

Introducción

En este capítulo se introduce el estado actual de la energía eólica mediante una visión del panorama en el que se ve inmersa, tanto mundial como nacional, y de cómo y por qué ha evolucionado en los últimos años hasta llegar a la situación actual. Se presentan los inconvenientes y las ventajas que se encuentran en esta tecnología y las perspectivas de futuro que se predicen.

1.1 El viento como recurso energético

La energía eólica es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. Esta energía, que sigue en proceso de desarrollo, nace como respuesta a una mayor demanda del consumo energético, la necesidad de garantizar la continuidad del suministro en zonas importadoras netas de recursos energéticos, como puede ser España, y de la búsqueda de la sostenibilidad en el uso de los recursos.

El viento tiene su origen en la energía solar, que calienta las superficies del planeta mediante la radiación. Estas superficies calientan las masas de aire sobre ellas, contribuyendo a la aparición de corrientes ascendentes, y generando espacios que se llenan con aire a menor temperatura. Con el movimiento del aire aparecen gradientes de presiones que provocan más movimiento. A estos factores se le suma la fuerza de Coriolis debida al movimiento de rotación de La Tierra sobre sí misma. La fuerza de Coriolis tiende a desviar al aire en movimiento en una dirección perpendicular al gradiente de presiones. Debido a que la fuerza de Coriolis es proporcional a la velocidad del viento, cuanto mayor es ésta, mayor es la desviación que se genera, hasta llegar al extremo en el que es totalmente perpendicular a las líneas isóbaras. Ésta es la definición de viento geostrófico o global, vientos que se dan a alturas superiores a los 1000 m, fuera de la influencia de la fricción que sufre el movimiento del aire debido a la superficie terrestre y fuera del alcance de cualquier modelo de aerogenerador.

Los vientos que interesan para la obtención de energía eléctrica se encuentran a mucha menor altura, donde influyen otras características de la superficie y no tanto los vientos globales, generándose vientos como la brisa costera, viento que sopla hacia el interior durante el día y hacia el mar durante la noche, debido a la presencia de una masa de agua que no tiene la misma inercia térmica que el terreno.

La potencia extraíble de una masa de aire en movimiento se determina por la ecuación (1.1), que no es más que la ecuación de la energía cinética manipulada y multiplicada por el tiempo dando lugar a términos de potencia.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho A v^3 \quad (1.1)$$

Donde ρ es la densidad del aire, A es el área de la superficie que atraviesa la corriente de aire, en este caso el área que cubren las hélices del aerogenerador y v es la velocidad media del viento que atraviesa dicha superficie.

Pero esta no es la potencia que realmente es posible obtener del viento, que tiene un límite superior marcado por el llamado límite de Betz, debido a su descubridor en 1927, en el que demuestra que no se puede convertir en energía mecánica más del 59% de la energía cinética de una masa de aire.

A lo largo del s. XX y en muchas ocasiones coincidiendo con épocas de crisis del petróleo, se han ido desarrollando diferentes modelos de aeroturbinas hasta llegar a los modelos tripala que imperan en las instalaciones actuales. También han influido las mejoras en los materiales constructivos y los avances en estudios sobre la aerodinámica de las palas facilitados por los sistemas informáticos de hoy en día.

1.2 La energía eólica

1.2.1 La energía eólica en España

Durante el Plan de Energías Renovables de 2005-2010, la energía eólica fue la fuente renovable que más creció. A comienzos de 2011 existían 20.744 MW de potencia instalada que producían más de 43.700 GWh que cubrían en torno al 16% de la demanda eléctrica nacional, y en ocasiones puntuales ha superado el 50% [1].

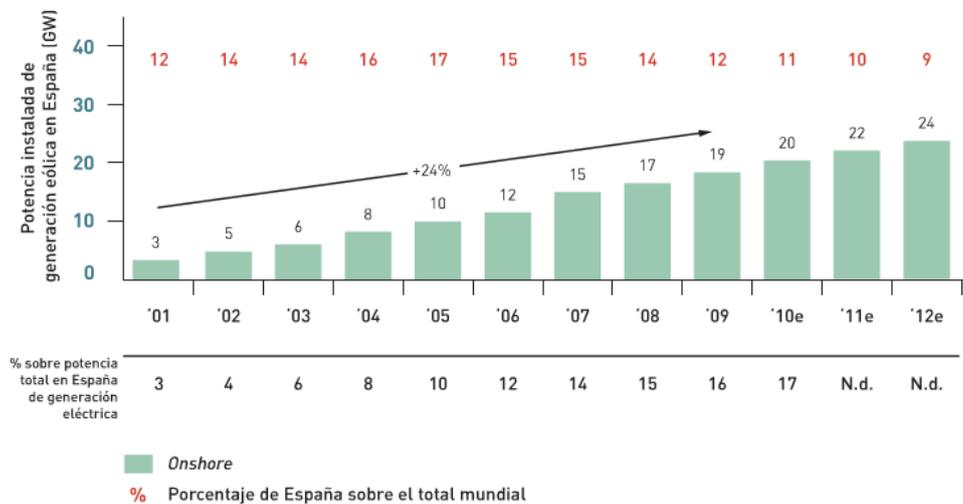
Este espectacular desarrollo se vio favorecido por la existencia de un marco normativo que dio confianza a los promotores, por el respaldo de los gobiernos autonómicos con sus planes energéticos y por las innovaciones tecnológicas en los aerogeneradores que mejoraban sensiblemente su comportamiento frente a la red.

Sin embargo según la Asociación Empresarial Eólica, el 2010 fue el año más difícil para la energía eólica debido a la incertidumbre respecto a la retribución,

siendo necesario definir un marco legal estable que garantice una rentabilidad adecuada de las inversiones que se realicen en un futuro. Esta incertidumbre imposibilita estimar los ingresos de los proyectos y por tanto, no permite el acceso de los mismos a financiación.

Dentro de la generación eólica se distinguen tres tipos: Eólica de tierra, eólica de mar y pequeña eólica.

La eólica de tierra es la que ha alcanzado un mayor grado de madurez, instalándose, desde 2001, 20,7 GW. Esta potencia instalada ha significado un incremento del 24% en la generación eólica. En la Fig. 1.1 se muestra la evolución de la potencia eólica instalada en España desde 2001.



Nota: datos estimativos de la potencia total instalada al cierre de cada año

Fuente: BCG; mundial: GWEC y MAKE consult; España: Observatorio Eólico AAE, REE, planes CCAA, Acuerdo del Consejo de Ministros del 13 de Noviembre de 2009 sobre el prerregistro

Figura 1.1: Evolución de la potencia eólica instalada en España durante el periodo de 2001 a 2012.

La eólica de pequeño tamaño, con muy poco peso actualmente en la potencia instalada en España, tiene sus ventajas sobre la eólica de mayor potencia, como por ejemplo la posibilidad de generación de energía próxima a los puntos de consumo, con lo que se evita la construcción de infraestructuras para el transporte y se optimizan las ya existentes, un menor impacto ambiental debido a su menor tamaño y a su posible integración en espacios humanizados, a su bajo coste de mantenimiento y elevada fiabilidad, y a su funcionamiento con vientos moderados que prescinden de estudios de viabilidad.

El problema que hace que la inversión en la pequeña eólica sea mucho menor que en otras tecnologías renovables para generación distribuida, es que ésta se rige por el mismo régimen retributivo que la eólica de mayor potencia, mientras que los ratios de inversión son muy superiores que en esta última.

En España, aunque ha aumentado mucho en los últimos años, tanto la potencia eólica instalada como la energía generada con esta tecnología, también ha aumentado la demanda global de energía eléctrica, por lo que el porcentaje de generación eólica no ha aumentado tanto y en muchos países, aunque se hacen grandes inversiones en energía renovables, el porcentaje de estas tecnologías dentro de las estructuras de generación ha incluso disminuido. Éste no es el caso de España, que en 2010 produjo más de 97.000 GWh con energías renovables siendo la fuente de energía que más aportó. En la Tabla 1.1 se muestra la evolución de la estructura energética de España entre 2004 y 2010.

Debido a que es difícil el control de estabilidad de la red eléctrica cuando hay un porcentaje de producción de energía eólica elevado, en ciertas ocasiones, el Operador del Sistema limita la aportación eólica a la red, llegando a producirse en algunos casos la desconexión de parques enteros de la red, sobre todo de noche, con el consiguiente desperdicio de energía. Otros países como Dinamarca, contrarrestan esto ayudándose de sus interconexiones con países vecinos para poder generar una mayor proporción. Las conexiones de España con Portugal y Francia son limitadas, y con Marruecos existe una línea que sólo permite la salida 900 MW y la entrada de 600 MW. Esto no le da al operador de red mucho margen para estabilizar la generación. En la Fig. 1.2 se muestran las interconexiones existentes de España con el exterior.

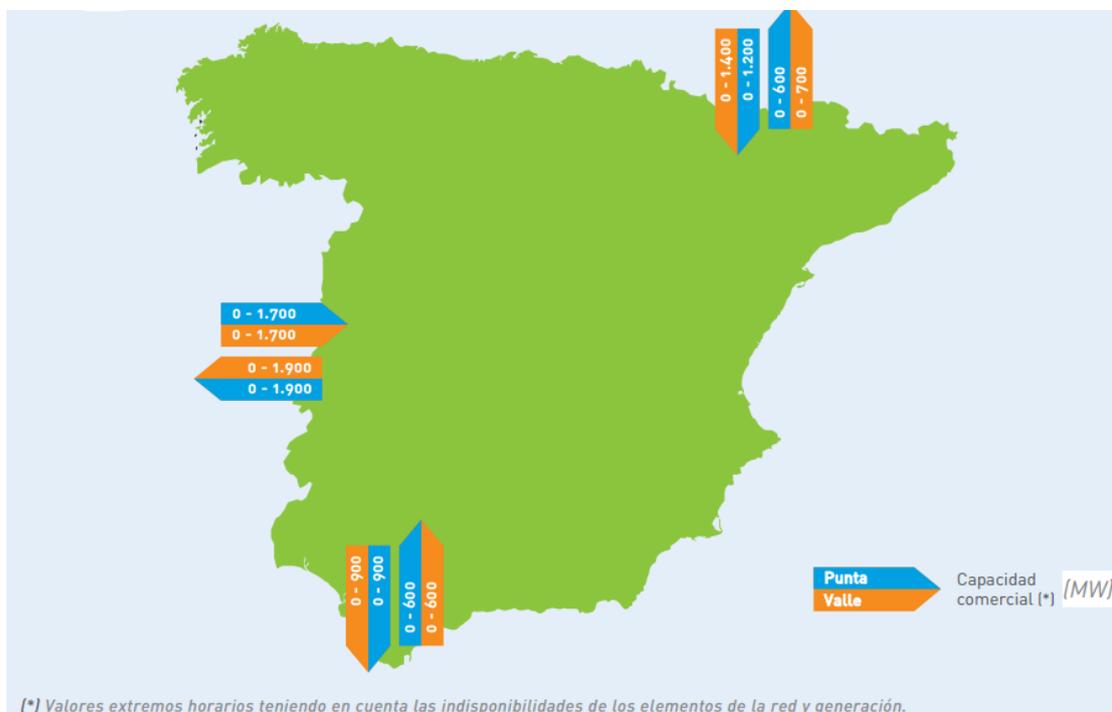


Figura 1.2: Intercambios de energía eléctrica de España con los países extranjeros en 2011.

Tabla 1.1: Desglose de la generación eléctrica anual en España en el periodo comprendido entre 2004-2010. Fuente: MiTyC

	Datos reales de producción (GWh)						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Carbón	80.639	81.458	69.850	74.666	49.892	36.864	25.493
Nuclear	63.606	57.539	60.126	55.102	58.971	52.761	61.788
Gas Natural	56.556	82.819	94.706	98.272	122.964	109.565	96.216
Productos Petrolíferos	22.427	24.261	22.203	21.591	21.219	20.074	16.517
Energías Renovables	49.324	42.441	51.772	58.205	62.049	74.362	97.121
Hidroeléctrica	30.957	18.573	25.582	27.230	23.301	26.353	42.215
Eólica	16.193	21.175	23.297	27.568	32.496	38.091	43.708
Fotovoltaica	54	41	119	501	2.541	5.939	6.279
Termoeléctrica	0	0	0	8	16	103	691
Biomasa, biogás, RSU y otras	2.120	2.652	2.774	2.898	3.696	3.876	4.228
Generación hidroeléctrica procedente de bombeo (no renovable)	2.885	4.452	3.940	3.289	2.817	2.831	3.106
Total generación bruta	277.881	292.970	302.597	311.125	317.912	296.457	300.241
Saldo intercambios (Imp.-Exp.)	-3.038	-1.344	-3.279	-5.751	-11.039	-8.106	-8.338
Consumo bruto	274.843	291.626	299.318	305.374	306.873	288.351	291.903
Renovables / Consumo bruto (%) (datos reales de producción año en curso)	17,9	14,6	17,3	19,1	20,2	25,8	33,3

Un tema polémico en los años de mayor apoyo gubernamental a las energías renovables ha sido y actualmente sigue siendo, el de primar a algunas energías para hacerlas económicamente competitivas con el resto. Han aparecido detractores que opinaban que estas primas eran excesivas.

Las primas son unos incentivos nacidos en el seno de la Unión Europea en los años noventa con el objetivo de fomentar el desarrollo de las energías autóctonas y limpias (renovables) en vez de penalizar a las más contaminantes. Para ello se estableció el Régimen Especial del sector eléctrico, donde estaban integradas todas las tecnologías que se querían fomentar.

En España funciona el sistema de primas que consiste en que las empresas ceden la electricidad al sistema y perciben a cambio una tarifa. Actualmente, el sistema retributivo se rige por el Real Decreto 661/2007, que ofrece dos opciones:

- Una tarifa fija de 79,084 €/MWh.
- Una prima variable a la que se suma el precio final del mercado, con un techo de 91,737 €/MWh, un suelo de 76,975 €/MWh y una prima de referencia de 20,142 €/MWh.

Este sistema es considerado por la Comisión Europea como el más eficiente para las energías renovables de los que existen en Europa en la actualidad [3].

En este estudio no se ha considerado este sistema de primas, ya que lo que se pretende es comprobar si una planta eólica, a igualdad de condiciones con otras tecnologías de generación, puede competir con estas con una mínima rentabilidad.

1.2.2 La energía eólica en el mundo

En el mundo actual, donde parece que se empieza a concebir que los recursos fósiles no son ilimitados y que el planeta no es tan grande como puede parecer a los ojos de cualquier ciudadano de a pie, la energía eólica se contempla ya, como una solución plausible, que ayuda a equilibrar la estructura de generación de una gran cantidad de países, muchos de ellos importadores netos de energía por no tener fuentes de energías propias.

Desde el año 2001 la capacidad mundial de generación eólica ha crecido en torno a un 23% hasta alcanzar casi los 200 GW de potencia instalada. En Europa el incremento ha sido de más del 43% del total mundial, del cual España, ha sido de en torno al 11% con 20,7 GW puestos en marcha. En la Fig. 1.3 se muestra la evolución de la potencia eólica instalada a nivel mundial desde 2001 hasta la actualidad [1].

Aunque el incremento de potencia instalada ha sido enorme, actualmente, la energía eólica sólo aporta un 1,6% del total de energía eléctrica generada en todo el mundo.

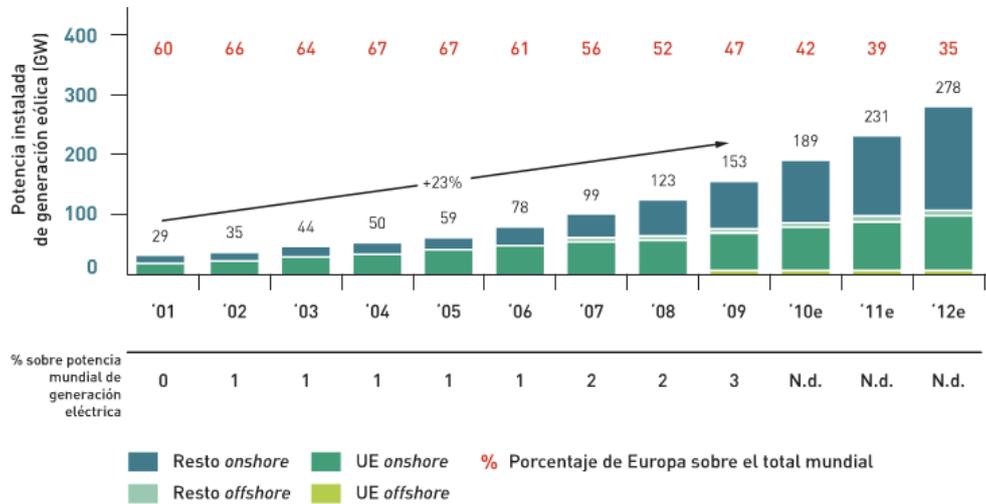


Figura 1.3: Evolución de la potencia eólica instalada a nivel mundial desde 2001.

La Comisión Europea prevé un crecimiento espectacular para la energía eólica en la próxima década, estimando que se alcanzarán los 222 GW eólicos en 2020, lo que supondría en torno al 40% del total de potencia eléctrica prevista.

1.2.3 El futuro de la energía eólica

Según el IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, en los próximos años no son previsible grandes cambios tecnológicos en la generación eólica y las mejoras futuras vendrán determinadas por los pequeños avances en la tecnología actual.

Se tiende cada vez más hacia una configuración sin multiplicadora, o con una simplificada, un generador de imanes permanentes y un convertidor de potencia total, que permita una mayor flexibilidad ante los mayores requerimientos de conexión a red. En diversos centros de investigación se están desarrollando nuevas tecnologías en fase inicial como Cometas, Globos, Giro-rotor y Maglev, ésta con la tecnología de los trenes magnéticos de mismo nombre.

El objetivo principal de los fabricantes de tecnología eólica en tierra es desarrollar aerogeneradores con potencia unitaria en el rango de los 5 a los 10 MW. Otros factores interesantes serán el aumento de la vida media de las máquinas y el avance en sistemas de control para mejorar la calidad de la energía cedida a la red.

La EEA, La Agencia Europea Medioambiental, estima que tras filtrar las zonas con velocidades medias de viento inferior a 6 m/s a una altura de 80 m, Fig. 1.3 quitar las zonas de espacios naturales protegidos y otras por cercanía de

poblaciones, embalses, carreteras o líneas eléctricas; quedan 83.120 km² para construir más parques eólicos, lo que significa un 16,42% de la superficie española. Esto se estima en unos 330 GW [2].

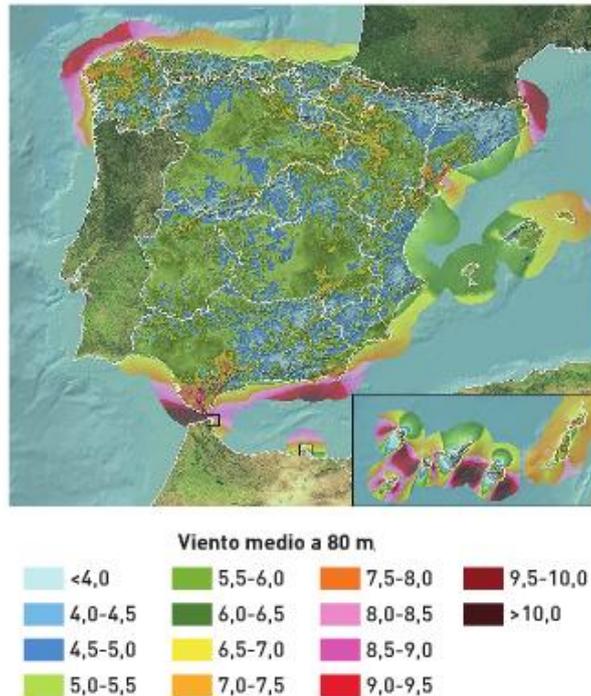
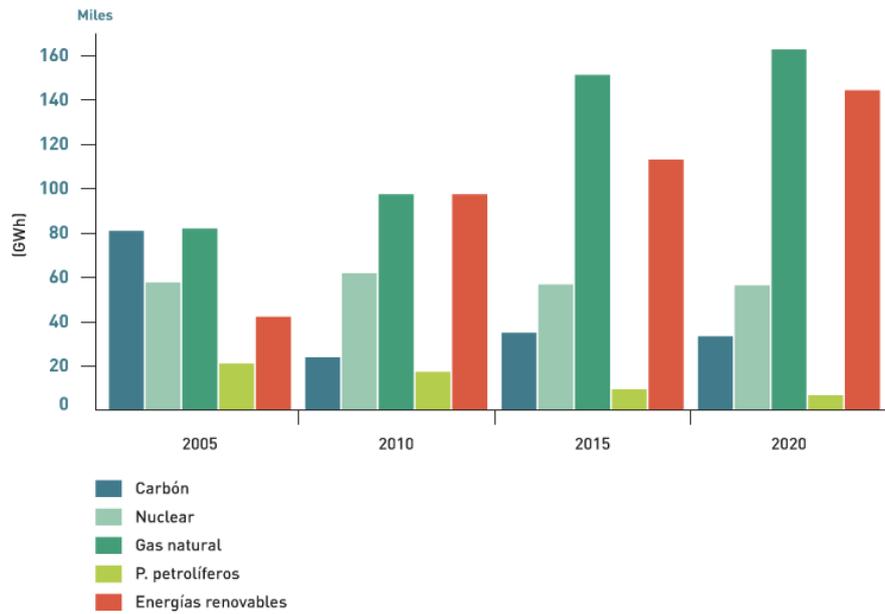


Figura 1.4: Distribución de la velocidad de viento en España medida a una altura genérica de un aerogenerador de 80 m. Fuente IDAE.

Para la tecnología eólica marina donde los aerogeneradores son de una mayor potencia nominal, se espera alcanzar en la próxima década modelos de 10 a 20 MW de potencia unitaria. En España, que a día de hoy no tiene ningún parque en activo de tecnología eólica marina, se están analizando diferentes proyectos en las costas de Cádiz, Huelva, La Coruña o Canarias, aunque lo cierto es que en España no existen demasiados emplazamientos con las características óptimas para esta tecnología, con costas de poca profundidad y buenas características de viento cerca de la costa.

Como muestra la Fig. 1.5 se estima que el incremento en la demanda de energía eléctrica en los próximos años se vea reflejado sobre todo en un aumento de la generación de energías renovables que llegará a cubrir en 2020 un 33% de la demanda eléctrica, sólo por debajo del gas natural (43%), con un especial dominio de la eólica y la hidráulica, que producirán el 70% del total de las renovables. Se espera una aparición de la eólica marina, con una predicción de generación de unos 1.845 GWh.

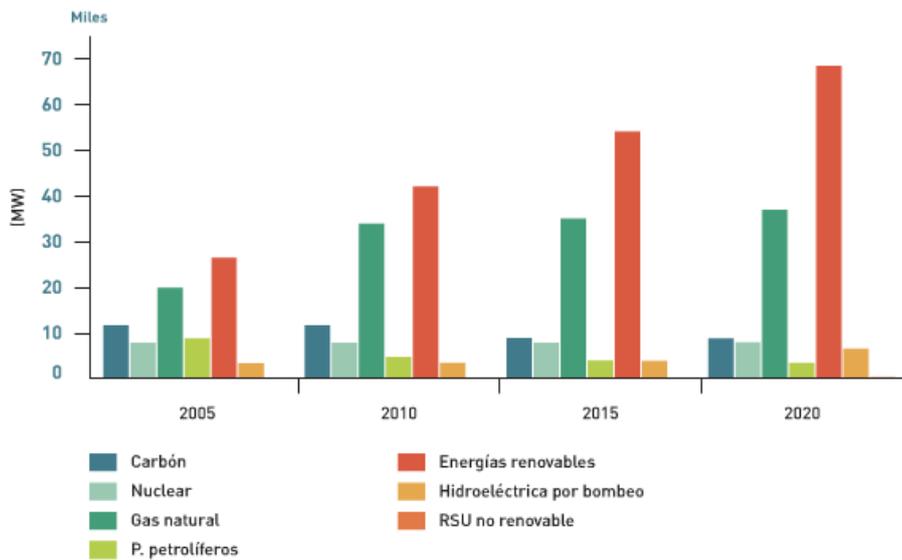


Fuente: MITyC/IDAE

Figura 1.5: Evolución de la estructura de generación en el periodo entre 2010-2020 por fuentes.

Las centrales de carbón y fuel serán las más perjudicadas por el aumento de producción de renovables, llegando estas últimas a una producción anual en 2020 de 8.624 GWh, un tercio de lo que generaban en 2005 (24.261 GWh).

En la Fig. 1.6 se ha representado la evolución de la potencia instalada acumulada en el periodo 2005-2020 donde se estima que las renovables aumentarán en un 58% en 2020 en referencia a 2010, lo que significa que se instalarán en ese periodo un total de casi 24 GW.



Fuente: MITyC/IDAE

Figura 1.6: Evolución de la potencia eléctrica instalada en España durante el periodo 2005-2020.

También crece, aunque de forma más moderada, la potencia instalada de gas natural, que aumenta en un 9%, mientras que se dismantlarán una gran cantidad de centrales de generación basadas en productos petrolíferos, disminuyendo en un 48%.

1.3 Ventajas e inconvenientes de las plantas eólicas

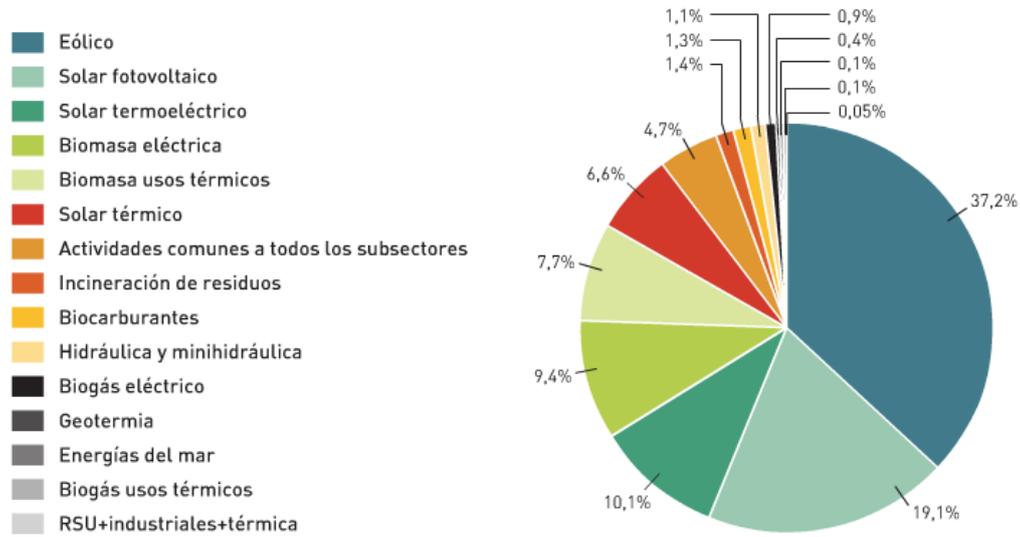
Como cualquier otra tecnología, la eólica ha sido analizada con lupa por investigadores y economistas, por todas partes del mundo. Es conveniente analizar uno por uno los inconvenientes que se le puedan encontrar a esta tecnología, para poder así afrontar este trabajo de la forma más objetiva posible.

El principal defecto de esta fuente de energía es, de hecho, el que este trabajo trata de paliar, su incertidumbre. Es sabido que el viento no sopla cuando las demandas de la energía lo requieren e igualmente, puede soplar en exceso en horas valle. Además, cuando se tiene un elevado porcentaje de generación eólica, es necesario tener a su vez una elevada potencia en generadores listos para inyectar energía en la red en el caso de que el viento deje de soplar (reserva rodante). Estas centrales listas para inyectar, aunque no entren en acción, cobran una fracción, lo que a su vez encarece el MWh generado con energía eólica.

Existen otros inconvenientes menos técnicos como pueden ser: el ruido producido por el aerogenerador, el impacto paisajístico, la peligrosidad para las aves migratorias o nocturnas que puedan impactar contra él o su construcción en espacios protegidos. Estos detalles llegan a ser determinantes a la hora de poder construir o no.

Por otro lado, la energía eólica presenta muchas ventajas, para empezar, es un recurso gratuito y bien distribuido. La inversión en energía eólica, al igual que ocurre con la energía solar, se presenta muy atractiva para países con ausencia de recursos energéticos. España es un país que la gran mayoría de la energía que consume es producida por materias primas que importa de países extranjeros y toda energía que genere mediante tecnología eólica o solar propia, es energía que no comprará del exterior. Esto da al país una independencia que proporciona una estabilidad económica ante fluctuaciones en los precios de las materias primas, en los últimos años muy visibles en el precio del barril de petróleo. Además, los países poseedores de la mayor parte de los recursos de gas natural y petróleo suelen ser países con gobiernos inestables que generan una mayor incertidumbre en la continuidad de los suministros.

Añadir además que el sector eólico es el que más empleo aporta de todas las energías renovables, en la Fig. 1.7 se muestra el porcentaje de empleo generado por cada tecnología de energía renovable en España durante el año 2010.



Fuente: IDAE/ISTAS

Figura 1.7: Situación del empleo asociado a las diferentes energías renovables en 2010.

Otra ventaja de una central eólica es que aunque existen grandes distancias entre aerogeneradores debido a las turbulencias que genera la estela de un aerogenerador sobre otros, estos terrenos pueden seguir usándose para labores de agricultura o ganadería, sacando así un mayor rendimiento del terreno. De esta forma aunque el ratio kW/m² sea mucho menor que el de una central nuclear o de carbón convencional, es un terreno que no queda reducido a un uso como central eléctrica.

