

# ENERGÍA EÓLICA MARINA: UNA SOLUCIÓN A CONSIDERAR PARA UN ABASTECIMIENTO

## ENERGÉTICO SOSTENIBLE

Texto: **Javier Rodríguez Ruiz**

IBERDROLA RENOVABLES. Departamento de Recurso Eólico Internacional y Offshore.

**Álvaro Martínez Palacio**

IBERDROLA RENOVABLES. Jefe del Departamento de Promoción y Proyectos Hidráulicos y Especiales.

**E**l 23 de enero de 2008 la Comisión Europea adoptó un amplio paquete de propuestas de acuerdo con el compromiso del Consejo Europeo de luchar contra el cambio climático e impulsar la energía renovable. En dicho paquete se encuentra la propuesta de una Directiva Europea para la promoción del uso de energía a partir de fuentes renovables en la que se establece un objetivo global mínimo de consumo energético de origen renovable de un 20% para el año 2020. Este objetivo ya se estableció por la Comisión en enero de 2007 en su Strategic European Energy Review y por el Parlamento Europeo en su Resolución sobre el cambio climático de 14 de febrero de 2007. La producción y uso de la energía es una de las primeras fuentes de emisión de gases de efecto invernadero. La creciente dependencia energética exterior de la Unión Europea pone en riesgo su seguridad de abastecimiento e implica un mayor coste del mismo. Por tanto el objetivo final de esta y otras propuestas en materia energética es el de asegurar el acceso de los europeos a una energía sostenible, segura y competitiva.

Las energías renovables contribuyen a reducir la contaminación y la emisión de gases de efecto invernadero y a mejorar la seguridad de abastecimiento por su carácter autóctono. Su competitividad frente a otras fuentes de energía no renovable depende por un lado de su capacidad de mejora tecnológica para reducir los costes de producción y por otro del coste global de otras fuentes de energía sustitutivas. Mientras se considere necesario su desarrollo y los medios de generación renovables no sean suficientemente competitivos en el mercado energético, habrá que utilizar

mecanismos retributivos de apoyo a la generación de energía renovable, aunque siempre a un coste socialmente aceptable y acorde con los objetivos de sostenibilidad, seguridad y competitividad.

En el ámbito de la generación eléctrica, entre todas las tecnologías consideradas como renovables (biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica,...) hasta la fecha tan sólo las instalaciones hidráulicas y eólicas contribuyen de forma significativa a la producción de electricidad, si bien existen situaciones excepcionales de desarrollo significativo de otras tecnologías debido a singularidades locales pero de reducida contribución global (por ejemplo la energía geotérmica en Islandia que representa el 26% de la producción).

La construcción de nuevas instalaciones hidroeléctricas en Europa se ha visto limitada en los últimos años por condicionantes ambientales. Sin embargo hay que destacar que se trata de una tecnología económicamente competitiva y que gracias a su flexibilidad y capacidad de almacenamiento contribuye de forma fundamental a la estabilidad de los sistemas eléctricos integrados y a la adaptación de la generación a la demanda. Por todo ello se debe valorar el desarrollo de nuevos proyectos hidroeléctricos sostenibles ambientalmente.

Gracias a distintos mecanismos de apoyo, la energía eólica ha contribuido de forma decisiva al incremento de generación de energía eléctrica renovable tanto en España como en Europa desde hace dos décadas. En 2007 se instalaron en Europa 8,5 GW eólicos (3,5 GW en España) alcanzando un total de 57 GW (15 GW en España). Del total 1 GW corresponde a instalaciones eólicas marinas.

## Wind power installed in Europe by end of 2007 (cumulative)



	End 2006	Installed 2007	End 2007
<b>EU Capacity (MW)</b>			
Austria	965	20	982
Belgium	194	93	287
Bulgaria	36	34	70
Cyprus	0	0	0
Czech Republic	54	63	116
Denmark	3,136	3	3,125
Estonia	32	26	58
Finland	86	24	110
France	1,567	888	2,454
Germany	20,622	1,667	22,247
Greece	746	125	871
Hungary	61	4	65
Ireland	746	59	805
Italy	2,123	603	2,726
Latvia	27	0	27
Lithuania	48	7	50
Luxembourg	35	0	35
Malta	0	0	0
Netherlands	1,558	210	1,746
Poland	153	123	276
Portugal	1,716	434	2,150
Romania	3	5	8
Slovakia	5	0	5
Slovenia	0	0	0
Spain	11,623	3,522	15,145
Sweden	571	217	788
UK	1,962	427	2,389
<b>Total EU-12</b>	<b>419</b>	<b>263</b>	<b>675</b>
<b>Total EU-15</b>	<b>47,651</b>	<b>8,291</b>	<b>55,860</b>
<b>Total EU-27</b>	<b>48,069</b>	<b>8,554</b>	<b>56,535</b>
<i>Of which offshore</i>	<i>870</i>	<i>210</i>	<i>1,080</i>

	End 2006	Installed 2007	End 2007
<b>Candidate Countries (MW)</b>			
Croatia	17	0	17
FYROM*	0	0	0
Turkey	50	97	146
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>97</b>	<b>163</b>

	End 2006	Installed 2007	End 2007
<b>EFTA (MW)</b>			
Iceland	0	0	0
Liechtenstein	0	0	0
Norway	325	8	333
Switzerland	12	0	12
<b>Total</b>	<b>337</b>	<b>8</b>	<b>345</b>

	End 2006	Installed 2007	End 2007
<b>Other (MW)</b>			
Faroe Islands	4	0	4
Ukraine	86	3	89
<b>Total Europe</b>	<b>48,563</b>	<b>8,662</b>	<b>57,136</b>

\*FYROM = Former Yugoslav Republic of Macedonia

Note: Due to previous-year adjustments, project decommissioning of 88 MW, re-powering and rounding figures up and down, the total for the 2007 end-of-year cumulative capacity is not exactly equivalent to the sum of the 2006 end-of-year total plus the 2007 additions.

Source: EWEA

Potencia eólica instalada en Europa a finales de 2007. Fuente EWEA

La potencia eólica instalada total a finales de 2007 evitará anualmente la emisión de 90 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y producirá 119 TWh en un año medio, lo que supone un 3,7 % de la demanda de la Unión Europea. En el año 2000 la producción de origen eólico no alcanzaba el 1% de la demanda.

## SINGULARIDADES DEL APROVECHAMIENTO EÓLICO MARINO

El desarrollo de parques eólicos en tierra presenta condicionantes ambientales que pueden limitar su capacidad de crecimiento actual. Sin embargo la consecución de los objetivos europeos en materia energética exige mantener las tasas de crecimiento en renovables actualmente sustentada de forma prácticamente exclusiva por la tecnología eólica onshore. Las instalaciones eólicas offshore, por las características del área y recurso marinos, pueden contribuir a incorporar nuevas formas de aprovechamiento del viento que complementen a las instalaciones onshore para alcanzar los objetivos establecidos.

Si bien la tecnología eólica offshore de generación de electricidad se basa en la desarrollada en tierra, el medio marino le confiere ciertas características que la diferencia en algunos aspectos de manera sustancial.

Los primeros parques eólicos terrestres surgen como agrupaciones de aerogeneradores que suman unos cientos de kilovatios, respondiendo a un modelo de generación eléctrica distribuida que actualmente se conserva en algunos países. En los últimos años se han desarrollado aerogeneradores multimegavatio que han llevado en algunos casos a instalar grandes centros de generación eólica de varios cientos de megavatios conectados directamente a la red de transporte. Por la superficie disponible, distancia a los centros de consumo, recurso elevado y estructura de costes, los parques marinos están llamados a convertirse en grandes centros de producción de electricidad. Ac-

tualmente ya existen parques de hasta 160 MW con una tendencia a incrementar la potencia en los nuevos proyectos (varios centenares de megavatios). Por lo tanto, el desarrollo de las instalaciones eólicas marinas deberá ir acompañado del correspondiente crecimiento de las redes de transporte de electricidad que permitan evacuar la energía de proyectos de elevada potencia eólica concentrada. A pesar de la tendencia apuntada, no se deben descartar instalaciones de menor tamaño que permitan un desarrollo progresivo de la tecnología en sus primeras fases.

## EL RÉGIMEN EÓLICO EN EL MAR

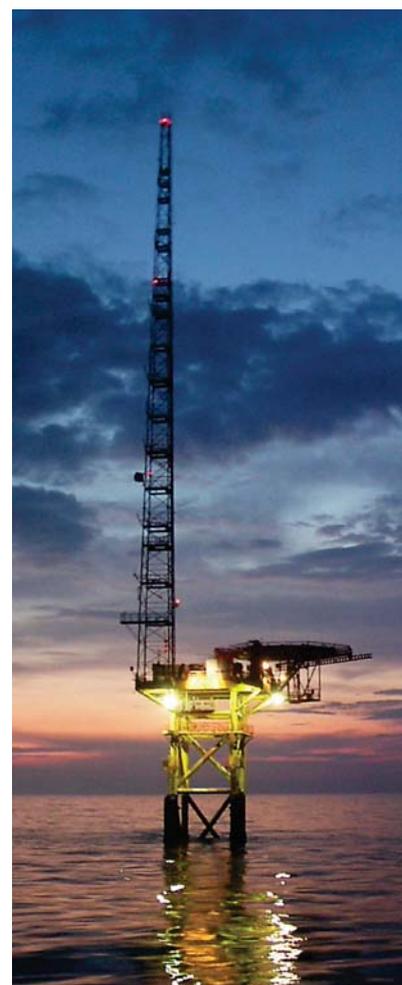
En tierra, el régimen eólico está fundamentalmente influenciado por los efectos topográficos. Sin embargo, en el mar son otros los efectos que dominan el comportamiento del flujo de viento. Como primera aproximación, en el mar, el régimen de vientos en superficie es similar a la circulación general de la atmósfera y por lo tanto, a priori predecible conocidas las condiciones de la atmósfera. Sin embargo, la influencia de las costas incluso a distancias alejadas, introducen importantes variaciones en el régimen de vientos. Las características del mar también afectan significativamente al régimen de vientos. Al contrario que en tierra, donde se puede asumir un valor de la rugosidad de la superficie constante, la superficie del mar presenta una rugosidad variable dependiendo del régimen del oleaje, que depende de las condiciones atmosféricas, que deben valorarse en cada caso y que afectará a las condiciones del viento en cada momento. Las mareas asimismo, varían la altitud relativa del rotor en la capa límite, y por lo tanto la velocidad incidente en el aerogenerador.

Otra de las características que tiene el régimen de viento en el mar es que la intensidad de turbulencia ambiente es más baja que en tierra. Esto implica que haya menos mezcla entre capas, que el viento sea más laminar, y por tanto, que los

efectos turbulentos que generan los aerogeneradores tarden más tiempo en disiparse. Este hecho, hace que la afección por el efecto estela entre aerogeneradores aumente y, por lo tanto, las pérdidas debidas al mismo sean significativamente superiores a las típicas en parques onshore.

Por lo tanto, aunque se pueda evaluar preliminarmente el potencial eólico mediante modelos atmosféricos, con un menor grado de incertidumbre que en tierra, se hace imprescindible realizar una campaña de medidas directas en los emplazamientos para poder realizar una correcta evaluación energética.

La instalación de torres anemométricas offshore resulta una tarea compleja y cara. Realizar medidas a 80 / 100 metros sobre el nivel de



Plataforma de investigación Finno 1 en el Mar del Norte (Alemania)

superficie, puede resultar del orden de 25 veces más caro que hacerlo en tierra. Sin embargo, dichas medidas resultarán esenciales tanto para una correcta estimación de la producción del parque offshore, como para un adecuado diseño de la implantación, que asegure tanto que no se sobrepasan las condiciones de diseño de las máquinas, como la optimización de la instalación desde un punto de vista energético, reduciendo al máximo la pérdidas por estelas.

## LICENCIAMIENTO

Una consideración especial se merece también la fase de licenciamiento que generalmente determina el calendario de inversión y en muchas ocasiones el diseño de las instalaciones de generación de electricidad. Las diferentes administraciones involucradas (centrales, regionales y locales) como los aspectos afectados (medio ambiente, tráfico marítimo, recursos pesqueros, dominio público, sistema eléctrico) determinan un procedimiento administrativo complejo por su naturaleza. En el caso español la Administración ha hecho un esfuerzo para ordenar el procedimiento de tramitación y definir las funciones de los distintos agentes intervinientes en el mismo con el reciente Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio. Dicho decreto establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial y actualmente se encuentra en fase de Evaluación Estratégica Ambiental de acuerdo con la Ley 9/2006 de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. Se espera que esta norma que contempla en su totalidad el procedimiento agilice la autorización de las instalaciones eólicas marinas.

## DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN

La singularidad del medio marino introduce importantes diferencias en

los distintos elementos del parque en las fases de diseño, construcción y explotación. Se tiende a la instalación de aerogeneradores de mayor potencia y tamaño, con elementos de protección y aislamiento que permitan su funcionamiento en un ambiente marino y con elementos de acceso específicos. Las diferencias más sustanciales las encontramos principalmente en los sistemas de soporte de los aerogeneradores. Actualmente se utilizan sistemas de anclaje directo al fondo marino (cimentaciones de gravedad, monopilotes o estructuras multipata) que alcanzan hasta profundidades de 50m. Sin embargo, el desarrollo de la energía eólica marina requerirá en un plazo no muy lejano el desarrollo de soluciones específicas para grandes profundidades. La construcción de los parques requiere grandes medios e instalaciones de construcción marinos (plataformas de montaje, playas de premontaje en puerto, embarcaciones de instalación) propios de otras industrias offshore como la petrolera o gasista. Las infraestructuras de evacuación se realizan mediante cables aislados apoyados o enterrados en el fondo utilizándose en algunos proyectos y en función de la distancia a la costa soluciones en corriente continua con objeto de reducir las pérdidas eléctricas.

La estructura de costes por unidad de potencia instalada se caracteriza por un incremento de los costes de la obra civil y de las infraestructuras de evacuación de energía lo que impulsa al desarrollo de parques de mayor potencia. Actualmente el coste por unidad de energía producida dobla el de los parques terrestres.



Parque eólico de Kentish Flats. 90 MW (Vattenfal. Gran Bretaña). Fase de Montaje.

La explotación de las instalaciones se ve directamente condicionada por el medio en que se desarrolla. Las distancias a las instalaciones y las condiciones meteorológicas adversas pueden llegar a limitar la accesibilidad para las labores de operación y mantenimiento, lo que puede llevar a requerir aerogeneradores más fiables que permitan compensar las dificultades de acceso.



Parque eólico de Middelgrunden. 40 MW. (Københavns Energi y Middelgrundens Vindmøllelaug. Dinamarca)

## EXPECTATIVAS DE DESARROLLO FUTURO

El informe del grupo de trabajo de energía eólica marina de la European Wind Energy Association de diciembre de 2007 ha estimado que para el año 2020 la Unión Europea podría contar con una potencia eólica offshore instalada de entre 20 y 40 GW. El grado de contribución de esta forma de generación al objetivo del horizonte 2020 de la UE dependerá de su capacidad de desarrollo tecnológico que favorezca el aprovechamiento de zonas marítimas más amplias, de la eficacia de los mecanismos de apoyo retributivos que se establezcan y que permitan que la energía eólica marina se pueda convertir en el medio plazo en una tecnología eficiente en costes, de su capacidad de integración medioambiental y del desarrollo de las infraestructuras de transporte que permitan su integración en el sistema eléctrico. 