

# Evolución y perspectivas de la eólica *offshore* en España

**Juan Virgilio Márquez**

Director General de la Asociación Empresarial Eólica (AEE)

## Las cifras de la *offshore* en Europa

De acuerdo a las estadísticas proporcionadas por la Asociación Europea WindEurope, en 2017, la nueva potencia eólica *offshore* instalada y conectada a red en Europa batió un récord histórico alcanzando los 3.148 MW, lo que corresponde, en cálculos netos, a 560 nuevos aerogeneradores en 17 parques eólicos marinos. Esta cifra constituye el doble de lo instalado en 2016 y un 4% superior al récord previo alcanzado en 2015.

Con la aportación de 2017, el total de la potencia eólica *offshore* instalada en Europa alcanza ya los 15.780 MW, que se distribuyen entre 4.149 aerogeneradores interconectados en red a lo largo de 11 países. Y todo ello sin tener en consideración los 1.927 MW que a finales del pasado año estaban aún pendientes de su conexión a la red para verter la energía producida.

Si bien el año 2017 fue un referente de despegue del sector, lo significativo es la tendencia creciente y la actividad continuada cada año. Una vez completada la construcción de los proyectos actualmente en

**Tabla 1.**

| PAÍS               | Nº parques <i>offshore</i> | Nº aerogeneradores conectados | Potencia instalada (MW) | Potencia instalada 2017 (MW) |
|--------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <b>Reino Unido</b> | 31                         | 1.753                         | 6.835                   | 1.679                        |
| <b>Alemania</b>    | 23                         | 1.169                         | 5.355                   | 1.247                        |
| <b>Dinamarca</b>   | 12                         | 506                           | 1.266                   | -5                           |
| <b>Holanda</b>     | 7                          | 365                           | 1.118                   | 0                            |
| <b>Bélgica</b>     | 6                          | 232                           | 877                     | 165                          |
| <b>Suecia</b>      | 5                          | 86                            | 202                     | 0                            |
| <b>Finlandia</b>   | 3                          | 28                            | 92                      | 60                           |
| <b>Irlanda</b>     | 2                          | 7                             | 25                      | 0                            |
| <b>España</b>      | 1                          | 1                             | 5                       | 0                            |
| <b>Noruega</b>     | 1                          | 1                             | 2                       | 0                            |
| <b>Francia</b>     | 1                          | 1                             | 2                       | 2                            |
| <b>TOTAL</b>       | <b>92</b>                  | <b>4.149</b>                  | <b>15.780</b>           | <b>3.148</b>                 |

Fuente: WindEurope

desarrollo, la capacidad instalada sumará otros 2,9 GW de eólica *offshore*, permitiendo alcanzar una cifra de potencia acumulada en Europa de 18,7 GW. Para 2020, las proyecciones de crecimiento ya nos indican que se podrán alcanzar los 25 GW, lo que implica un crecimiento en tres años del 58% respecto a la potencia existente en 2017.

Estas cifras constatan una realidad que ha sido posible gracias a una combinación de factores. Por un lado, la apuesta decidida de un conjunto de países en el desarrollo de la eólica *offshore* en sus costas, con el establecimiento de mecanismos regulatorios adecuados que dan certidumbre a las inversiones, esquemas de gestión del riesgo y seguridad retributiva. Por otro lado, el com-

promiso de los tecnólogos en desarrollar soluciones *offshore* maduras, que respondan a las exigencias del ambiente marino y que en el plazo de tiempo más corto posible permita a los promotores implementar los parques marinos a precios competitivos. Con esta combinación de fuerzas, sin duda, países como Reino Unido, Alemania, Holanda, Bélgica o Dinamarca están liderando el *ranking* de potencia instalada y viendo los beneficios, tanto por la penetración de energía renovable en su sistema y en su mercado, como por el desarrollo de la industria y la generación de puestos de trabajo locales.

En el progreso constante de esta tecnología, la ejecución del primer parque eólico marino flotante, que se instaló en la costa del Norte de Escocia en 2017, ha sido un hito crucial. Dicho proyecto fue desarrollado con una participación muy significativa de la industria española, en concreto de la industria de astilleros en alianza con la industria de fabricación de estructuras y torres eólicas, quienes se encargaron de fabricar las torres y las subestructuras flotantes.

A nivel global, la tecnología *offshore* que se ha consolidado en la actualidad con los costes más competitivos es la que utiliza estructuras de gravedad que van fijadas al fondo marino, con diferentes configuraciones y mediante diferentes soluciones. En el momento en que la profundidad supera un determinado umbral, esta tecnología deja de ser competitiva y es necesario adoptar nuevas alternativas. Países como Reino Unido, Alemania, Holanda, Bélgica, Dinamarca, Estados Unidos o Japón están desarrollando proyectos importantes en este ámbito, hasta el punto de que se prevé que la eólica *offshore* alcance en los próximos años a la eólica terrestre en cuanto a nueva potencia instalada. A medida que en algunos países el desarrollo eólico terrestre ha alcanzado

ya un grado de madurez elevado, cada vez existen menos emplazamientos disponibles para nuevos parques eólicos con viento suficiente. En este contexto, la eólica marina se erige como una de las mejores alternativas para continuar con el crecimiento de las energías renovables en Europa y poder cumplir así con los objetivos de descarbonización marcados para 2030 y 2050.

### Desarrollo de la eólica *offshore* en España

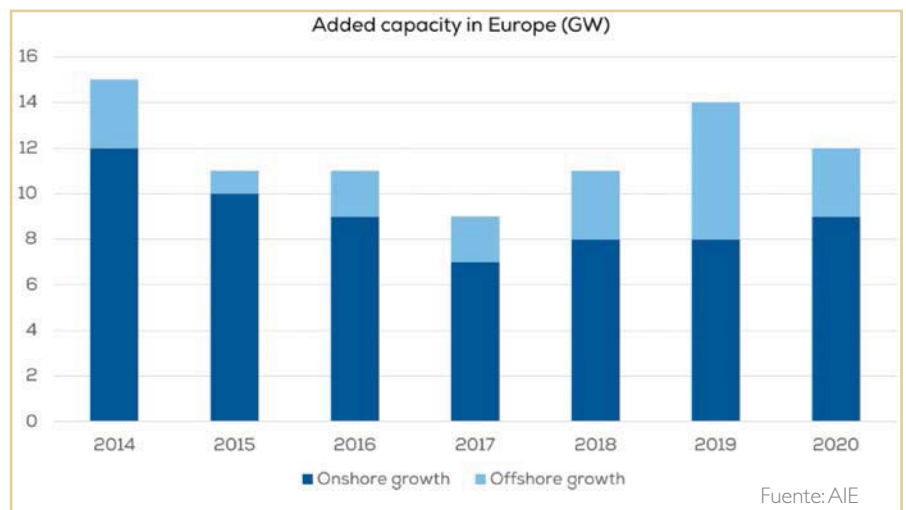
En España existe una limitación física para el desarrollo de la eólica marina con soluciones fijas, debido a que la plataforma continental desciende muy rápidamente y en seguida se alcanzan profundidades demasiado elevadas. Por razones de viabilidad técnica y económica, la utilización de soluciones fijas está limitada al rango de aguas poco profundas, generalmente hasta 30 o 50 metros, a partir de la cual hay que utilizar sistemas flotantes, mucho más costosos. Por otro lado, el potencial de buenos emplazamientos que aún quedan por explotar para desarrollar eólica terrestre hace que la prioridad de los promotores

se centre en desarrollar proyectos en tierra. Más aún, viendo con perspectiva la edad media del parque eólico español, seguramente lleguemos a conocer pronto iniciativas de *repowering onshore* con el objetivo de sacar aún más partido a los mejores emplazamientos.

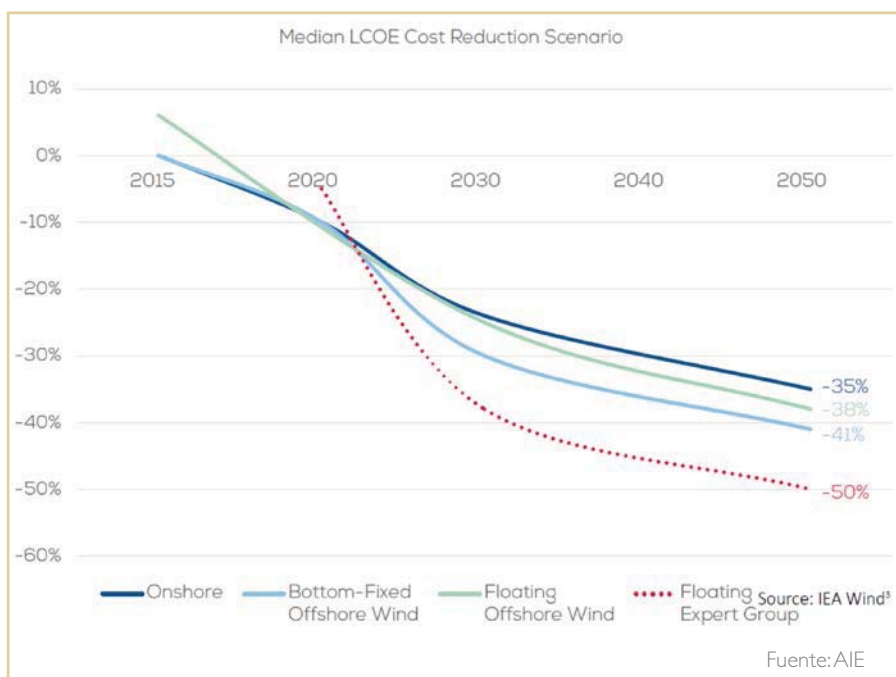
Sin embargo, la utilización de soluciones flotantes para eólica *offshore* está adquiriendo cada vez mayor protagonismo, gracias al desarrollo de cimentaciones flotantes que permiten la implantación de parques eólicos en zonas de gran profundidad (más de 60 metros). La eólica flotante multiplica varias veces el potencial energético de esta forma de energía, ya que obtiene un mejor aprovechamiento del recurso eólico y factores de capacidad mucho más elevados. El sobrecoste de la eólica marina flotante con respecto a otras tecnologías se está reduciendo progresivamente, y en pocos años se convertirá en una alternativa muy competitiva.

En España, en términos de proyectos construidos, la eólica *offshore* ha tenido hasta ahora muy poco desarrollo, más allá de

**Figura 1. Previsión de nueva potencia eólica en Europa**



**Figura 2. Escenarios de reducción del LCOE**



algunos proyectos puntuales de investigación. Con el desarrollo de las soluciones flotantes se evidencia la necesidad de explotar el gran potencial de la producción eólica que existe en España en aguas profundas. Además de ser un referente en eólica terrestre, España cuenta con una industria naval y de ingeniería civil muy potentes, con las que apuntalar el desarrollo de esta tecnología.

La industria está buscando constantemente sinergias inter-sectoriales que incrementen su valor añadido y su competitividad en costes. En este caso concreto, la oportunidad de fabricar estructuras *offshore* ha sido un bálsamo para la industria de astilleros en España, que ha permitido capear los años de crisis económica de una forma razonable.

Es justamente esta búsqueda de sinergias industriales y tecnológicas una de las claves para hacer posible un sector potente, con-

solidado y con peso específico en el mercado, con mentalidad tractora, con esfuerzos diversificados y con empresas de diversa naturaleza, que permitan disponer de presencia en toda una cadena de valor, en nuestro caso de la energía eólica *offshore*. La presencia de la industria española en la eólica *offshore* es indiscutible, habiéndose posicionado ya como uno de los principales *hubs* de conocimiento y producción en el mercado internacional. Hasta la fecha, la historia de la eólica *offshore* en España ha sido principalmente una historia de apuesta industrial y de innovación.

### Visión Macro. La necesaria coordinación de la política Industrial, Energética y Tecnológica

La transición energética en la que estamos inmersos representa un reto y una oportunidad a la vez. La transversalidad de las medidas a tomar y los impactos de las po-

líticas que se adopten nos obligan a tomar perspectiva y valorar si vamos por el camino adecuado; tomar perspectiva para medir avances, pero sobre todo para establecer planes. Es más, sin esa perspectiva, las decisiones que se vayan adoptando no tendrán la certeza de ser efectivas al no tener en cuenta todas las externalidades posibles, las políticas no perdurarán y las medidas no serán sostenibles más que en un número reducido de años. Por ello, disponer de una visión macro en el diseño de las políticas de la transición energética ha sido siempre uno de los mensajes que por parte de AEE se han venido trasladando en los entornos de debate y diálogo en los que se ha colaborado.

La coordinación de los aspectos industriales, energéticos, económicos, tecnológicos, ambientales y educativos es clave, y si hablamos de un ámbito como la eólica *offshore* en el que tanto el desarrollo tecnológico como el posicionamiento de la industria nacional en el mercado global tienen mucho recorrido, se considera obligada.

Si bien estamos ya muy acostumbrados a hablar en términos de cadena de valor de la industria o cadena de suministro, encontramos otro paralelismo en un concepto similar y no tan utilizado como es el de la cadena de valor de las políticas, en el caso que nos afecta, de la transición energética: unas alimentan a otras y las decisiones tienen efectos transversales entre ellas.

Todo está interrelacionado: La industria necesita políticas de I+D que generen esa energía de activación para el desarrollo de nuevas tecnologías; la relación entre la industria y el tejido académico y universitario es clave para consolidar el caldo de cultivo de las nuevas empresas de base tecnológica; con esas nuevas tecnologías y con un

proceso de maduración y experimentación en campo, con una regulación adecuada y mecanismos de apoyo, se conseguirán desarrollos comerciales competitivos, que se integrarán en los nuevos proyectos de los promotores. Si disponen de visibilidad a medio plazo sobre los futuros procesos de subastas y cuentan éstas con diseños que permitan extraer el mayor potencial de cada tecnología y su aplicación a cada región, podrán concurrir con mejores ofertas, más maduras y con menores riesgos, que implican menores costes financieros, generando mayor interés y atracción por parte de nueva inversión, etc.

La historia de la eólica en España es un fiel reflejo de que, durante un tiempo, ese conjunto de factores ideales se dio: regulación adecuada, planificación y visibilidad, excelencia técnica, compromiso de los inversores y de los actores participantes, todo ello coordinado y avanzando en la misma dirección y con objetivos comunes. De ahí los más de 23 GW de potencia instalada en España hasta 2014 a la par que las 200 fábricas que se instalaron en nuestro territorio. En total, 22.500 empleos y una aportación del 0,4% del PIB nacional. España supo invertir en una curva de aprendizaje, la curva de la tecnología eólica, que ha demostrado ser sostenible y ofrecer beneficios claros que perduran. Prueba de ello es que, durante los años de letargo en la instalación de potencia renovable en España, los centros de producción se adaptaron para exportar el 100%, no sólo sobreviviendo a su realidad local, sino ganando competitividad en un mercado global muy exigente que no permitía ningún tipo de relajación.

Cuando hablamos de inversión en aprendizaje es importante no confundirla con un gasto, ya que la inversión genera valor añadido en el tiempo y el gasto se termina difuminando; hablamos de una inversión

en aprendizaje que permite atraer más inversión sobre la que apalancar los avances futuros; una inversión en aprendizaje en un sector estratégico como la energía eólica que no es cortoplacista aunque ofrece ya resultados en un breve periodo de tiempo: empleo, desarrollo regional, efecto depresor en el precio de la electricidad, industria de base tecnológica propia, desarrollo de tecnología y patentes, etc.

Las lecciones aprendidas con la historia de la eólica *onshore* en España nos aportan un criterio realista y responsable para poder avanzar del mismo modo con la cadena de valor de la eólica *offshore*. Podemos afirmar que ésta será la clave del éxito en la *offshore*: visión macro, visibilidad, estabilidad regulatoria, vertebración empresarial y valor añadido en cada eslabón de la cadena de valor.

### La regulación necesaria y su efecto

Como hemos identificado anteriormente, teniendo en consideración que estamos inmersos en un sector regulado como es el sector eléctrico y que todas las iniciativas que se lanzan tienen efectos cruzados, un buen diseño de la regulación es crucial para que los avances efectivamente sean productivos, y en el campo de la eólica *offshore* aún hay mucho que hacer.

Iniciativas tales como diseñar un marco retributivo *ad-hoc* para la implantación de parques *offshore* flotantes basándose en el coste evitado con un diseño de subastas específico, o la posibilidad de conjugar instrumentos de apoyo al I+D junto con mecanismos competitivos para implantar nueva potencia, o como interrelacionar la normativa existente en el ámbito de costas con el necesario avance en determinadas zonas de alta mar para la medida del re-

curso por parte de potenciales promotores *offshore*, o como facilitar los trámites y los permisos para determinados proyectos experimentales, etc., todas ellas pueden ayudar a conseguir un avance relevante en el campo de la *offshore*.

### La importancia de la experimentación en la cadena de valor *offshore*

Toda cadena de valor consolidada debe disponer de un segmento especialmente dedicado a la investigación, el desarrollo de tecnologías y la innovación. La necesidad de disponer de un tejido empresarial, de instituciones académicas y centros de investigación, es clave si se quiere estar en la vanguardia de la gestión tecnológica que permita siempre ir por delante con un plus de competitividad. De lo contrario, como país, albergaremos industria y fabricaremos, pero no generaremos valor añadido diferencial respecto a otros países sino es a través del liderazgo en conocimiento. Esta es justamente una de las dimensiones por las que España debe seguir apostando.

A este respecto, la eólica *offshore* flotante ofrece un terreno con mucho potencial especialmente plausible en determinados ámbitos geográficos de nuestro país.

Uno de dichos ámbitos geográficos son las Islas Canarias, por múltiples razones. Por un lado, los costes de generación eléctrica en las islas son muy superiores a los existentes en la península al basarse en la actualidad de forma mayoritaria en la utilización de combustibles fósiles; por otro, la disponibilidad de recurso eólico es extraordinaria, tanto en cantidad como en calidad. Además, la disponibilidad de localizaciones en tierra va teniendo cada vez más limitaciones; y por último, la visión y el compromiso que

ha demostrado el Gobierno regional en el establecimiento de unos objetivos propios ambiciosos en materia de renovables, y su apoyo explícito a este tipo de iniciativas en beneficio de la actividad económica de las empresas locales y de la propia marca verde de las islas.

Por otro lado, la Comisión Europea ya ha dejado claro su sensibilidad sobre la necesidad de experimentar sobre esta tecnología. Así lo demuestran iniciativas como el Programa de Financiación europea para proyectos innovadores en energías renovables NER300, por el que se concedieron ayudas a dos proyectos innovadores a construir en el País Vasco y en Canarias.

En dicha convocatoria, el proyecto español al que se le asignó mayor cantidad de fondos fue una plataforma eólica que se ubicará a una distancia de entre 1,5 y 3,7 kilómetros de la costa suroriental de la isla de Gran Canaria, a la que se ha dado el nombre de "FloCan5", la cual incluirá cinco aerogeneradores de 5 MW, con una capacidad total de 25 MW. La otra plataforma eólica española, que se situará en alta mar frente al Golfo de Vizcaya, en la costa de Arminza, recibirá un aporte de 33,4 millones de euros y tendrá dos aerogeneradores de 5 MW y otros dos de 8 MW. Ambos proyectos tienen un objetivo común: experimentar sobre las mejores soluciones tecnológicas posibles en eólica flotante para permitir consolidar soluciones comerciales competitivas.

El reto se encuentra ahora en disponer de un marco legal al que dichos proyectos se puedan acoger para producir la energía y poder comercializarla. Como antes, volvemos a la necesidad de coordinar políticas, en este caso de innovación y energéticas. Sin una regulación que clarifique el marco retributivo de dichos desarrollos experimen-

tales, las empresas tendrán serias complicaciones para llevarlos a cabo.

La búsqueda del entendimiento y puesta en común de experiencias e iniciativas tecnológicas es también una de las prioridades del sector. Entornos y foros como ALINNE (Alianza por la Investigación e Innovación Energética) o REOLTEC (Plataforma Tecnológica del sector eólico) han enfocado claramente sus esfuerzos en la eólica flotante.

ALINNE abarca múltiples tecnologías y estructura sus líneas de avance en las denominadas Iniciativas Tecnológicas prioritarias (ITPs). Como una de las iniciativas identificadas actualmente en el ámbito de la energía eólica, se encuentran las actuaciones para conseguir una reducción de costes incrementando la fiabilidad de los parques eólicos situados fuera de la costa.

Dentro de esta ITP, se tienen en cuenta multitud de aspectos como la localización, la evacuación de la producción eléctrica, la cimentación y el sistema de flotación, las complicaciones de la construcción y montaje en el mar, la medición del recurso, así como el uso de buques de gran tamaño y la complejidad que ello implica. Su principal objetivo es el desarrollo de sistemas flotantes que se puedan emplear en profundidades mayores alcanzando unos costes similares a los de las estructuras fijas y mejorando los lugares potenciales de ubicación. Adicionalmente, habrá que trabajar en el desarrollo de cables submarinos para facilitar la integración de la energía en la red, así como los transportes. Dentro de este ámbito, otra línea de innovación marina sería el desarrollo de un procedimiento de montaje mejorado de los aerogeneradores para la reducción de costes, preferiblemente intentando desarrollar un sistema de montaje terrestre que reduzca la peligro-

sidad y simplifique los procesos posteriores de mantenimiento y sustitución de componentes en caso necesario.

En relación a REOLTEC, el empuje hacia la puesta en común de enfoques y soluciones en pro de ganar competitividad con la tecnología flotante es uno de sus principales cometidos. Es más, como integrante de ALINNE, es responsabilidad de esta plataforma la identificación de las líneas de interés común, industria-administración pública, para el futuro, y sin duda el avance hacia la tecnología flotante es una de las prioridades.

Para facilitar la puesta en marcha de proyectos de eólica marina flotante, desde REOLTEC, se ha apoyado a los representantes españoles que lideran esta iniciativa en la UE dentro del SET Plan y se han propuesto las siguientes líneas de investigación para avanzar hacia el objetivo de reducción de costes:

- Plataformas flotantes (barcaza, semi-submergible, spar, TLP, etc.)
- Sistemas de anclaje
- Cables eléctricos, interconexiones e integración en red de parques eólicos marinos
- Logística, instalación y O&M
- Sinergias con el sector naval
- Creación de valor añadido

El objetivo final es llegar a 2025 a un COE competitivo con otras formas de generación, en el entorno de los 70 €/MWh, lo que afecta al coste de las máquinas y facilita las tareas de operación y mantenimiento. Esto supone una apuesta por sistemas integrados basados en la simplificación o ausencia de multiplicadoras y en la instalación de sistemas avanzados de monitorización o redundantes de control y operación de las máquinas.

## Los retos de la logística, el montaje, la operación y el mantenimiento

Si alguna vez hemos tenido oportunidad de seguir el proceso de traslado y montaje de un aerogenerador en tierra, podemos imaginar que la complejidad para un proceso similar se multiplica en un ambiente marino, tanto por costes como por retos técnicos y especialización de las empresas.

Los sistemas que finalmente quedan instalados en altamar deben ser capaces de tener un nivel de supervivencia superior a su equivalente en tierra. Los equipos embarcados deben ser construidos con otros estándares y dotados con sistemas de sensorización, mando y control, mucho más exigentes. La búsqueda de tecnologías que permitan anticiparse al fallo o al ratio de fatiga no tolerable, también juega un papel esencial.

Ya desde la propia medición del recurso eólico en altamar nos encontramos retos tecnológicos y riesgos que en tierra no existen en tamaña magnitud. La ubicación de equipos de medida en localizaciones exteriores a las aguas territoriales de cada país requiere de condiciones de seguridad y legalidad específicas. Los medios de transporte naval se están especializando. Las soluciones de transporte, no sólo para el montaje inicial, sino para los posibles procesos de grandes correctivos deben diseñarse para ganar eficiencia y seguridad, todo ello repercutiendo en la reducción del LCOE de la tecnología *offshore* actual.

Si hablamos del factor humano, las condiciones del operario son más exigentes, la formación debe ser aún más especializada y la gestión humana de dichos profesionales se presenta como otro de los factores críticos. La complejidad del proceso es diferente, de ahí que la concepción del mantenimiento debe ser diferente desde su inicio.

Para ello, la tecnología debe ser nuestro aliado y debemos facilitar los mecanismos de apoyo para lograr su maduración.

### El caso del primer aerogenerador marino en Gran Canaria

La instalación en Gran Canaria del primer aerogenerador eólico marino de España, el primero de cimentación fija del sur de Europa y uno de los desarrollos pioneros en el mundo utilizando tecnología de autoizado, ha hecho historia en junio de este año. Ha sido en el puerto de Arinaga, donde se ha ubicado el prototipo Mario Luis Romero Torrent (MLRT), instalado en el banco de ensayos para energías renovables de la Plataforma Oceánica de Canarias (Plocan).

El prototipo «a escala real y operativo» del proyecto Elican se remolcó desde la bahía de Arinaga hasta llegar a su emplazamiento marino, en donde la estructura navegable se lastró de forma controlada. Terminado el fondeo, la torre telescópica plegada que lleva incorporada se desplegó y se elevó la turbina. La estructura flotante y la torre telescópica contribuyen particularmente a reducir los costes de la energía eólica *offshore*. La primera evita el uso de los grandes barcos grúa y la segunda permite

el montaje completo de los componentes en puerto, reduciendo las operaciones marinas, a expensas siempre de la climatología. La estructura, además, es íntegramente de hormigón, más barata y también más duradera en el agresivo ambiente marino.

Este proyecto ha dispuesto de un presupuesto de 20 millones de euros, financiados por el programa europeo H2020. Según recogía el proyecto, la torre del prototipo MLRT pesa 273 toneladas y el rotor tiene 132 metros de diámetro y cuenta con una potencia de generación de 5 MW.

### Perspectivas de futuro

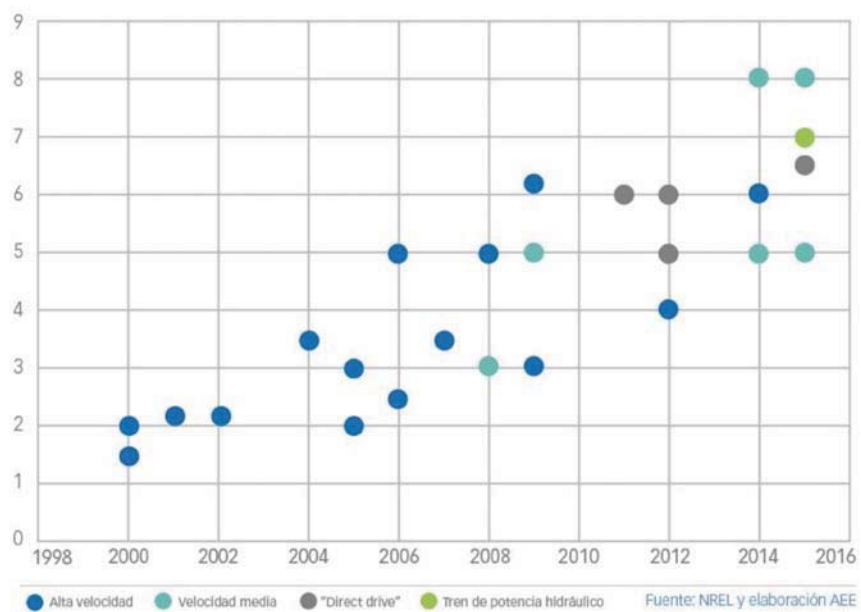
Todo indica que la eólica marina va a seguir creciendo de forma progresiva en la UE, especialmente cuando los costes de energía para los futuros parques *offshore* adjudicados en subastas de Alemania, Holanda y Reino Unido han resultado inferiores a los de su alternativa fósil y en algunos casos incluso se van a hacer simplemente con los ingresos del mercado eléctrico. Basado en esta realidad económica, WindEurope plantea un escenario factible a 2030 en el que la UE va a tener 70.000 MW eólicos marinos instalados, que generarán el equivalente al consumo eléctrico español

Figura 3.



**Figura 4.**

Evolución de la potencia nominal (en MW) y del tipo de arquitectura del tren de potencia de los prototipos de aerogeneradores *offshore*



actual. A nivel mundial, la AIE prevé que se puedan alcanzar los 194 GW para esa fecha, por lo que esta tecnología tiene todos los mimbres de poder ser un gran vector de desarrollo industrial que puede beneficiar a la industria europea.

Para materializar este enorme potencial de la forma más eficiente será necesario que la industria eólica europea, incluida la española, siga pudiendo invertir en I+D+i, cuente con un mercado autóctono con visibilidad de los volúmenes a instalar a largo plazo (adjudicados mediante subastas) y un buen marco regulatorio estable y predecible. Además, sin eólica marina, no es previsible que la UE pueda hacer frente al doble reto de reducir su dependencia energética y cumplir con su compromiso de prácticamente eliminar las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen energético para 2050. ■