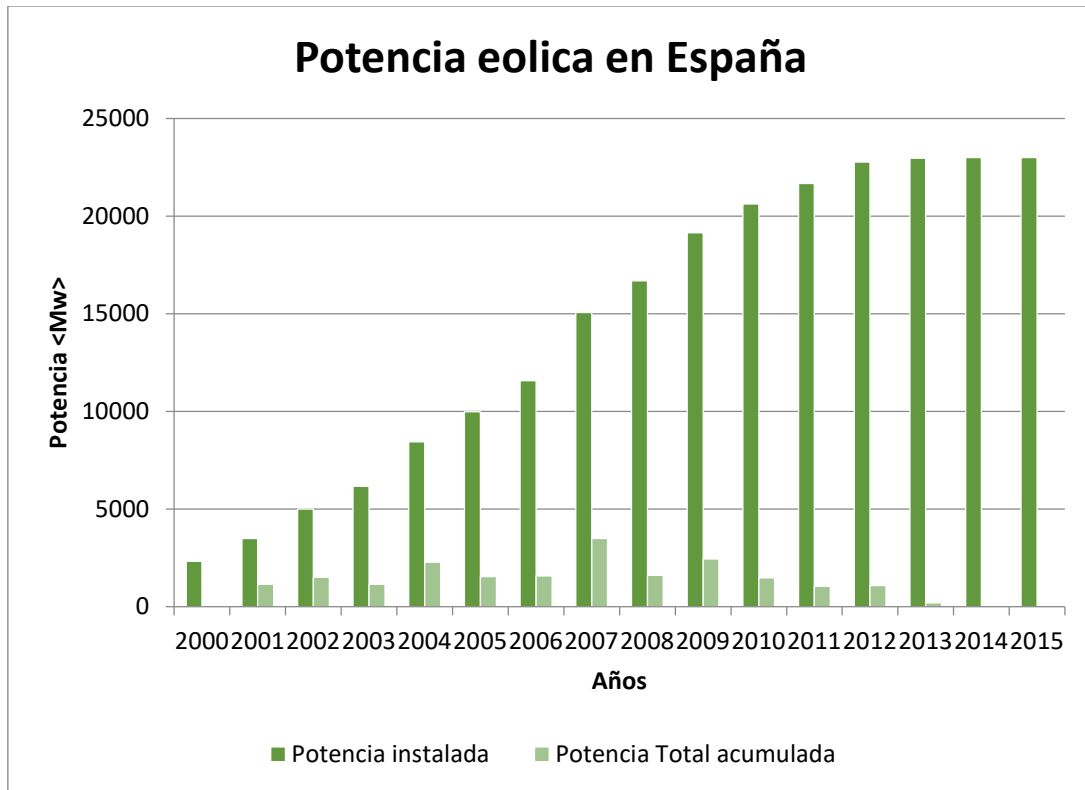


Figura 29: Potencia eólica en España <sup>(27)</sup>

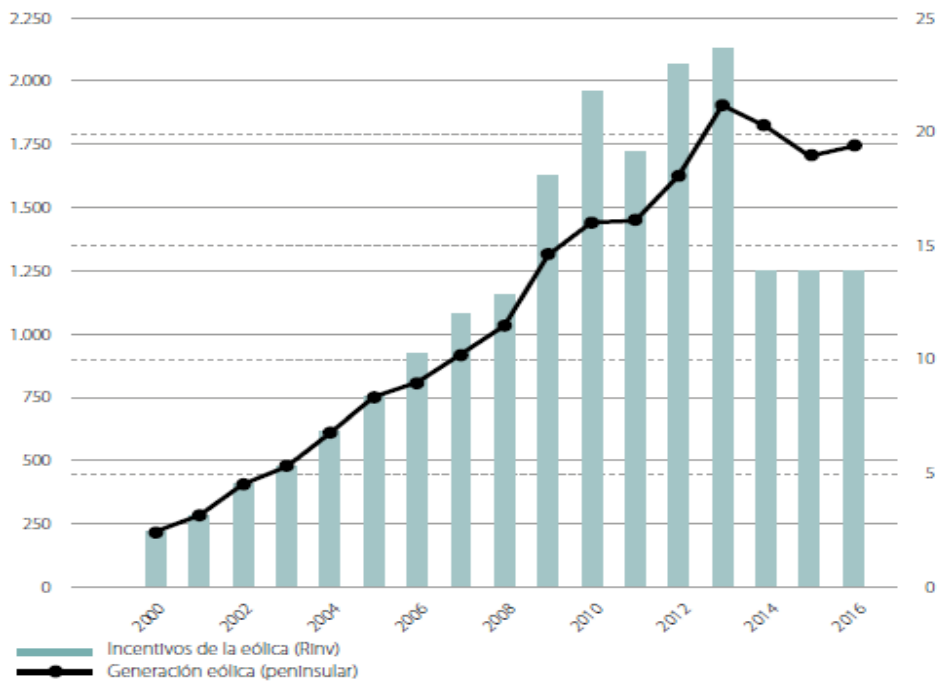


Figura 30: Evolución de los incentivos energía eólica en España



Comunidad autónoma	Acumulado a 31/12/2016	Porcentaje sobre el total	Nº de parques
Castilla y León	5.593	24,29%	243
Castilla-La Mancha	3.807	16,53%	139
Andalucía	3.338	14,50%	153
Galicia	3.330	14,46%	161
Aragón	1.893	8,22%	87
Cataluña	1.269	5,51%	47
Comunidad Valenciana	1.189	5,16%	38
Navarra	1.004	4,36%	49
Asturias	518	2,25%	21
La Rioja	447	1,94%	14
Murcia	262	1,14%	14
Canarias	182	0,79%	57
País Vasco	153	0,67%	7
Cantabria	38	0,17%	4
Baleares	4	0,02%	46
<b>TOTAL</b>	<b>23.026</b>		<b>1.080</b>

Figura 31: Parques eólicos en España <sup>(27)</sup>

A pesar de los números, el sector se encuentra en una situación complicada como consecuencia de los cambios normativos que se han aplicado al sector por la Reforma Energética que ha llevado a una pérdida de valor de los activos y a cambios de titularidad de las empresas, en el año 2017 se han tenido ingresos un 22,8% inferiores a lo previsto <sup>(27)</sup>.

**La energía fotovoltaica** en España representa casi el 15,5 % de la energía renovable instalada en 2015 (4789 MW) <sup>(24)</sup>. Es el octavo país en potencia instalada (ver Tabla 19: Potencia fotovoltaica instalada <sup>(28)</sup>) <sup>(28)</sup>.

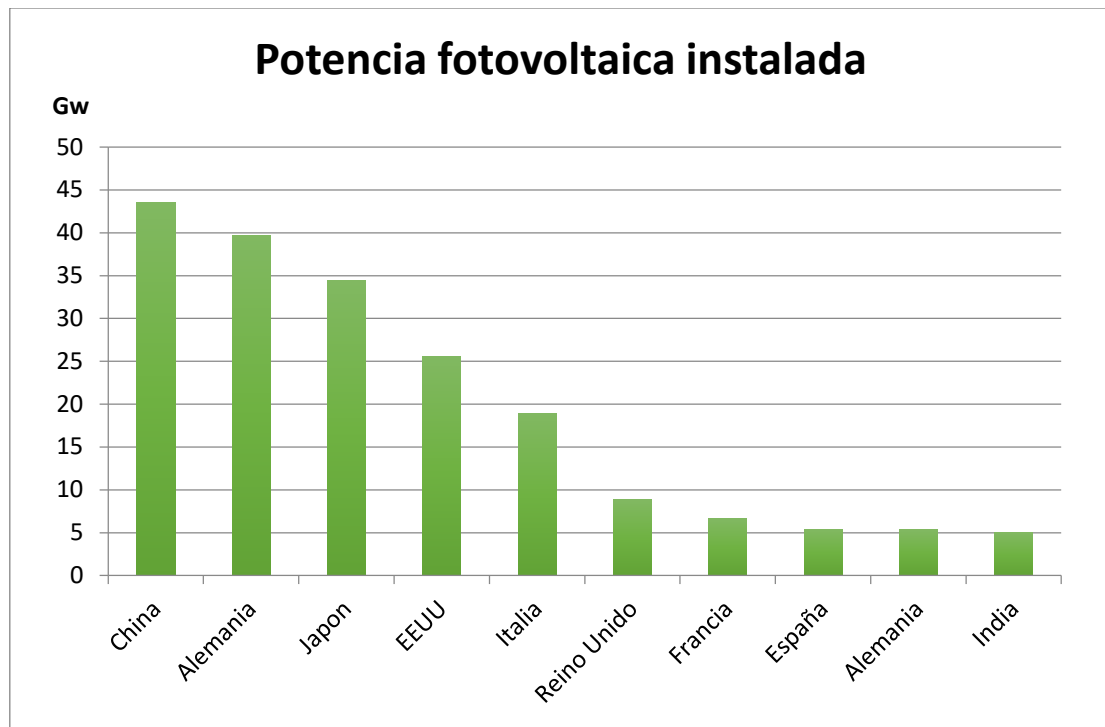


Figura 32: Potencia fotovoltaica instalada <sup>(28)</sup>

A pesar de ser un país con mayor potencial para el desarrollo este tipo de energía renovable, que los países con mayor potencia de energía fotovoltaica instalada como se puede ver las imágenes siguientes:

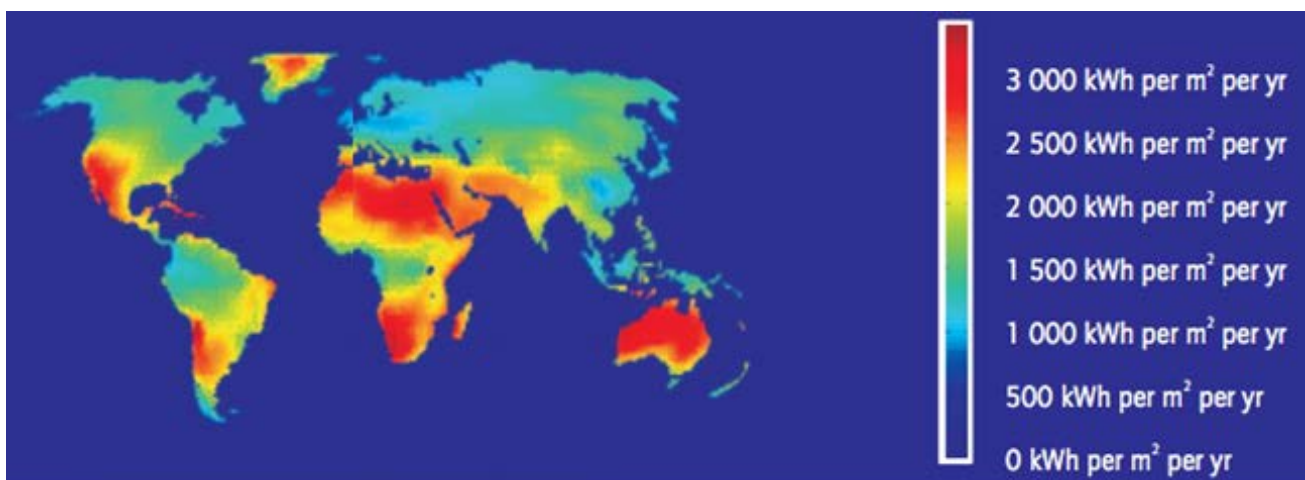
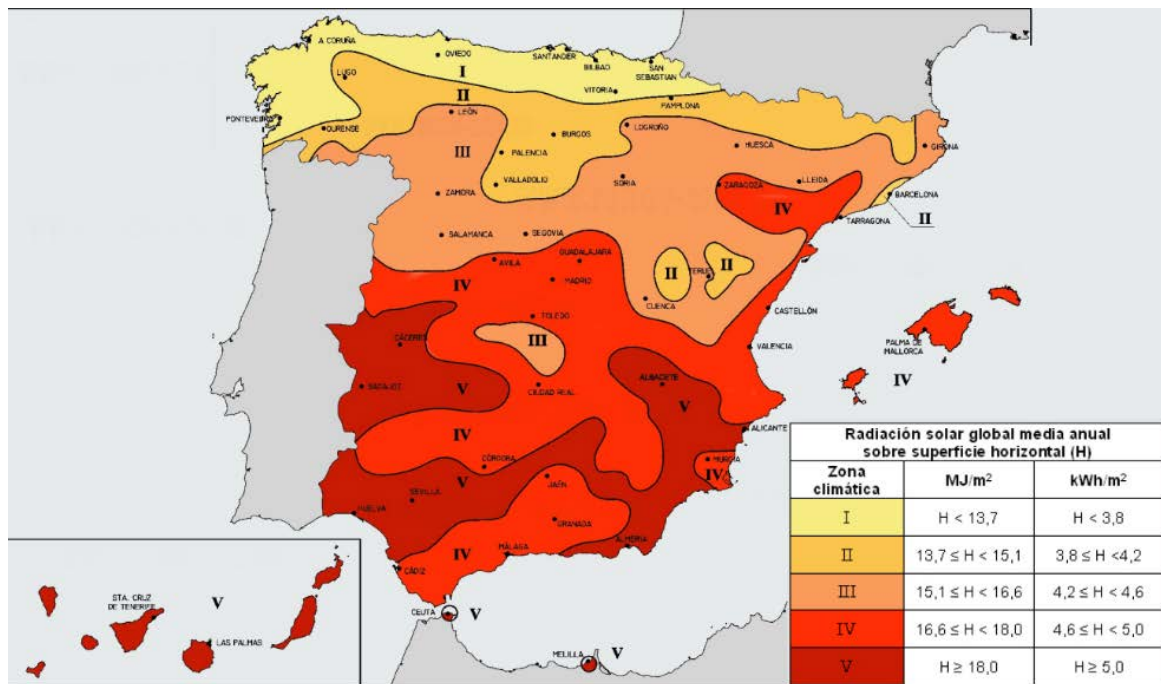


Figura 33: Radiación solar en el mundo <sup>(29)</sup>

Figura 34: Radiación solar en España <sup>(30)</sup>

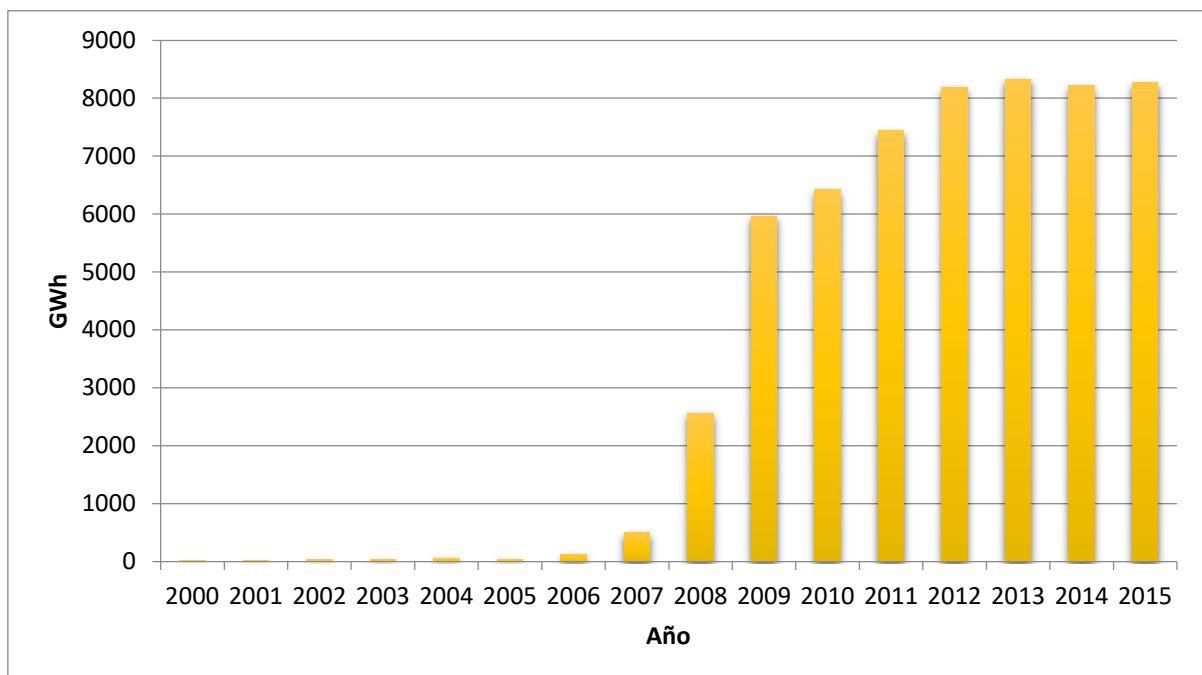
La tecnología fotovoltaica se encuentra instalada en 16 comunidades autónomas (0 potencia en las ciudades autónomas), siendo en Castilla la Mancha donde hay mayor potencia instalada con 923 MW instalados. Por el contrario en Asturias y Cantabria esta tecnología es testimonial con 1 y 2 MW instalados respectivamente <sup>(28)</sup>.

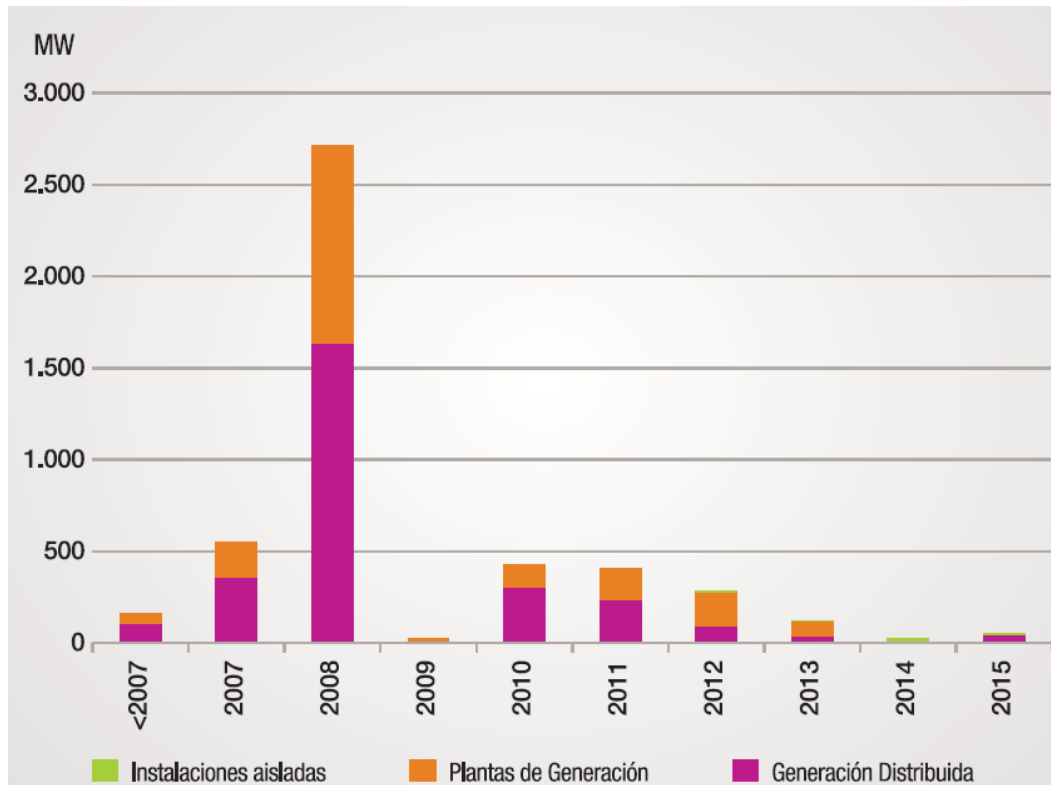
La tendencia es la de un estancamiento de la potencia instalada desde el 2012 hasta el 2015, después del importante repunte producido en los anteriores años desde 2007 a 2012, como se puede ver en la **Figura 40**: Potencia instalada en España <sup>(2)</sup> <sup>(2)</sup>.

En el mercado fotovoltaico español se puede encontrar **Instalaciones conectadas a la red** o **Instalaciones de autoconsumo**, siendo durante este periodo de estancamiento (de 2012 a 2015), donde se ha producido un incremento de este último tipo de instalaciones, a pesar según el sector de una legislación adversa (Real decreto 900/2005), sobre todo dentro del sector agrícola y ganadero en sistemas de riego, bombeo y calefacción (ver Tabla 5: Potencia fotovoltaica comunidades autónomas <sup>(28)</sup> <sup>(28)</sup>).



REGIONES	POTENCIA (Mw)
Andalucía	870
Aragón	167
Asturias	1
Baleares	78
Canarias	166
Cantabria	2
Castilla la mancha	923
Castilla y León	494
Cataluña	265
Ceuta y melilla	0
comunidad Valenciana	349
Extremadura	561
Galicia	16
La Rioja	86
Madrid	67
Murcia	440
Navarra	161
País Vasco	26
<b>TOTAL</b>	<b>4672</b>

Tabla 5: Potencia fotovoltaica por comunidades autónomas 2015<sup>(28)</sup>Figura 35: Potencia instalada en España<sup>(2)</sup>

Figura 36: Tipo de instalaciones fotovoltaicas en España<sup>(28)</sup>

A continuación se va detallar el marco normativo en España que ha permitido el desarrollo de la potencia eléctrica fotovoltaica instalada.

#### 4.1 NORMATIVA EN ESPAÑA

La Regulación de las energías renovables en España no empieza a desarrollarse hasta la década de 1980, con la **Ley 82/1980** de conservación de la energía (una ley que fomenta la minihidráulica), con el fin de hacer frente a la crisis del petróleo y mejorar la eficiencia energética, reduciendo así la dependencia del mercado exterior.

En la década 1991-2000 el Plan Energético Nacional incentiva la producción con energías renovables y, mediante la **Ley 40/1994** del sistema eléctrico nacional (**LOSEN**), se consolida el concepto de régimen especial. Así, el **Real Decreto 2366/1994** sobre producción de energía eléctrica por instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes renovables, regula la energía eléctrica del régimen especial. Es en virtud de este Real Decreto, se obliga a la empresa distribuidora más cercana a adquirir la energía excedentaria de estas instalaciones siempre que sea técnicamente viable. El precio de venta de la energía se



fija en función de las tarifas eléctricas, en función de la potencia instalada y del tipo de instalación, constando de un término de potencia y de un término de energía, además de otros complementos.

La legislación en España para el desarrollo de la energía fotovoltaica en el periodo de estudio (2000 – 2015) son una serie de reales decretos, leyes y órdenes ministeriales que se indican a continuación:

$\Delta$	Potencia fotovoltaica	Año	LEGISLACIÓN
	18 GWH	2000	Real Decreto 1663/2000 Conexiones de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión
12 GWH	30 GWH	2002	Real decreto 841/2002 Por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción
26 GWH	56 GWH	2004	Real Decreto 436/2004 por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica
444 GWH	500 GWH	2007	Real Decreto 661/2007 por la que se regula la actividad de producción del régimen especial
2062 GWH	2562 GWH	2008	Decreto-Ley 1578/2008 Retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica
3863 GWH	6425 GWH	2010	Real Decreto-Ley 14/2010 por el que se establece medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico
1016 GWH	7441 GWH	2011	Real Decreto 1699/2011 Se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia





$\Delta$	Potencia fotovoltaica	Año	LEGISLACIÓN
752 GWH	8193 GWH	2012	Ley 15/2012 medidas fiscales para la sostenibilidad energética Real Decreto-Ley 1/2012 Se procede a la suspensión de los procedimientos de pre asignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos Ley 15/2012 Medidas fiscales para la sostenibilidad energética
134 GWH	8327 GWH	2013	Orden IET/221/2013 Se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial
-61 GWH	8266 GWH	2015	Real Decreto 900/2015 autoconsumo

Tabla 6: Legislación española para energía fotovoltaica <sup>(2)</sup><sup>(31)</sup>

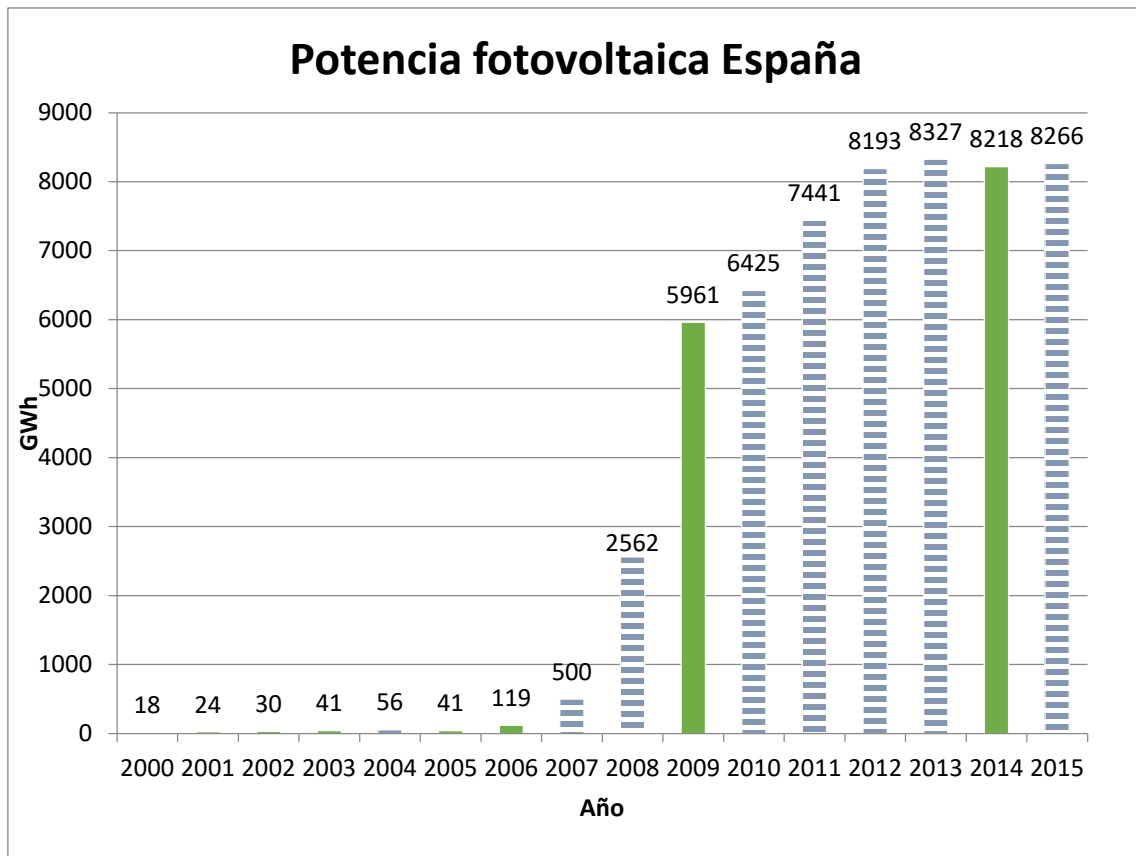


Figura 37: Potencia fotovoltaica instalada en España & Legislación <sup>(2)</sup><sup>(31)</sup>



#### 4.1.1 Real Decreto 1663/2000

Este real decreto tiene como objeto el desarrollo de la Ley 54/1997 mediante el establecimiento de las condiciones administrativas y técnicas básicas de conexión a la red de baja tensión, para instalaciones con potencias menores a 100 Kw<sup>(32)</sup>

#### 4.1.2 Real decreto 841/2002

El presente Real decreto tiene por objeto el desarrollo reglamentario de los artículos 17,18 y 21 del Real Decreto 6/2000<sup>(33)</sup>.

Este Real Decreto se aplica a instalaciones de producción de energía eléctrica con una potencia superior a 1 MW<sup>(34)</sup>.

Se garantiza un precio de 0,009015 € kW/h<sup>(33)</sup>

#### 4.1.3 El Real Decreto 436/2004

Este real decreto tiene por objeto unificar la normativa de desarrollo de la ley 54/1997, definiendo un sistema basado en la posibilidad de vender la energía eléctrica, garantizando una retribución<sup>(34)</sup>.

Para las instalaciones fotovoltaicas se instala unas tarifas variables en función de una tarifa de referencia (que es fijado por el gobierno), una tarifa, una prima y de un incentivo de un 10%<sup>(34)</sup>.

- **Instalaciones con potencias instaladas menores de 100 Kw:** Tarifa de 575% durante los primeros 25 años y 460% a partir de entonces
- **Instalaciones con potencias instaladas mayores de 100 Kw:** Tarifa de 300% durante los primeros 25 años y 240% a partir de entonces, más una prima de 250% durante los primeros 25 años y 200% a partir de entonces

A modo de ejemplo con la tarifa de referencia del 2004 que tiene un valor 7,2072 € kW/h, el precio de la energía eléctrica para las instalaciones fotovoltaica queda:



Instalación	Incentivo	Tarifa	Prima	Precio final
< 100 Kw Instalado	0,0072 € kW/h	0,4144€ kW/h	0 € kW/h	0,4937 € kW/h
> 100 Kw Instalado	0,0072 € kW/h	0,2162 € kW/h	0, 1802€ kW/h	0,4756 € kW/h

Figura 38: Precio de la electricidad para instalaciones fotovoltaicas España 2004<sup>(34)</sup>

#### 4.1.4 Real Decreto 661/2007

Este real decreto tiene por objeto sustituir al real decreto 436/2004, actualizado la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial<sup>(35)</sup>.

Para las instalaciones fotovoltaicas se ha establecido una tarifa regulada, la cual consiste en la suma de una prima al precio de la energía que resulte en el mercado organizado o el precio libremente negociado por el titular de la instalación<sup>(35)</sup>:

- **Potencia instalada menor o igual a 100Kw:** el valor de la prima es de 0,440381 € kW/h durante los primeros años, y a partir de entonces 0,352305€ kW/h.
- **Potencia instalada mayor de 100Kw y menor o igual a 10 Mw:** el valor de la prima es de 0,417500 € kW/h durante los primeros años, y a partir de entonces 0,334000 € kW/h
- **Potencia instalada mayor de 10 MW y menor o igual a 50 MW:** el valor de la prima es de 0,229764 € kW/h durante los primeros años, y a partir de entonces 0,183811€ kW/h.

Además a las primas anteriormente indicadas se les sumara un complemento por mantenimiento de valor variable (valor de referencia 0,07 Kw/h) dependiendo la hora (punta, llano y valle) del factor de potencia así como de si es inductivo o capacitivo. Este valor puede variar entre de -0,28 € kW/h a 0,56 € kW /h como se puede ver en la siguiente tabla<sup>(35)</sup>.



Tipo de factor de potencia	Factor de potencia	Bonificación%		
		Punta	Llano	Valle
Inductivo	$F_p < 0,95$	-4	-4	8
	$0,96 > F_p > 0,95$	-3	0	6
	$0,97 > F_p > 0,96$	-2	0	4
	$0,98 > F_p > 0,97$	-1	0	2
	$1,00 > F_p > 0,98$	0	2	0
	1.00	0	4	0
Capacitivo	$1,00 > F_p > 0,98$	0	2	0
	$0,98 > F_p > 0,97$	2	0	-1
	$0,97 > F_p > 0,96$	4	0	-2
	$0,96 > F_p > 0,95$	6	0	-3
	$F_p < 0,95$	8	-4	-4

Figura 39: Tabla bonificación por mantenimiento<sup>(35)</sup>

#### 4.1.5 Real Decreto 1578/2008

El objeto de este real decreto es el establecimiento de un régimen económico para las instalaciones fotovoltaicas a las que no se les aplica los valores de tarifa regulada previstos en el **Real Decreto 66/2007**<sup>(36)</sup>.

En este real decreto se clasifican las instalaciones fotovoltaicas en dos tipos<sup>(36)</sup>:

- Tipo I: Instalaciones de techo
  - o Tipo I1: Potencia inferior o igual a 20Kw
  - o Tipo I2: Potencias superiores a 20Kw
- Tipo II: todas las instalaciones que no son tipo I

Se fijan unas tarifas reguladas de<sup>(36)</sup>:

- Tipo I1: 0.34 € kW/h
- Tipo I2: 0.32 € kW/h
- Tipo II: 0.32 € kW/h



#### 4.1.6 Real Decreto- Ley 14/2010

El objetivo del presente Real Decreto-ley es abordar con carácter urgente la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico<sup>9</sup>. Para ello fija la obligación de los productores del pago un peaje de acceso de 0,5 € kW /h<sup>(37)</sup>

Para las instalaciones fotovoltaicas, por la especial incidencia que los desvíos en las previsiones de generación de esta fuente energética producen en el déficit tarifario, se establece con carácter general la posibilidad de limitar las horas equivalentes<sup>10</sup> de funcionamiento con derecho al régimen económico primado que tengan reconocido. Se fijan expresamente dichos valores de referencia de acuerdo con los valores utilizados para el cálculo de su retribución establecidos en el Plan de Energías Renovables 2005-2010 y los reflejados en el **Real Decreto 661/2007**, teniendo en cuenta la zona solar climática donde se ubique la instalación, de acuerdo con la clasificación de zonas climáticas según la radiación solar media en España establecidas en el **Real Decreto 314/2006**, que aprueba el **Código Técnico de la Edificación**. Paralelamente se amplía a 28 años la retribución<sup>(37)</sup>.

Tecnología	Horas equivalentes de referencia/año				
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V
Instalación fija	1232	1362	1492	1632	1753
Instalación con seguimiento a 1 eje	1602	1770	1940	2122	2279
Instalación con seguimiento a 2 ejes	1664	1838	2015	2204	2367

Tabla 7: Horas equivalente para instalaciones fotovoltaicas (ver Figura 38)

#### 4.1.7 Ley 15/2012

Esta ley se regula tres nuevos impuestos<sup>(38)</sup>:

- Impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica
- Impuesto sobre la producción de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos resultantes de la generación de energía nucleoelectrónica

<sup>9</sup> Déficit tarifario: es la diferencia entre los ingresos procedentes de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica y los costes de las actividades reguladas del sector eléctrico que deben cubrir, abordando además un mecanismo de financiación del mismo<sup>(37)</sup>

<sup>10</sup> Horas equivalentes: Es el cociente entre la producción neta anual expresada en kWh y la potencia nominal de la instalación expresada en kW



- Impuesto sobre el almacenamiento de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos en instalaciones centralizadas; se crea un canon por utilización de las aguas continentales para la producción de energía eléctrica

Además se modifican los tipos impositivos establecidos para el gas natural y el carbón, suprimiéndose además las exenciones previstas para los productos energéticos utilizados en la producción de energía eléctrica y en la cogeneración de electricidad y calor útil<sup>(38)</sup>.

El gravamen del 7%<sup>(38)</sup>

#### 4.1.8 Real Decreto-ley 1/2012

El objeto de este real decreto es la supresión de los incentivos para las nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial<sup>(39)</sup>

#### 4.1.9 Orden IET/221/2013

Esta orden establece los peajes de acceso, las tarifas y primas para las instalaciones de régimen especial<sup>(40)</sup>.

Las tarifas y primas para las instalaciones fotovoltaicas quedan<sup>(40)</sup>:

- **Potencia instalada mayor o igual a 100Kw:** el valor de la tarifa regulada es de 0,488606 € kW/h durante los 30 primeros años
- **Potencia instalada menor de 100Kw y mayor o igual a 10 Mw:** el valor de la tarifa regulada es de 0,463218 € kW/h durante los 30 primeros años
- **Potencia instalada menor o igual 50 MW o mayor 10 MW:** el valor de la prima es de 0,254926 € kW/h durante los 30 primeros años.

#### 4.1.10 Real Decreto 900/2015

El objeto de este real decreto es el establecimiento de las condiciones administrativas, técnicas y económicas para las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica<sup>(41)</sup>.

Entendiendo como modalidades de autoconsumo<sup>(42)</sup>:



- **Tipo 1:** Consumidor que dispone de una instalación de generación, destinada al consumo propio, conectada en el interior de la red de su punto de suministro y que no está dada de alta en el correspondiente registro como instalación de producción.
- **Tipo 2:** Consumidor asociado a una instalación de producción, inscrita en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica conectada en el interior de su red (Dos sujetos consumidor, productor).
- **Tipo 3:** Consumidor asociado a una instalación de producción inscrita en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica a la que está conectado a través de una línea directa (Dos sujetos consumidor, productor).

La potencia nunca será superior a 100 Kw. Además se le aplicaran unos costes fijos asociados a los costes del sistema eléctrico según la siguiente tabla<sup>(41)</sup>:

Peaje de acceso <sup>11</sup>	Componente de cargo variable asociado al coste del sistema (€/kWh)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A ( $P_c \leq 10$ kW)	0,03367					
2.0 DHA ( $P_c \leq 10$ kW)	0,047227	0,000000				
2.0 DHS ( $P_c \leq 10$ kW)	0,047999	0,000000	0,00144			
2.1 A ( $10 < P_c \leq 15$ kW)	0,045062	0,000000				
2.1 DHA ( $10 < P_c \leq 15$ kW)	0,058165	0,009375				
2.1 DHS ( $10 < P_c \leq 15$ kW)	0,058936	0,011896	0,005402			
3.0 A ( $P_c > 15$ kW)	0,007116	0,004244	0,003569			
3.1 A (1 kV a 36 kV)	0,003807	0,001490	0,006713			
6.1A (1 kV a 30 kV)	0,000000	0,003466	0,000554	0,002411	0,003160	0,001395
6.1B (30 kV a 36 kV)	0,000000	0,001159	0,000000	0,001798	0,002764	0,001142

<sup>11</sup> Ver anexo 1



Peaje de acceso <sup>11</sup>	Componente de cargo variable asociado al coste del sistema (€/kWh)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
6.2 ( 36 kV a 72,5 kV)	0,001288	0,003464	0,000711	0,001589	0,001889	0,00910
6.3 ( 72,5 kV a 145 kV)	0,003648	0,004684	0,001338	0,001717	0,001846	0,000941
6.4 (mayor o igual a 145 Kw)	0,000000	0,000408	0,000000	0,000997	0,001430	0,000768

Figura 40: Tarifa coste de peaje

Para modalidad de autoconsumo tipo 1, se aplicará con carácter general lo siguiente:

- La aplicación de cargos fijos se realizará sobre la potencia de aplicación de cargos.
- La aplicación de cargos variables se realizará sobre la energía correspondiente a la suma de la demanda horaria y del autoconsumo horario

Además se determina la cuantía correspondiente al cargo por otros servicios del sistema, que se define como el pago a realizar por la función de respaldo que el conjunto del sistema eléctrico realiza para posibilitar la aplicación del autoconsumo. Este cargo se calculará considerando el precio estimado, en cada periodo, de otros servicios del sistema eléctrico correspondientes a la demanda peninsular. Este cargo será de aplicación a todos los consumidores acogidos a las distintas modalidades de autoconsumo, se aplicará a la energía correspondiente al autoconsumo horario.

## 5 COMPARATIVA E IMPACTO DE LAS NORMATIVAS ALEMANA Y ESPAÑOLA

Vistos los apartados 4 y 5 anteriores, podemos ver las diferencias del marco normativo para instalaciones fotovoltaicas tanto en Alemania como en España desde el 2000 hasta 2015.

Destaca en ambas normativas tanto española como alemán la cantidad de factores a los que se hace referencia para caracterizar las instalaciones fotovoltaicas desde la potencia instalada, localización, tipo de paneles o la potencia acumulada. Con lo que una comparativa sobre





precio (kW/h) de un tipo de instalación, son aproximaciones *muy* relativas por la imposibilidad de encontrar el mismo tipo de instalaciones en una legislación y en otra.

En la *Tabla 2: principal legislación alemana*<sup>(9)</sup>, se ve que es a partir de 2004, con la enmienda de la ley de energías renovables de 2004, donde se inicia el crecimiento significativo de la potencia fotovoltaica instalada en Alemania, mientras que en España es en el 2007 con el **Real decreto 661/ 2007** donde se produce un incremento muy importante de la potencia fotovoltaica instalada como se puede ver en la *Tabla 23: Legislación española para energía fotovoltaica*<sup>(2) (31)</sup>.

Lo que se muestra en la **Figura 48** es que el periodo de expansión de la energía fotovoltaica en Alemania dura 8 años (desde el 2004 hasta el 2011), mientras que en España este periodo es de solo 3 años (desde el 2007 hasta el 2009). Durante esta franja de tiempo, en Alemania se instaló 19286 Gw/h, mientras que en España se instaló 5842 Gw/h, es solo un tercio (30,3%) de la potencia instalada en Alemania

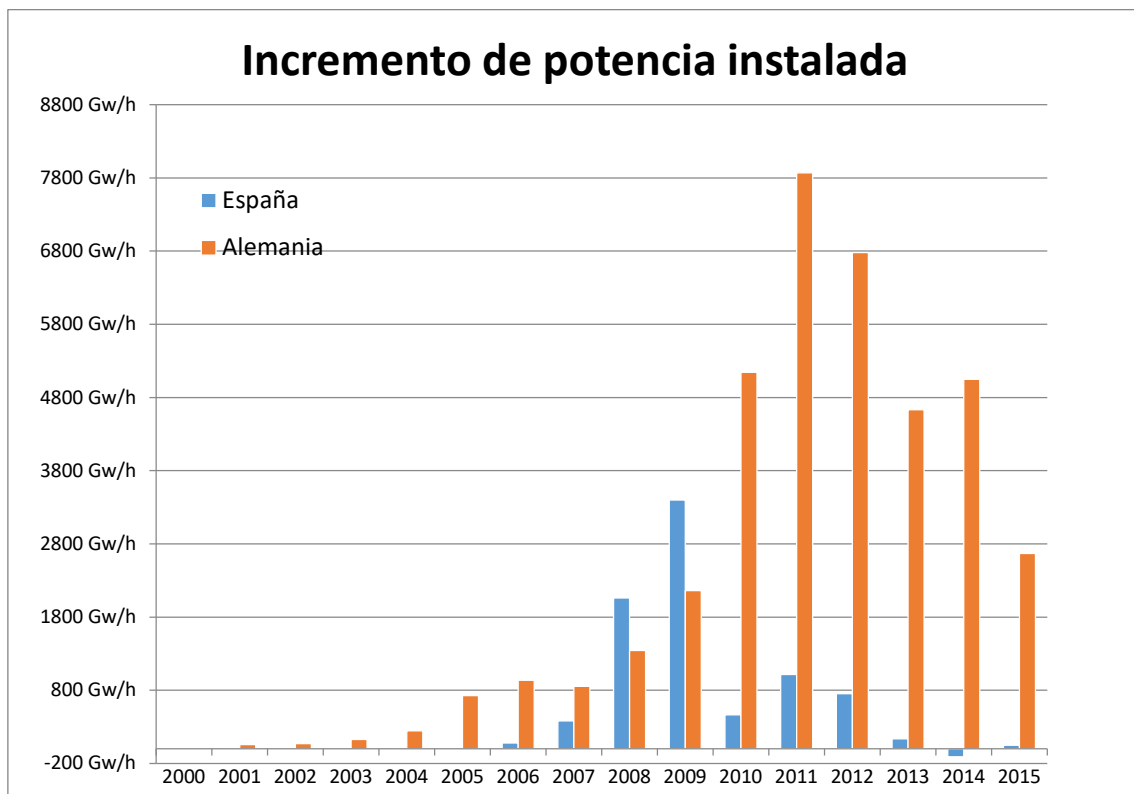


Figura 41: Comparativa incremento de la energía fotovoltaica instalada en España y Alemania



Durante este periodo de tiempo (2004- 2011) en Alemania se aprueba la siguiente legislación:

- **Enmienda de la energía renovables de 2004**
- **Enmienda de la energía renovables de 2009**

Y este periodo de expansión termina con la aprobación en 2012 de:

- **Enmienda de la energía renovables de 2012**

En España en la franja de tiempo de expansión de la energía fotovoltaica (2007-2009) se aprueba la siguiente legislación:

- **Real Decreto 661/2007**
- **Decreto-Ley 1578/2008**

Y este periodo de expansión termina con la aprobación en 2010 del:

- **Real Decreto-Ley 14/2010**

En la **enmienda de la energía renovable de 2004** alemana fija un precio mínimo de para las instalaciones fotovoltaicas de al menos 45,7 centavos por kilovatio-hora, como se indica en la **Tabla 12: Resumen precio EEG2004**<sup>(17)</sup>, en **el Real decreto 661/2007** también se fija un precio por encima de los 40 centavos por kilovatios horas como se indica en el **epígrafe 4.1.4.**

La Figura 49 muestra lo indicado el párrafo anterior, donde se puede ver que la remuneración de las instalaciones fotovoltaicas en la **EEG2004** y el **real decreto 661/2007** es relativamente similar para instalaciones menores de 100 Kw, la diferencia es de menos de 5% siendo mayor la remuneración en la legislación alemana.

Respecto a instalaciones mayores de 100 Kw la legislación alemana también es más generosa con estas grandes instalaciones, este tipo de instalaciones se rigen por la **EEG 2000** (ver **Enmienda de la Ley EEG en 2004**), tienen una remuneración que partiendo de los 0,99 € kW/h para instalaciones menores de 350 Mw, esta se irá reduciendo un 5% anual ( si nos fijamos en la remuneración para el 2007 para poder comparar con la legislación española la prima es de 0,77 € kW/h). Mientras que la legislación española para este tipo de instalaciones la prima es bastante inferior, para instalaciones mayores de 100Kw y menores de 10 Mw la retribución es



un ~ 46% menor (0,417 € kW/h), y para instalaciones de 10 Mw e inferiores a 50 Mw la retribución es de ~ 70 % menor (0,229 € kW/h) respecto a la legislación alemana.

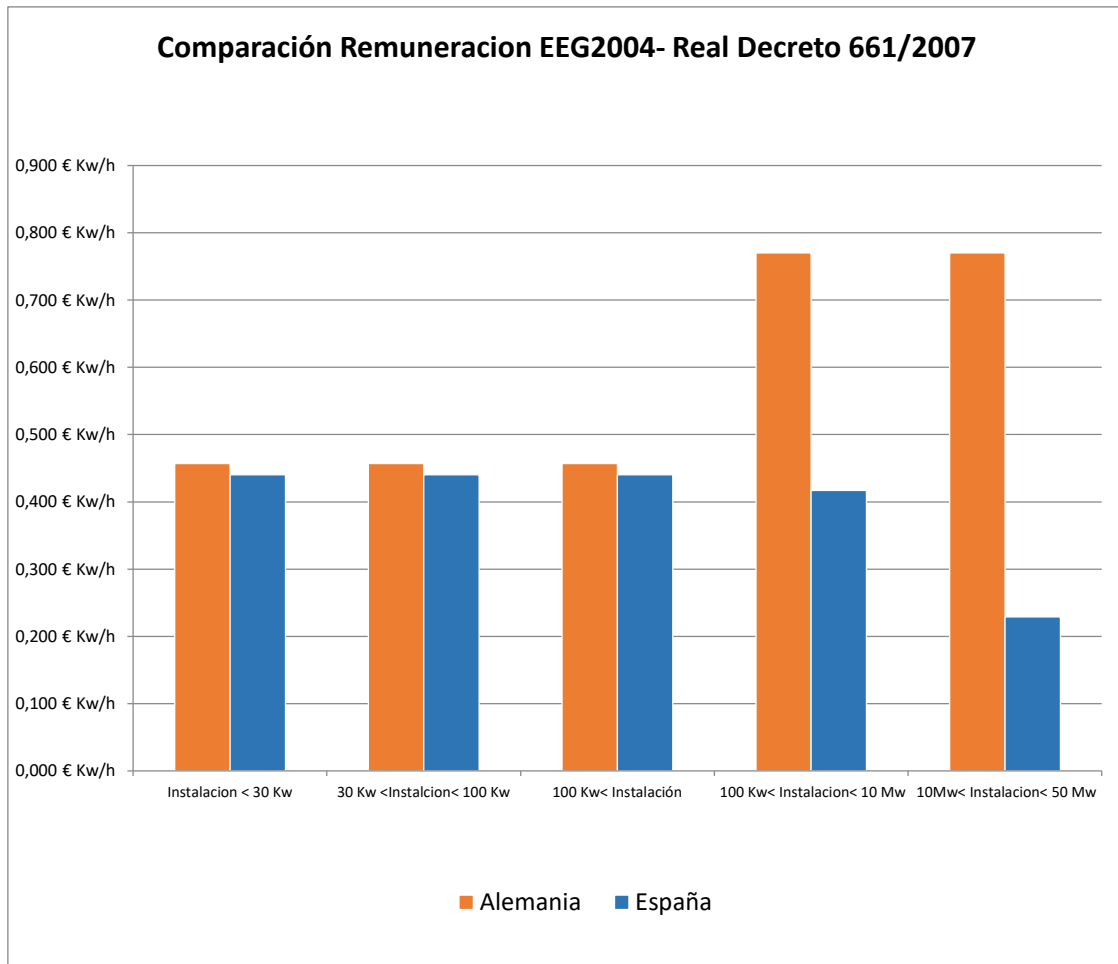


Figura 42: Comparativa remuneración EEG2004 - Real decreto 661/2007

Durante el que hemos denominado de periodo expansión de la energía fotovoltaica en Alemania (2004-2011), se aprueba una nueva enmienda, la **EEG de 2009**, esta legislación como dice su preámbulo tiene como uno de sus objetivos el reducir los costes del sistema eléctrico, para ello entre otras medidas se aplica una reducción de la primas a las instalaciones fotovoltaicas.

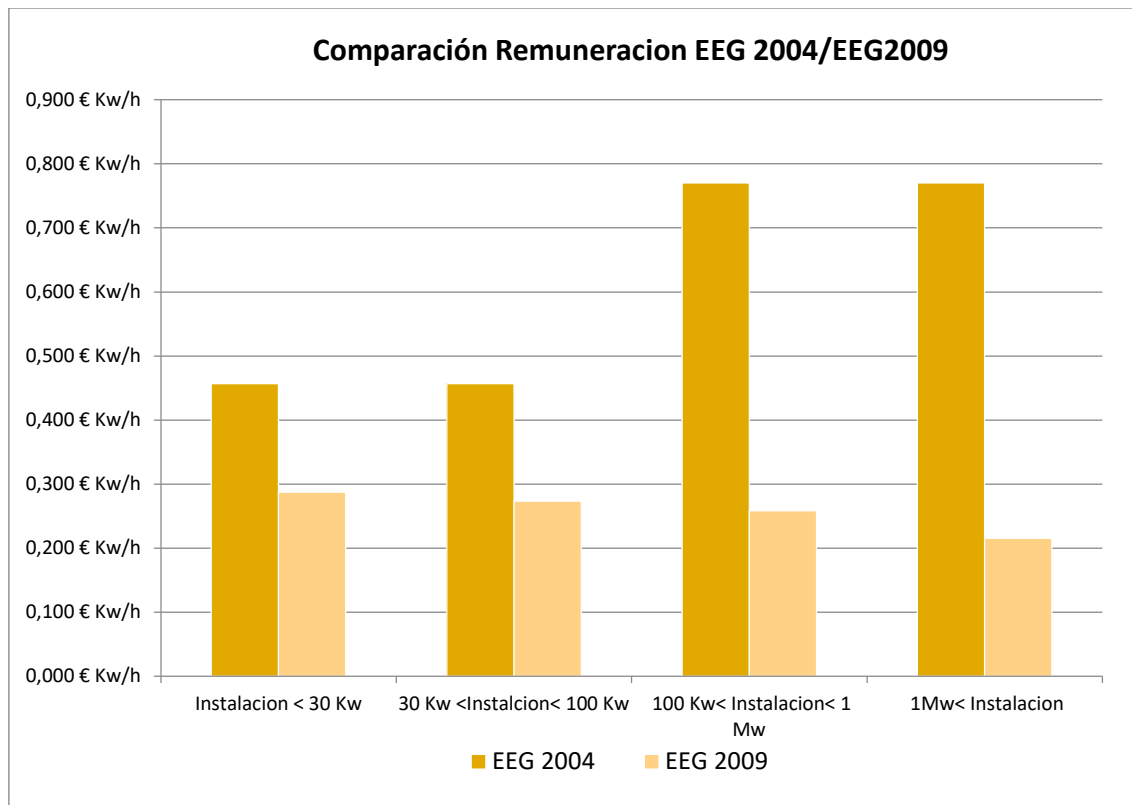


Figura 43: Comparación remuneración EEG2004/EEG2009

Según se indica en el 3.1.3 Enmienda de la Ley EEG en 2009 el precio para las instalaciones fotovoltaicas es: Para instalaciones, la remuneración es de 0,2111 € kW/h, y para instalaciones de techo o fachada es:

- Potencia  $\leq$  30 Kw será de 0,2874 € kW/h
- 30 Kw < Potencia  $\leq$  100 Kw será de 0,2733€ kW/h
- 100 Kw < Potencia  $\leq$  1 Mw será de 0,2586 € kW/h
- Potencia > 1 Mw 0,2156 € kW/h

Esta enmienda, además aplica factores para disminuir la remuneración de las instalaciones fotovoltaicas mayores de 100 Kw en años posteriores a esta normativa.

Aun a pesar de la disminución de remuneración para las instalaciones pequeñas (menores de 100 Kw) que se aplica en la enmienda **EEG2009**, se puede decir que estas son incentivas en detrimento de las grandes instalaciones, pues a estas instalaciones ningún de factor para



disminuir la remuneración ni por potencia instalada ni por potencia acumulada (ver 3.1.3 Enmienda de la Ley EEG en 2009).

Es a partir de esta enmienda cuando se produce el mayor incremento de potencia instalada en Alemania, ~ 13000 Gwh, como se puede ver en la Tabla 9 y Tabla 29.

Durante el periodo expansión de la energía fotovoltaica en España (2007-2009), se aprueba un Decreto-ley ,**1578/2008**, esta legislación hace una nueva clasificación de las instalaciones fotovoltaicas. Las clasifica en tipo I1, tipo I2 y tipo II (ver 4.1.5 Real Decreto 1578/2008)

Además, se fija un precio de remuneración para cada uno de los tipos de instalaciones:

- Tipo I1: 0.34 € kW/h
- Tipo I2: 0.32 € kW/h
- Tipo II: 0.32 € kW/h

Estas tarifas son del entorno a un 25 % inferiores las indicadas en el **Real decreto 661/2007**. A pesar de esta rebaja en la remuneración, la potencia instalada en España sigue aumentando, ~3300Gw/h, como se puede ver en la <sup>(31)</sup>Tabla 6 y Figura 43

En 2012 Alemania aprueba una nueva enmienda a la EEG, la enmienda **EEG 2012**, el objetivo de esta enmienda entre otros, es seguir ajustando los costos económicos del suministro eléctrico (ver 3.1.4 Enmienda de la Ley EEG en 2012). Esta nueva enmienda se cierra el periodo expansión o crecimiento de la energía fotovoltaica en Alemania, o por lo menos con valores por encima del 20 % (ver Tabla 32).

Se fijan en esta enmienda, unas tarifas de entre 0,29 € kW/h y 0,2 € kW/h para las distintas instalaciones fotovoltaicas en las que las clasifica, además se fijan límites a los megavatios anuales objetos de subvención entre 2500 y 3500 megavatios (ver 3.1.4 Enmienda de la Ley EEG en 2012).

A pesar de esta nueva enmienda la energía fotovoltaica en Alemania sigue creciendo a un ritmo inferior, pasa de un crecimiento de un 26% a un crecimiento de un 15 % - 14 %, pero se sigue habiendo un crecimiento como se puede ver en la **Figura 51**: Crecimiento porcentual de la energía fotovoltaica en Alemania.

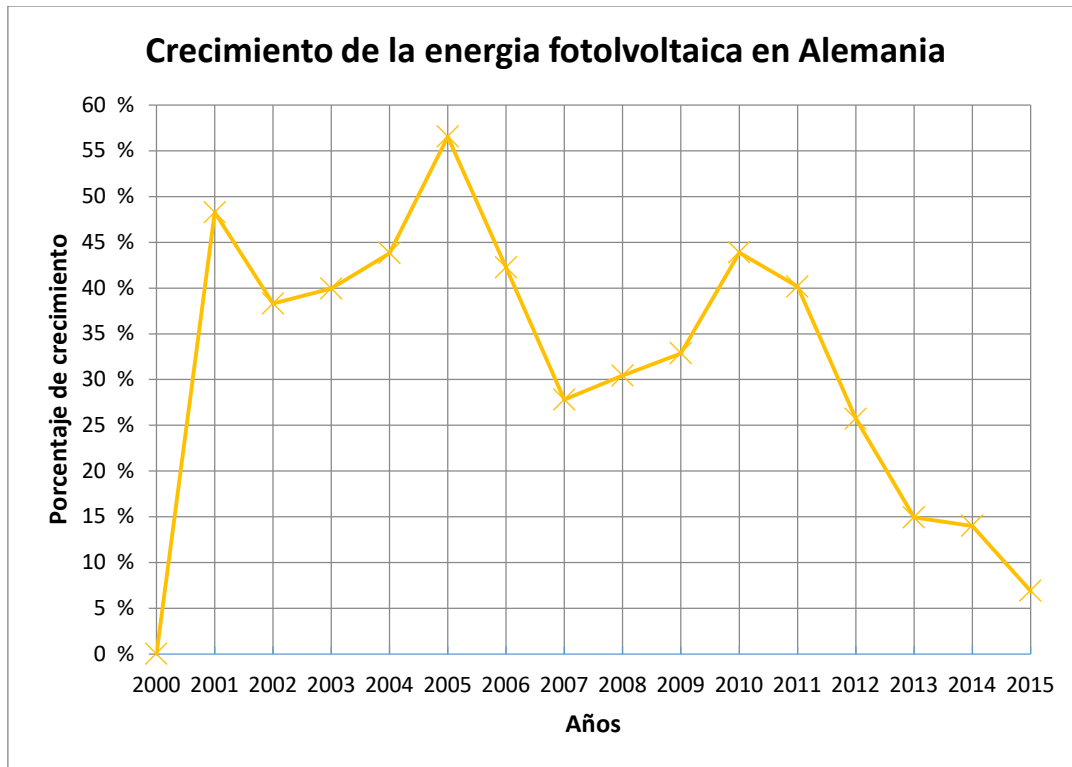


Figura 44: Crecimiento porcentual de la energía fotovoltaica en Alemania

Este descenso en el crecimiento de la energía fotovoltaica en Alemania, además de los efectos desincentivantes de esta legislación, también podría explicarse, el descenso en la instalación de nuevas plantas fotovoltaicas, por la maduración de este mercado Alemán. Maduración: Fase del mercado en el que encuentra un producto según ciclo de vida de un producto de “Modelo de Leavitt”<sup>(38)</sup>

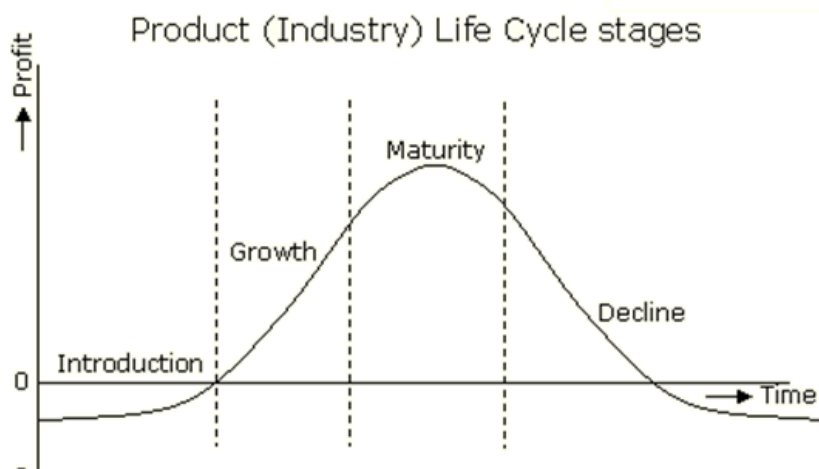


Figura 45: Modelo de Leavitt del ciclo de vida del producto<sup>(38)</sup>



En el año 2012 en Alemania hay una potencia instalada unos 26000 Gw/h (ver **Figura 19**), muy superior a la de cualquier país de su entorno (ver **Figura 5**), además de tener unos años, casi 12 años, de crecimientos muy elevados (ver Figura 51), por lo que es posible que este mercado pudiera haber llegado a su fase final de maduración o estar en el inicio de la fase de declive.

En España en el 2010 se aprueba, El **Real Decreto-Ley 14/2010**, una nueva norma cuyo uno de sus objetivos es reducir de una forma considerable y de forma urgente el déficit tarifario del sector eléctrico. Para ello fija un peaje de acceso de 0,5 € kW /h a los productores, además se fijan las **horas equivalentes** que serán remuneradas en las instalaciones fotovoltaicas, estas van desde 1232 horas a las 2367 horas (Ver 4.1.6 Real Decreto- Ley 14/2010).

Por lo tanto esta nueva legislación lo que hace es añadir un nuevo coste a las instalaciones fotovoltaicas (peaje de acceso), además de reducir la cantidad de energía eléctrica producida puede ser subvencionada al año (horas equivalentes).

A partir de esta legislación la instalación nuevas plantas fotovoltaicas en España se desploma, como se puede ver en la Figura 48: Comparativa incremento de la energía fotovoltaica instalada en España y Alemania, donde se pasa de un incremento de en el 2009 de unos 4000 Gw/h a ya en el 2010 a unos 450 Gw/h, casi un 89 % menos de potencia instalada.



## 6 CONCLUSIONES

Como conclusión de este trabajo podemos decir, que la legislación referida a instalaciones fotovoltaicas tanto en España como en Alemania, es compleja y con una tendencia a ir aumentando su complejidad conforme va apareciendo nueva legislación.

Ambas legislaciones están intentando ajustar los posibles costes de la implantación de esta nueva tecnología

La legislación alemana a diferencia de la legislación española, a partir de **Energiewende (EEG)**, tiene claro su objetivo básico, que es cambiar el modelo energético Alemán (ver 3.1 MERCADO FOTOVOLTAICO ALEMÁN), por tanto todas las enmiendas esta ley durante estos 15 años tiene este mismo objetivo. Además, se deja que dichas medidas tengan un recorrido, vemos por ejemplo que en el periodo de maduración de este sector pasan unos 8 años, y hay solo tres enmiendas, mientras que en España la modificaciones de a este sector casi son anuales con lo que se impide una correcta implementación de las medidas legislativas.

En España la legislación es muy cambiante sin uno objetivo claro a medio o largo plazo, además como lo indicado anteriormente el tiempo de implantación de cada norma es relativamente corto, hay casi una nueva legislación cada año (ver Tabla 6: Legislación española para energía fotovoltaica<sup>(2) (31)</sup>)

La acertada legislación alemana a pesar de conseguir recortes en los costes de implantación de esta tecnología en su territorio, está consiguiendo incrementos de potencias instaladas por encima del 5% con más de 38726 Gw/h instalados en el año 2015 (ver Tabla 32: Crecimiento porcentual de la energía fotovoltaica en Alemania y Ilustración 1 Potencia Instalada<sup>(2)</sup>), que más podría ser este retroceso respecto a años anteriores, a una maduración del mercado que a una legislación desfavorable.

La legislación española los costes de peaje de acceso han sido muy desfavorables para la implantación de esta tecnología en España, como se puede ver en la Figura 48: Comparativa incremento de la energía fotovoltaica instalada en España y Alemania y en los epígrafes 4.1.6 Real Decreto- Ley 14/2010 .

También cabe destacar que a partir de 2010 toda la legislación que se aprueba en España penalizada esta tecnología de una u otra forma (ver 4.1.6, 4.1.7, 4.1.8, 4.1.9 y 4.1.10)





## ANEXO 1: Tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución en España

La referencia para aplicar las tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica<sup>(43)</sup>

<b>BAJA TENSION</b>	
2.0A	Simple para baja tensión
2.0DHA	Simple para baja tensión con dos periodos de discriminación horaria
2.0DHS	Simple para baja tensión con tres periodos discriminación horaria
3.0A	General para baja tensión con tres periodos de discriminación horaria

<b>ALTA TENSION</b>	
3.1A	Potencia contratada en todos los periodos tarifarios sean igual o inferiores a 450 Kw y tensiones superiores o iguales a 1kV e inferiores a 30 kV
6.1A	Potencia contratada en todos los periodos tarifarios sean superiores a 450 Kw y tensiones superiores o iguales a 1kV e inferiores a 30 kV
6.1B	Potencia contratada en todos los periodos tarifarios sean superiores a 450 Kw y tensiones superiores a 30 kV hasta tensiones inferiores a 36 kV
6.2	Mayor de 36 Kv y no superior a 72,5 kV
6.3	Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV
6.4	Mayor de 145 kV
6.5	Conexiones internacionales

Figura 46: Clasificación instalaciones según real decreto 1164/2001 y orden IET/2444/2014



## Bibliografía

1. JRC european commision. <http://re.jrc.ec.europa.eu>.
2. Internatioal Energia Agency. <http://www.iea.org>.
3. Transición energética (Energiewende). <http://www.bmwi.de/EN/Topics/Energy/energy-transition.html>.
4. Wikipedia. <https://www.es.wikipedia.org>.
5. Grupo NAP. *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: Colegio oficial de ingenieros de telecomunicaciones, 2002. ISBN: 978-84-935046-6-0.
6. ingelibre. <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/11/09/influencia-de-la-irradiacion-y-temperatura-sobre-una-placa-fotovoltaica/>.
7. solar-energia. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico/tipos>.
8. deltavolt. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>.
9. Martínez, Eloy Álvarez Pelegry Iñigo Ortiz. *La transición energetica alemana*. s.l.: Energiewende, 2016. ISSN 2340-7638.
10. Portal de la Unión Europea [https://europa.eu/european-union/index\\_es](https://europa.eu/european-union/index_es).
11. Interntional energy agency. *Renewables Information: Overview 2007*.
12. Union española fotovoltaica. *UNEF Annual Report 2017. Global solar boom. Executive Summary*. <https://unef.es/downloads/unef-annual-report-2017-global-solar-boom-executive-summary>.
13. Dirección general de politica interior. *Política de energía solar en la UE y los estados miembros desde la perspectiva de la peticiones*. ISBN-978-92-846-0109-7.
14. Álvarez Pelegry, Eloy y Ortiz Martínez, Iñigo. *La transición energética en Alemania (Energiewende)*. s.l. : Fundación Deusto, 2016. ISSN 2340-7638.



15. Fraunhofer Ise. *PHOTOVOLTAICS REPORT*. [En línea] 2018.  
<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>.
16. Parlamento alemán (versión traducida). *Erneuerbare-Energie-Gesetz*. 2000.
17. Parlamento alemán. EEG 2004.
18. Parlamento alemán. EEG 2009.
19. Parlamento alemán. EEG 2012.
20. Parlamento alemán EEG 2012.(versión traducida).
21. Parlamento alemán. EEG 2014.
22. Parlamento alemán EEG 2014.(versión traducida)
23. Ministerio para la Transición energética.  
<https://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/10-punkte-energieagenda,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>.
24. Ministerio de industria, energía y turismo. *La energía en España 2015*. Madrid : Ministerio de industria, energía y turismo, 2015. ISSN: 2444-7110.
25. Red eléctrica española.  
[http://www.ree.es/sites/default/files/01\\_ACTIVIDADES/Documentos/Mapas-de-red/mapa\\_transporte\\_iberico\\_2018.pdf](http://www.ree.es/sites/default/files/01_ACTIVIDADES/Documentos/Mapas-de-red/mapa_transporte_iberico_2018.pdf).
26. Arriaga, Jose Ignacio Pérez. *Libro blanco sobre la reforma del marco regulatorio de la generación eléctrica en España*. Madrid : s.n., 2005.
27. Eólica, Asociación empresarial. 2017. M-16077-2017.
28. fotovoltaica, Unión española. *Informe anual 2016*. 2016. M-22762-2013.
29. World Bank Group. <http://globalsolaratlas.info/?c=1.406109,84.666138,2>.
30. Código técnico de edificación. 2017.
31. UPCT, Asignatura Energía y desarrollo Master energías renovables. *Energía fotovoltaica* . Cartagena : s.n.



32. Ministerio de Economía. Real decreto 1663/2000. *Conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. 2000.*
33. Ministerio de Economía. Real decreto 841/2002 se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la. 2002.
34. Ministerio de Economía. Real decreto 436/2004 se establece la metodología para la actualización del regimen juridico y economico de la actividad de producción de energia electrica en regimen especial. 2004.
35. Ministerio de industria turismo y Comercio. Real decreto 661/2007. 2007.
36. Ministerio de industria turismo y Comercio . Real decreto 1578/2008.
37. Jefatura del Estado . Real decreto-ley 14/2010.
38. Jefatura del Estado . Ley 15/2012.
39. Jefatura del Estado. Real decreto-ley 1/2012. 2012.
40. Ministerio de industria, energia y turismo. Orden IET/221/2013. 2013.
41. turismo, Ministerio de industria energia y Turismo . Real decreto 900/2015. 2015.
42. Jefatura del estado. Ley 24/2013. 2013.
43. 12manage.com. [https://www.12manage.com/methods\\_product\\_life\\_cycle\\_es.html](https://www.12manage.com/methods_product_life_cycle_es.html).
44. Ministerio de Economía. Real decreto 1164/2001. 2001