

LIDERAZGO ESPAÑOL EN ENERGÍAS RENOVABLES OCEÁNICAS EL PROYECTO OCEAN LÍDER

JUAN AMATE

Responsable de Tecnología Offshore
& Supply Chain
Iberdrola I&C

El 20 de noviembre de 2009 la Ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, informó al Consejo de Ministros de los 18 grandes proyectos de cooperación público-privada en I+D aprobados en la quinta convocatoria del Programa de Consorcios Estratégicos Nacionales en Investigación Técnica (CENIT-E). Dado su carácter estratégico, multidisciplinar y colaborativo, el

proyecto Ocean Líder fue seleccionado junto con otros 17 proyectos (cuatro en el área de energía, de los cuales tres están dirigidos al área de renovables), entre los 49 presentados, para su financiación dentro del subprograma CENIT-E del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica.

El proyecto, que cuenta con un presupuesto cercano a 30 millones de euros, el mayor de estas características a nivel mundial, ha recibido una subvención del 49,3% (casi 15 millones de euros) del Centro para el Desarrollo Industrial, CDTI, y del Fondo de Inversión Local para el Empleo-Gobierno de España del Plan-E y ha sido apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Ocean Líder es la apuesta firme de la industria española por el desarrollo de las energías renovables oceánicas a través de la innovación y la cooperación público-privada.

Iberdrola Ingeniería lidera desde finales del año 2009 una de las principales apuestas de futuro de la industria española por el desarrollo sostenible con el proyecto Ocean Líder «Líderes en Energías Renovables Oceánicas». Se trata de una ambiciosa iniciativa tecnológica promovida por un consorcio de empresas de los

sectores energético y marítimo españoles con una alta capacidad de Investigación y Desarrollo, que afronta el desafío de generar el conocimiento y las tecnologías necesarias para desarrollar e implantar instalaciones integradas de aprovechamiento eficiente e integral de energías renovables oceánicas a gran escala (grandes plantas de generación oceánica en aguas abiertas), tanto en nuestras costas como en otros escenarios favorables para este tipo de instalaciones existentes en el mundo.

Este proyecto aglutina la preocupación del sector público y privado por la búsqueda de nuevas líneas de obtención de energía de origen renovable y trata de abrir un camino todavía incipientemente explorado para suplir la falta de desarrollo tecnológico de la industria de generación de energía oceánica en la actualidad, debida fundamentalmente a la complejidad tecnológica, a la dificultad del medio, a la baja eficiencia de los dispositivos desarrollados hasta la fecha y al alto coste de su instalación y operación.

Los conocimientos y tecnologías generados en Ocean Líder permitirán el desarrollo de nuevas instalaciones, dispositivos, estructuras, artefactos de reconocimien-

to y caracterización del medio marino, buques, así como el desarrollo de nuevas técnicas para la generación, distribución y transporte de la energía oceánica, que permitan su aprovechamiento sostenible a gran escala y la implantación de novedosos modelos inteligentes de gestión y explotación de dichas fuentes energéticas preservando el medio ambiente marino y la seguridad de la vida humana en la mar.

Adicionalmente, se pretende obtener un efecto catalizador en el desarrollo de las nuevas energías oceánicas (generación de energía a partir de las olas y las corrientes, fundamentalmente), mediante su integración con una forma de energía mucho más madura en la actualidad, como es la energía eólica marina. La generación combinada permitiría rebajar los costes de producción totales y maximizar la utilización de las áreas disponibles, mediante el uso combinado de las principales infraestructuras de cimentación, evacuación, control y O&M, además de crear un nuevo estándar a nivel mundial.

Del mismo modo se espera que gracias al desarrollo de grandes plantas de generación de energía renovable oceánica (varios cientos de MW por planta) se consiga aumentar la eficiencia técnico-económica de las mismas y la estandarización de los procesos de promoción, diseño, construcción/instalación y operación, mediante la aplicación de una economía de escala.

Se trata, por tanto, de un proyecto estratégico para el futuro de industrias como la de las energías renovables, naval, fabricación de bienes de equipo y otras auxiliares, dado que se pretende establecer un nuevo sector industrial que serviría de nexo para todas ellas, mediante el aprovechamiento del conocimiento desarrollado y acumulado durante años en estos sectores, algunos de ellos en franco declive, potenciando la lucha contra el cambio climático e impulsando el nuevo modelo de crecimiento económico basado en energías renovables y ahorro energético que permita la creación de nuevos puestos de trabajo. En definitiva, se espera que todos estos desarrollos permitan a España liderar este nuevo sector de las energías renovables oceánicas a nivel mundial (cuyo potencial se estima en unos 100.000 TWh/año), tal y como ha sucedido en el sector de la energía eólica, donde muchas empresas españolas son hoy en día referencia en el mundo.

El equipo. Un total de 20 empresas y 25 centros de investigación y universidades conforman el consorcio liderado por Iberdrola Ingeniería y Construcción, que se caracteriza por contar con los principales especialistas en las materias planteadas, líderes de sus sectores de aplicación, con una amplia experiencia en el área de la innovación industrial y amplia presencia internacional (recuadro 1).

Estructura general del proyecto. El proyecto se ha estructurado en 6 áreas fundamentales de desarrollo o actividades, de las que se derivarán nuevos conoci-

RECUADRO 1 VEINTE EMPRESAS Y VEINTICINCO CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y UNIVERSIDADES EN EL CONSORCIO OCEAN LÍDER



FUENTE:
Elaboración propia.

mientos que darán lugar a nuevas tecnologías y patentes, estas son: 1) caracterización de emplazamientos, 2) generación de energía, 3) eléctrica, 4) O&M, 5) operaciones marina y seguridad en el mar y 6) medio ambiental.

Una de las actividades, la medio ambiental (6), presenta un carácter transversal con el objeto de garantizar la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente en todas las tareas desarrolladas y en su futura aplicación a gran escala. Del mismo modo, en todas las actividades del proyecto se viene realizando una constante labor de vigilancia tecnológica para garantizar la idoneidad de todos los desarrollos planteados inicialmente.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada una de las Actividades de investigación del proyecto Ocean Líder.

ACTIVIDAD A1: INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS INTELIGENTES PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS APTOS Y ÓPTIMOS, EVALUACIÓN DEL RECURSO Y DISEÑO DE UNIDADES INTEGRADAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA OCEÁNICA †

La actividad I de Ocean Líder tiene como objetivo obtener el conocimiento necesario para el desarrollo de sistemas de alta tecnología, que permitan la identificación de emplazamientos marinos óptimos, para el aprovechamiento energético y el desarrollo futuro de Unida-

**CUADRO 1
ENTIDADES QUE COLABORAN EN LA ACTIVIDAD AI**

Sub-actividad	Empresas	Organismos de investigación
I.1. Investigación en metodologías para la caracterización de emplazamientos y estudio de zonas aptas	Proes Consultores	IH. Cantabria
	Igeotest	Universitat Politècnica de Catalunya-Cimne
	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad Politécnica de Madrid
		Tecnalia
		IH.Cantabria
I.2. Investigación en artefactos de prospección y apoyo y equipos y sistemas de monitorización	Acciona Energía	NP
	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad Politécnica de Madrid / Tecnalia / IH.Cantabria
		Universidad de Valladolid
	Grupo Mecánica del Vuelo	Plocan
Igeotest	Universitat Politècnica de Catalunya-Cimne	
I.3. Tecnologías de inteligencia artificial para la evaluación automática de áreas y emplazamientos, Definición de soluciones óptimas de diseño de unidades integradas	Grupo Mecánica del Vuelo	Universidad de Valladolid
	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad Politécnica de Madrid
		Tecnalia
	Proes Consultores	IH. Cantabria

FUENTE: Elaboración propia.

des Integradas de Generación de Energía Oceánica (UNIGEOs).

Para ello, el alcance de las investigaciones que se llevan a cabo en esta actividad, abarca el estudio de modelos numéricos que permitan el desarrollo de tecnologías de inteligencia artificial. Estas tecnologías serán capaces de determinar los dispositivos que resultan más eficientes en ciertas áreas, de manera óptima y económica, utilizando para ello metodologías de caracterización y evaluación de emplazamientos que tengan en cuenta los principales factores que las definen, así como los posibles dispositivos a instalar (actividad II). Además se profundiza en el conocimiento y diseño específico de los diferentes sistemas y artefactos que serán necesarios para medir y monitorizar todos aquellos parámetros a considerar, tanto en superficie como en aguas profundas.

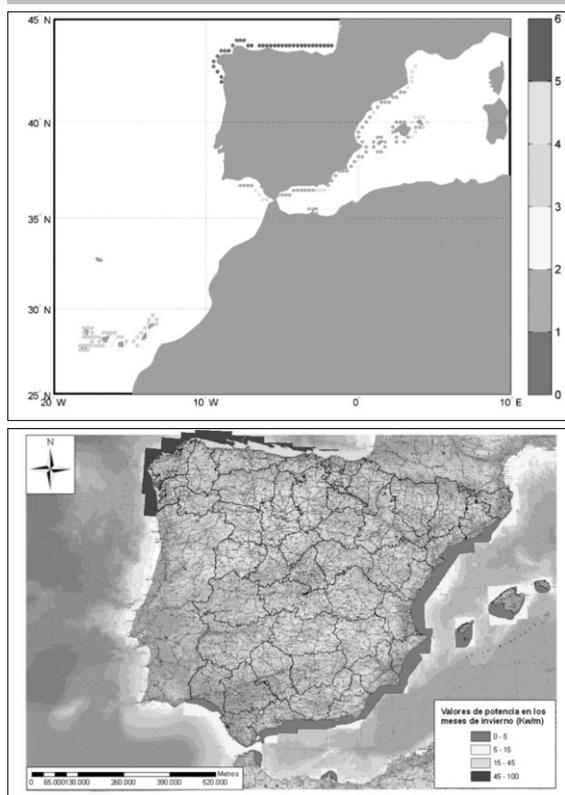
Esta actividad está liderada por Iberdrola Ingeniería y Construcción, que junto con las empresas y centros de investigación que participan en ella, están llevando a cabo la totalidad de las investigaciones, englobadas en función de objetivos concretos, dentro de tres subactividades (cuadro 1):

A continuación, se detallan las tareas llevadas a cabo en cada una de las subactividades, así como los resultados más relevantes obtenidos en esta actividad.

Subactividad I.1. Investigación en metodologías para la caracterización de emplazamientos y estudio de zonas aptas

La existencia de potencial energético oceánico suficiente en un emplazamiento es indispensable para la ubicación de dispositivos de aprovechamiento ener-

**IMAGEN 1
MAPAS DE CLASIFICACIÓN DE CLIMAS MARÍTIMOS Y POTENCIAS EN EL LITORAL ESPAÑOL**



FUENTE: Proes.

gético. En esta subactividad Proes e Iberdrola I&C han contado su experiencia y conocimientos para realizar la caracterización de dicho recurso energético existente en las costas españolas. Para ello se han desarrolla-

do varios atlas en función del recurso a estudiar, como son el atlas de recurso eólico, el de oleaje y el de corrientes, procedentes de modelización numérica mesoescalar, los cuales han sido validados y calibrados con datos procedentes de fuentes instrumentales como boyas oceánicas, satélites y radares. Estos atlas serán la base para la determinación de zonas óptimas de aprovechamiento energético y para la definición de los UNIGEOs más apropiados a cada emplazamiento concreto (imagen 1, en página anterior).

Además de estas variables meteoceanográficas, otros aspectos necesarios para el análisis de viabilidad de los emplazamientos (batimétricos, medioambientales, socioeconómicos y operacionales) también han sido analizados en esta subactividad, obteniéndose una serie de capas de datos en la que se estructura la información a manejar y habiéndose desarrollado una metodología de ayuda a la toma de decisión para la promoción de proyectos en áreas concretas (imagen 2).

Subactividad I.2. Investigación en artefactos de prospección y apoyo y equipos y sistemas de monitorización

Dentro de esta subactividad, parte de las investigaciones de GMV y Acciona están centradas en sistemas de comunicaciones y medición de parámetros oceanográficos, habiéndose planteando alternativas físicas, hardware y software para el cálculo continuo, con un nivel mínimo de precisión de los parámetros de oleaje y corrientes. A su vez, dentro de los equipos de navegación, se ha definido un sistema de navegación mixta ROV / AUV con instrumentación de seguimiento en mar abierto.

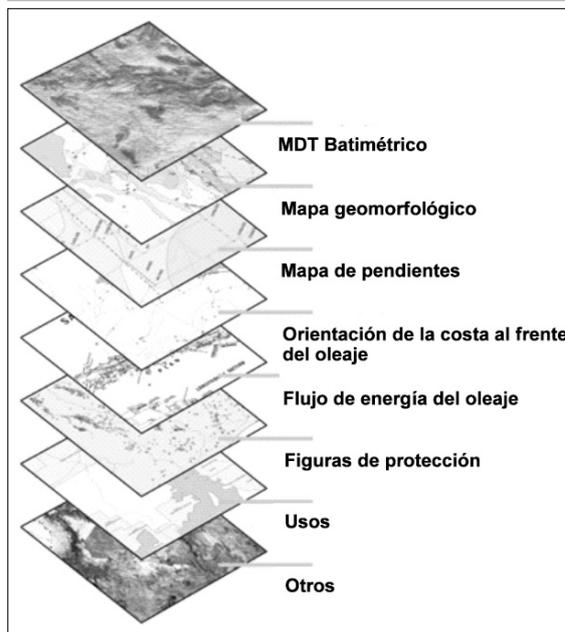
En cuanto a la prospección geotécnica offshore, Igeotest está desarrollando un equipo submarino propio tipo multiensayo que permite realizar ensayos de caracterización geotécnica in situ, como ensayos de piezocono CPTU (Cone Penetration Test) y DMT (Marchetti Dilatometer), además de la obtención de muestras de calidad para su ensayo en laboratorio (imagen 3).

Subactividad I.3: Tecnologías de inteligencia artificial para la evaluación automática de áreas y emplazamientos, definición de soluciones óptimas y diseño de unidades integradas

Esta subactividad está dedicada al desarrollo de un Sistema Experto de ayuda a la toma de decisión (DSS-GIS-WEB) de emplazamientos óptimos para la instalación de UNIGEOs.

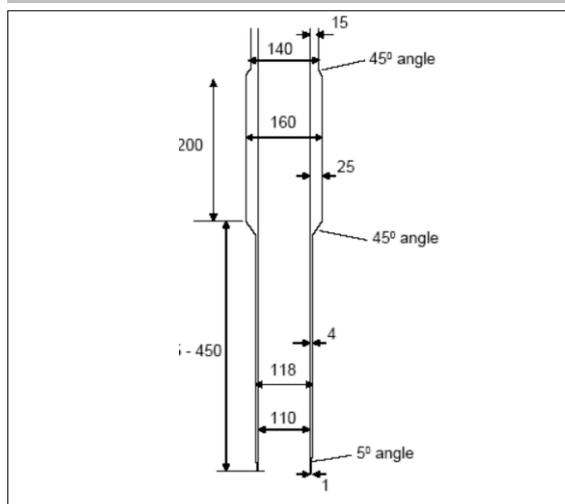
Este sistema analiza todos los aspectos más relevantes estudiados dentro de las subactividades I.2 y I.3 (meteo-oceanográficos, físicos, medioambientales, socioeconómicos...) en un emplazamiento concreto seleccionado por el usuario para los diferentes dispositivos de aprovechamiento de energía oceánica exis-

IMAGEN 2
CAPAS DE DATOS



FUENTE:
Iberdrola I&C.

IMAGEN 3
ESQUEMA PARCIAL DE EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE MUESTRA PARA ENSAYO



FUENTE:
Igeotest.

tentes, dando como resultado el grado de idoneidad del dispositivo al emplazamiento.

GMV en estrecha colaboración con Iberdrola I&C y Proes ha creado una plataforma GIS integrable con el sistema experto y el sistema de inteligencia artificial, que es capaz de asociar los factores a tener en cuenta en la instalación de dispositivos convertidores de energía con los emplazamientos. El motor de la herramienta se basa, en la aplicación de operaciones de

CUADRO 2
ENTIDADES QUE COLABORAN EN LA ACTIVIDAD AII

Sub-actividad	Empresas	Organismos de investigación
II.1. Tecnologías para el aprovechamiento de la energía de las olas	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Tecnalia
		Universitat Politècnica de Catalunya-CIMNE
		Universidad Politécnica de Madrid
	Iberdrola renovables	Universidad de Cantabria
		Tecniker
	Ingeteam	Universidad Pública de Navarra
	Norvento	IH. Cantabria
		Euskoiker
		Cehipar
		Universidad Politécnica de Madrid
Vicinay Marine	Euskoiker	
Tecnologías Auxiliares de Fundición	Tecnalia	
	CT. Innovsa	
Idesa	Prodintec	
	Itma	
	Universidad de Oviedo	
Oceantec	Tecnalia	
II.2. Tecnologías para el aprovechamiento de la energía de las corrientes	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Tecnalia
		Universitat Politècnica de Catalunya-CIMNE
		Universidad Politécnica de Madrid
	Seaplace	Universidad Politécnica de Madrid
		Cehipar
	Idesa	Prodintec
Itma		
Universidad de Oviedo		
Vicinay Marine	Euskoiker	
Ingeteam	Universidad Pública de Navarra	
II.3. Energía eólica acoplada a sistemas de generación por olas y corrientes	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Tecnalia
		Universitat Politècnica de Catalunya-CIMNE
		Universidad Politécnica de Madrid
	Vicinay Marine	Euskoiker
	Seaplace	Universidad Politécnica de Madrid
		Cehipar
	Idesa	Prodintec
Itm		
Universidad de Oviedo		
Sener Sistemas	Universidad Politécnica de Madrid	
II.4. Integración de energías renovables en estructuras ya existentes en el medio marino (plataformas de extracción de hidrocarburos, faros etc...) e instalaciones portuarias.	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Tecnalia
		Universitat Politècnica de Catalunya-CIMNE
		Universidad Politécnica de Madrid
	Acciona Energía	NP

FUENTE: Elaboración propia.

lógica borrosa (reglas hard y soft) sobre las diferentes capas de información implementadas en la subactividad I.1, que son de aplicación a cada criterio de valoración de idoneidad (físico, operacional, medioambiental, socioeconómico, potencial energético...) para cada emplazamiento en estudio. Todo ello facilitará la selección de los emplazamientos más adecuados, así como la estimación de los ratios de inversión y de rentabilidad asociados.

ACTIVIDAD AII: TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES ¶

La actividad AII tiene como objetivo principal la investigación y generación de nuevas tecnologías y sistemas de obtención de energía a partir de fuentes oceánicas renovables, tales como la energía undimotriz, la energía de las corrientes y el desarrollo de sistemas y dispositivos integrados que permitan obtener energía si-

multáneamente del viento, las olas y las corrientes, que se define como eólica acoplada. Además de desarrollar las soluciones de los sistemas eléctricos y de fondeo adaptados a las necesidades de estos nuevos dispositivos, denominados UNIGEOs.

La actividad de generación se estructura en cuatro subactividades ó líneas de desarrollo, que consiguen abarcar los diferentes dispositivos de obtención de la energía de cada tipo de recurso (olas, corriente y viento) y de la combinación de los mismos (híbridos), de manera que se optimice al máximo el rendimiento de una instalación oceánica de generación de energía. El alcance de las investigaciones comprende todos los aspectos fundamentales para el diseño de los dispositivos de manera individual y combinada, considerando en cada caso, tanto elementos y mecanismos concretos que los constituyen, como los sistemas auxiliares de conversión y de fondeo.

De este modo, las empresas con mayor capacidad tecnológica colaboran estrechamente con aquellas de mayor capacidad científica, para obtener resultados eficientes y económicamente viables, contando además con la participación de entidades con dispositivos propios en vías de desarrollo. Se trata de una actividad clave en el desarrollo del proyecto, donde se generarán los conceptos de las tecnologías que sirven como base a los desarrollos del resto de Actividades, existiendo una fuerte bidireccionalidad en el flujo de información.

Iberdrola Renovables lidera esta actividad y coordina a las empresas y organismos de investigación que en ella colaboran cuyo trabajo se estructura según los datos reflejados en el cuadro 2, en página anterior.

A continuación se detallan las tareas llevadas a cabo en cada una de las subactividades, así como los resultados más relevantes obtenidos en esta actividad.

Subactividad II.1. Energía de las olas

Esta subactividad, centra sus investigaciones en los dispositivos que aprovechan la energía de las olas ó energía undimotriz, que se agrupan en cuatro tipos en función de sus características, sistema captador atenuador, sistema de rebase por oleaje, atenuador puntual y de columna de agua oscilante.

Las investigaciones detalladas para determinar las características especiales que un dispositivo de olas contemplan, desde la tipología de sus estructuras más óptimas y el detalle de componentes de sensorica y control, hasta los materiales que lo compondrán, se han centrado especialmente en los sistemas de captación de energía tipo atenuador puntual (Idesa), atenuador con transformación de movimiento de balanceo en giro unidireccional (Oceantec), seguidor de contorno y tipo rebase con concentrador (Norvento) y tipo boya (TAF), analizando además el coste de la energía generada.

Iberdrola I&C ha determinado los tipos de captadores que son acoplables a estructuras de eólica marina, mediante un estudio pormenorizado tanto de los aspectos mecánicos como de la disponibilidad de recurso combinado suficiente en el emplazamiento.

Los sistemas que complementan a los propios dispositivos, como son los de conversión de energía marina en eléctrica y los de fondeo, han sido estudiados por Ingeteam y Vicinay respectivamente. Respecto a estas áreas, se han identificado soluciones óptimas para la captación, conversión y acumulación de la energía de distintos dispositivos y se ha desarrollado una metodología para el diseño de las líneas de fondeo de artefactos flotantes.

Subactividad II.2. Energía de las corrientes

Esta subactividad, centra sus investigaciones en los dispositivos que aprovechan la energía de las corrientes. Las investigaciones realizadas en esta subactividad son equivalentes a la realizadas en la subactividad II.1.

Se han analizado las condiciones óptimas para el diseño de los dispositivos de corriente, buscando y seleccionando aquellas localizaciones idóneas mediante el estudio detallado de datos reales de mediciones de velocidades, direcciones y tipos de corrientes. Finalmente se han seleccionado cuatro zonas en el Estrecho de Gibraltar para su validación, teniendo en cuenta las posibles restricciones para la instalación de dichos dispositivos.

Iberdrola I&C ha modelizado la geometría de las palas de hidrogenadores y desarrollado los modelos numéricos que permiten obtener datos de el efecto de fuerzas y momentos sobre las palas, de manera que permita optimizar el diseño hidrodinámico de las turbinas marinas, mejorando así su rendimiento.

Entre los tecnólogos que participan en esta actividad, se encuentra Seaplace, el cual ha centrado sus investigaciones en el diseño de un convertidor de corrientes tipo hélice-tobera, habiendo determinado hasta el momento los parámetros y características de las formas de la hélice, la tobera y el difusor, así como el sistema de conversión de potencia del dispositivo en colaboración con Ingeteam

Respecto a los sistemas de fondeo, Vicinay ha continuado con la metodología mencionada en los dispositivos de olas, estudiando tres conceptos de fondeo y definiendo las características de cada uno de ellos.

Subactividad II:3. Energía eólica acoplada a las olas y corrientes

Esta subactividad persigue, la obtención de soluciones óptimas de combinación entre dispositivos de olas y/ó corrientes marinas y las estructuras de los dispositivos de eólica marina, mejorando así la instalación oceánica de generación de energía.

Entre los resultados más significativos obtenidos, se encuentra una guía de orientación sobre normas y códigos aplicables al diseño de todo el rango de dispositivos de aprovechamiento marino. Esta guía, desarrollada por Iberdrola I&C, será de gran utilidad para el cálculo de eficiencia de diseños de dispositivos acoplados ó híbridos.

IdeSa, con su dispositivo undimotriz, ha avanzado en el diseño del acoplamiento del mismo a un sistema eólico, obteniendo como resultado dos soluciones diferentes basadas en flotadores, una tipo pulpo multiflotador y la otra con un sistema giroscópico de rótula oscilante (imagen 4).

Iberdrola I&C ha desarrollado un Software de diseño acoplado aero-hidro-servoelástico para el diseño y la evaluación de estructuras flotantes y sistemas de aprovechamiento mixto de las energías renovables marinas, tanto desde un punto de vista estructural como de comportamiento dinámico en el mar. Gracias a ello, Iberdrola I&C ha desarrollado un diseño específico de una estructura flotante tipo TLP para energía eólica marina acoplada con un sistema de generación undimotriz, profundizando no sólo en el estudio de su comportamiento estructural sino también en su comportamiento en la mar en condiciones operativas y de supervivencia (imagen 5).

Subactividad II.4. Integración en estructuras e instalaciones existentes

Para ampliar las posibilidades de instalación de los UNIGEOs, en esta subactividad se han valorado las distintas infraestructuras portuarias y offshore, como alternativa de estructura soporte para los dispositivos de generación de energías renovables marinas.

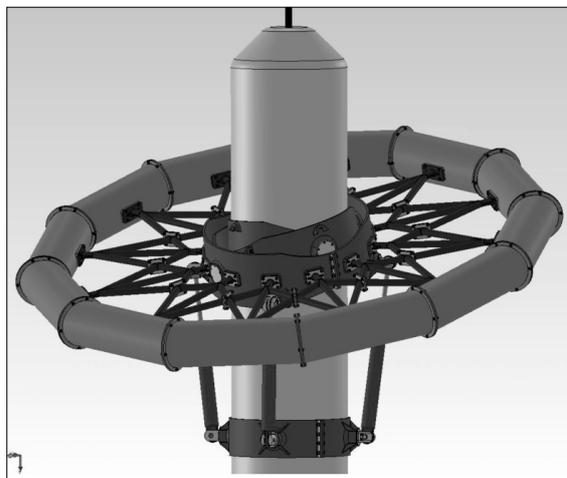
Acciona ha catalogado las estructuras existentes en el litoral español apropiadas para ser aprovechadas para la instalación de un dispositivo de captación de energía tanto de olas como de corrientes, analizando en detalle tanto el recurso como el medio-físico.

El estudio pormenorizado de las estructuras marítimas y portuarias susceptibles de dicha integración ha permitido definir sus tipologías en detalle, su capacidad de aceptar modificaciones y su flexibilidad a la hora de variar el diseño inicial y la fabricación de cara a futuras incorporaciones de los dispositivos de generación. Iberdrola I&C, en colaboración con Acciona han desarrollado una metodología de selección de estructuras existentes e instalaciones portuarias para la ubicación de dispositivos captadores mediante criterios de eficiencia y aprovechamiento así como de viabilidad técnica y económica.

ACTIVIDAD AIII: TECNOLOGÍAS PARA LA DISTRIBUCIÓN, TRANSPORTE, TRANSFORMACIÓN Y CALIDAD DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS

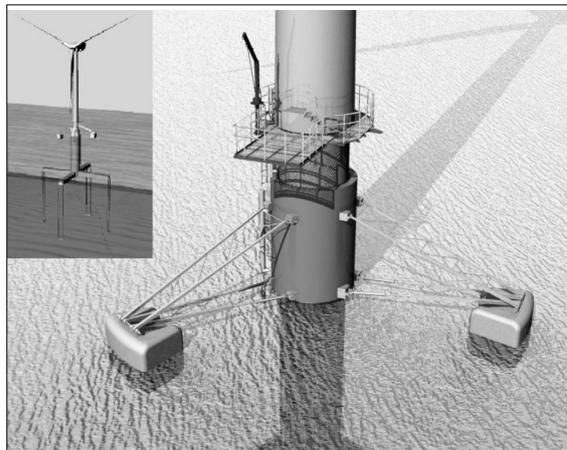
El objetivo fundamental de la Actividad III del proyecto Ocean Lider es la investigación y diseño de siste-

IMAGEN 4
SOLUCIÓN DE ACOPLAMIENTO AL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA PARA EL DISPOSITIVO DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ



FUENTE:
IdeSa.

IMAGEN 5
ESTRUCTURA FLOTANTE TIPO TLP PARA ENERGÍA EÓLICA MARINA ACOPLADA CON UN SISTEMA DE GENERACIÓN UNDIMOTRIZ



FUENTE:
Iberdrola I&C.

mas innovadores para la distribución y transporte de la energía generada por medio de energías renovables oceánicas, así como la investigación en nuevas tecnologías aplicables al diseño de subestaciones transformadoras y centros de transformación marinos adaptados a las plantas de generación renovable en el mar. Se mantiene con ello la coherencia en la sucesión de las actividades del proyecto, tras haberse abordado la caracterización de emplazamientos marinos (actividad I) y las tecnologías de los generadores que mejor puedan aprovechar el recurso energético de los mismos (actividad II).

**CUADRO 3
ENTIDADES QUE COLABORAN EN LA ACTIVIDAD AIII**

Sub-actividad	Empresas	Organismos de investigación
III.1. Distribución y transporte de energía	Prysmian Cables Y Sistemas	IH. Cantabria
		Universitat Politècnica de Catalunya
		Centre Tecnològic de Manresa
	Iberdrola Ingeniería Y Construcción	Tecnalia
		IH. Cantabria
Oceantec	Tecnalia	
III.2. Subestaciones y centros de transformación marinos, conexión a red y calidad de la energía.	Iberdrola Renovables	Tecnalia
	Alstom Grid	Universidad Politécnica de Madrid
	Schneider-Electric	Universidad Politécnica de Madrid
	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Tecnalia
		IH. Cantabria
Iberdrola Renovables	Tecnalia	

FUENTE: Elaboración propia.

El ámbito físico del alcance de la Actividad III comprende todos los elementos y equipos que permiten la evacuación de la energía renovable generada en el mar hasta su vertido en la red eléctrica terrestre de distribución o transporte cumpliendo con los requisitos técnicos que permitan su utilización. En este sentido, son objeto de desarrollo elementos tales como sistemas de conexión eléctrica submarina, cables submarinos de baja, media y alta tensión, centros de transformación submarinos y subestaciones transformadoras tanto en corriente alterna como en corriente continua de alta tensión (HVDC).

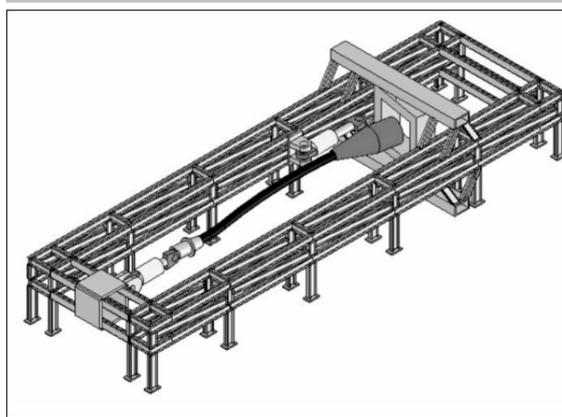
La actividad III se encuentra liderada por Iberdrola Ingeniería y Construcción, si bien para combinar en su justa medida los desarrollos puramente técnicos con la visión práctica de los usuarios finales de los productos creados, se han combinado los esfuerzos de un amplio grupo de empresas soportadas por diversos organismos de investigación (cuadro 3)

A continuación, se detallan las tareas llevadas a cabo en cada una de las subactividades, así como los resultados más relevantes obtenidos en esta actividad.

Subactividad III.1. Distribución y transporte de energía ↓

En esta subactividad, dedicada a las líneas de transmisión de energía y sus accesorios, son destacables los diseños de cables eléctricos dinámicos y conectores realizados por parte de Prysmian, habiéndose considerado en su desarrollo las condiciones reales de funcionamiento de generadores marinos en diversos emplazamientos de la costa española. Para cubrir el ciclo completo de desarrollo, Prysmian ha fabricado diversas bobinas de los cables diseñados, los cuales junto a sus respectivos conectores han sido ensayados y validados en un banco de pruebas de diseño propio que simula las condiciones de operación en la mar.

**IMAGEN 6
ESQUEMA DEL BANCO DE ENSAYOS PARA ESTUDIAR LA FATIGA EN LOS CABLES**



FUENTE: Prysmian.

Subactividad III.2. Subestaciones y centros de transformación marinos, conexión a red y calidad de la energía ↓

En esta subactividad Alstom y Schneider Electric, como fabricantes de todo tipo de equipos eléctricos de potencia, han centrado sus investigaciones en cuestiones relacionadas con la conexión a la red de transmisión eléctrica de plantas de generación renovable marina. Concretamente Alstom se ha centrado en el análisis del comportamiento eléctrico de este tipo de plantas frente a la red eléctrica, de cara a dar cumplimiento a los requisitos de conexión por parte del operador de la misma. Se han simulado plantas de generación de diversos tamaños y tecnologías (incluido el dispositivo Oceantec), tanto en corriente alterna como en HVDC con configuración en fuente de tensión (VSC), habiéndose desarrollado estrategias de control de tensión-potencia reactiva y frecuencia-potencia activa, así como de comportamiento ante faltas en la red.

CUADRO 4
ENTIDADES QUE COLABORAN EN LA ACTIVIDAD AIV

Sub-actividad	Empresas	Organismos de investigación
IV.1. Diseño conceptual y funcional de sistemas inteligentes de gestión y mantenimiento para UNIGEOs	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad Las Palmas de Gran Canaria-Ceani
		Universidad Politécnica de Valencia
	Nem Solutions	Tecnalia
		Universidad Las Palmas de Gran Canaria-Ceani
		IH. Cantabria
	Ennera	Tecnalia
	Oceantec	Tecnalia
IV.2. Sistemas de monitorización y comunicación en ubicaciones remotas oceánicas	Iberdrola Renovables	Universidad de Cadiz
	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad Las Palmas de Gran Canaria-Ceani
		Universidad Politécnica de Valencia
	Grupo Mecánica del Vuelo	Universidad de Valladolid
IV.3. Investigación en tecnologías para diagnosis inteligente y autónoma, con optimización de mantenimiento en explotaciones marinas	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad Las Palmas de Gran Canaria-Ceani
		Universidad Politécnica de Valencia
	Nem Solutions	Tecnalia
		Universidad Las Palmas de Gran Canaria-Ceani

FUENTE: Elaboración propia.

Por parte de Schneider Electric se han analizado diversos escenarios de plantas de generación oceánica en función de su tamaño, buscando maximizar la continuidad del servicio ante contingencias mediante el desarrollo de criterios de diseño en cuanto a la configuración de las subestaciones transformadoras, sus sistemas de control y protecciones o de alimentación auxiliar.

Iberdrola Renovables, por su parte, ha centrado sus investigaciones en el desarrollo de la solución óptima de conexión para generadores marinos, tanto desde el punto de vista de la configuración del cableado submarino, las cajas de conexión submarinas (o "hubs") y los propios conectores (dentro de la subactividad AIII.1), como bajo la consideración de los centros de transformación submarinos, centrándose en el sistema de encapsamiento de los mismos (subactividad AIII.2).

Oceantec, como único participante de la actividad con un diseño propio de generador undimotriz, ha centrado su actividad en el diseño de soluciones de conexión eléctrica (cables dinámicos y conectores), adaptadas a las características específicas de operación de su dispositivo bajo múltiples condiciones marinas.

Finalmente, Iberdrola Ingeniería y Construcción ha investigado sobre la especificación de cables submarinos dinámicos y conectores para generadores oceánicos, así como sobre el diseño de subestaciones marinas. Sin embargo, el hilo conductor de sus trabajos en la Actividad III es el desarrollo de una herramienta informática de optimización tanto de las redes eléctricas submarinas como de las estrategias de O&M, cuyo punto de partida es definir el nivel de redundancia óptimo

tanto en las líneas eléctricas submarinas como en las subestaciones transformadoras para cada proyecto.

Partiendo de tasas de fallo estadísticas definidas para todos los equipos involucrados (cables, transformadores, aparataje...), se ha creado un algoritmo de generación aleatoria de averías de modo que, definiendo los protocolos de reparación de las mismas, se puede calcular la energía que se ha dejado de generar al final de la vida útil de la instalación. Si se varían las redundancias eléctricas y los medios de operación y mantenimiento disponibles se obtienen una serie de escenarios que pueden ser comparados mediante el valor actual neto y la tasa interna de retorno de la inversión realizada en cada caso, cuyo valor máximo definirá la configuración óptima.

ACTIVIDAD AIV: SISTEMAS DE GESTIÓN, MANTENIMIENTO Y COMUNICACIÓN INTELIGENTES PARA EXPLOTACIONES OCEÁNICAS †

El objetivo principal de la actividad IV es la investigación en sistemas y tecnologías que posibiliten la gestión, mantenimiento y comunicación eficiente con una base de control terrestre garantizando la fiabilidad y eficiencia de los sistemas de tal forma que posibilite la viabilidad de su implementación. Los factores de fiabilidad y eficiencia son críticos para la mejora de la disponibilidad, mantenibilidad y seguridad de todos y cada uno de los dispositivos y tecnologías desarrolladas en el proyecto OCEAN LÍDER y por tanto, para la viabilidad del posterior desarrollo de productos adecuados a los requerimientos del mercado, y su implantación y comercialización.

Son objeto de estudio, los modelos físicos y empíricos que permitan caracterizar el comportamiento operativo de los UNIGEOs y sus componentes, los mecanismos de fallo y síntomas para establecer un diseño del sistema funcional inteligente de gestión, así como las tecnologías de comunicación oceánicas que permitan monitorizar las variables significativas desde tierra.

Esta actividad está liderada por Nem Solutions, como empresa de base tecnológica enfocada al sector de la ingeniería de mantenimiento inteligente de sistemas complejos, complementada por un grupo de empresas y centros de investigación que aportan la base científico-tecnológica necesaria para desarrollar las investigaciones previstas. La actividad de investigación se ha dividido, en función de objetivos concretos, dentro de tres subactividades (cuadro 4, en página anterior).

A continuación, se detallan las tareas llevadas a cabo en cada una de las subactividades, así como los resultados más relevantes obtenidos en esta actividad.

Subactividad IV.1. Diseño conceptual y funcional de sistemas inteligentes de gestión y mantenimiento para UNIGEOs

Entre los resultados más destacados dentro de esta subactividad se encuentra, la definición de la metodología de caracterización operativa y optimización de la estrategia de explotación durante todo el ciclo de vida útil de un parque con dispositivos UNIGEOs que ha realizado Iberdrola I&C, en colaboración con Ennera y Oceantec desde su experiencia en dispositivos de eólica terrestre y olas respectivamente.

Nem, ha realizado un análisis AMFEC y RCM sobre un dispositivo de aprovechamiento de olas de topología análoga al SeaGen así como uno undimotriz, siendo en este caso el propio dispositivo de Oceantec. Teniendo en cuenta las conclusiones obtenidas dentro de esta subactividad, se han ejecutado todas las investigaciones de la subactividad IV.3, cuyos resultados se explican más adelante.

En paralelo, se han diseñado las estrategias de mantenimiento idóneas por componente teniendo en cuenta el tipo de fallos, medios necesarios e instalaciones portuarias en las proximidades de la ubicación geográfica. Dichas estrategias incluyen distintos niveles de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivos con su correspondiente modelo de tiempos y costes.

Con el fin de seleccionar la estrategia óptima de mantenimiento antes de la puesta en operación del parque, Nem ha desarrollado una herramienta de apoyo a la decisión que permite analizar y simular todas las posibles estrategias de mantenimiento. Una vez simuladas, se ha seleccionado los indicadores de explotación (Key Performance Indicator – KPI) del parque completo que permitan la realización de un análisis cuantitativo de cada una de ellas. Dichos KPIs son, entre otros, disponibilidad técnica, disponibilidad operativa, energía generada y coste de O&M durante todo el ciclo de vida útil de la instalación.

Dicha herramienta consigue integrar información relacionada con las condiciones meteocénicas, recurso natural, modelos operativos de los dispositivos y los modelos de costes y tiempos de las estrategias de mantenimiento, corrientes y viento.

Como resultado, se obtiene una primera planificación de tareas de mantenimiento durante el ciclo de vida que permite minimizar los costes y pérdidas de energía de dichas intervenciones. Pero la realidad es que, una vez operativo el parque, se identificarán nuevas anomalías que requerirán de intervención. Con el fin de asegurar que de manera continua se actualiza la estrategia de mantenimiento para optimizar los KPI del parque, el resultado final de esta subactividad será la investigación y prueba de concepto de un sistema inteligente de optimización dinámica de explotación de un parque de UNIGEOs offshore. Todo ello, permitirá capacitar a los operadores de dichos parques con tecnología que asegure la optimización del rendimiento durante todo el ciclo de vida de los mismos.

Subactividad IV.2. Sistemas de monitorización y comunicación en ubicaciones remotas oceánicas

En esta subactividad, el resultado más significativo es la definición de la instrumentación necesaria para asegurar la correcta monitorización de la operación de los dispositivos en zonas oceánicas remotas, así como la investigación y selección de las tecnologías de comunicación tanto con soporte físico como inalámbrico que han llevado a cabo GMV e Iberdrola I&C conjuntamente. Se han estudiado los sistemas de comunicación por radio VHF, HF y se han analizado los sistemas estandarizados AIS, así como las comunicaciones inalámbricas de última generación estandarizadas como es el caso de wimax, wifi, bluetooth y zigbee.

GMV ha establecido las posibilidades de integración de los sistemas de comunicación anteriormente mencionados, con un sistema de seguridad marítima como se representa en la figura inferior.

Para cada uno de los sistemas de comunicaciones analizados se ha propuesto un esquema de integración de estas tecnologías en los sistemas UNIGEOs. Obteniendo como conclusión final que el sistema más adecuado para integrar en estos sistemas es el estándar AIS por tres razones: seguridad, costes de las comunicaciones y coste de mantenimiento.

Subactividad IV.3. Investigación en tecnologías para diagnóstico inteligente y autónoma, con optimización de mantenimiento en explotaciones marinas

A partir de los resultados de la subactividad IV.1, Nem ha estudiado todos los métodos de modelización de la operación de sistemas complejos, para finalmente seleccionar los más adecuados para estos dispositivos y sus modos de fallo e Iberdrola I&C ha desarrollado la

CUADRO 5
ENTIDADES QUE COLABORAN EN LA ACTIVIDAD AV

Sub-actividad	Empresas	Organismos de investigación
V.1. Operaciones marinas	Iberdrola Ingeniería Y Construcción	Universidad Politécnica de Madrid
	Proes Consultores	Universidad Carlos III de Madrid
		Universidad de Granada
	Oceantec	Tecnalia
	Iberdrola Renovables	Tecnalia
V.2. Instalaciones de apoyo y medios de instalación	Acciona Energía	Universidad Politécnica de Madrid
	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad Politécnica de Madrid
	Idesa	NP
	Sener Sistemas	Universidad Politécnica de Madrid
	Igeotest	Plocan
	Prysmian Cables Y Sistemas	Universitat Politècnica de Catalunya
V.3. Sistema de accesibilidad y emergencia	Seaplace	Universidad Politécnica de Madrid
	Iberdrola Ingeniería Y Construcción	Universidad Politécnica de Madrid
	Grupo Mecánica Del Vuelo	Universidad de Valladolid
V.4. Tecnologías para la seguridad de la vida de las personas en las explotaciones oceánicas	Acciona Energía	Universidad Politécnica de Madrid
	Iberdrola Ingeniería Y Construcción	Universidad Politécnica de Madrid
	Grupo Mecánica Del Vuelo	Universidad de Valladolid
	Acciona Energía	Universidad Politécnica de Madrid
	Proes Consultores	Universidad Carlos III de Madrid
	Idesa	NP

FUENTE: Elaboración propia.

arquitectura de la herramienta para diagnosis y prognosis inteligente.

Se han seleccionado modelos mixtos que combinen modelos basados en eventos discretos y modelos experimentales. En el primer caso, han sido definidas las distribuciones estadísticas de la probabilidad de fallo de cada componente y finalmente, mediante el método de diagrama de bloques, la distribución del sistema completo. Para el caso de modelos experimentales, éstos se basan en la información recogida por la sensórica embarcada, que ha sido definida en la subactividad IV.2. Para llevar a cabo dicha modelización, se han investigado las diferentes técnicas del ámbito de la inteligencia artificial que permiten caracterizar todo tipo de comportamiento de cada componente del dispositivo. Teniendo en cuenta la ausencia de información de operación de dispositivos UNIGEOs, Nem junto a Iberdrola I&C, ha establecido paralelismos entre los sistemas oceánicos y los terrestres que ha realizado, empleando datos de operación de componentes análogos en otras aplicaciones, como son la industria eólica terrestre y el O&G, así como los resultados de las investigaciones realizadas en la IV.1 en colaboración con Oceantec y Ennera.

ACTIVIDAD AV: INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS PARA LA OPERATIVIDAD Y SEGURIDAD DE UNIDADES INTEGRADAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA OCEÁNICA

El objetivo fundamental de la Actividad V es el de conocer y desarrollar los sistemas, metodologías y tecnologías que permitan realizar operaciones marinas pa-

ra el desarrollo completo del ciclo de vida de los UNIGEOs, así como en el resto de las instalaciones oceánicas de generación de energía planteadas en el menor plazo y coste posible, sin riesgos para la seguridad.

La actividad investigadora se centra, en el estudio de las necesidades propias de las operaciones a desarrollar, alrededor de todos los sistemas existentes en una instalación de este tipo, como los propios sistemas de captación y generación de energía, así como los de transformación y evacuación de la misma, más allá de la propia explotación energética. El alcance de las investigaciones, contempla todas las operaciones existentes en el tiempo que va desde la implantación y montaje de la instalación en mar abierto, hasta las que serán necesarias para su mantenimiento y posterior desmantelamiento. Para completar y estructurar el alcance de esta Actividad, se han definido cuatro subactividades que abarcan todas las operaciones posibles, desde las propias necesarias para la operación de la instalación hasta las relacionadas con la seguridad de la vida en la mar.

La Actividad V se encuentra liderada por PROES, coordinando a un amplio grupo de empresas soportadas por diversos Organismos de Investigación:

A continuación, se detallan las tareas llevadas a cabo en cada una de las subactividades, así como los resultados más relevantes obtenidos en esta actividad.

Subactividad V.1. Operaciones marinas

En esta subactividad Proes junto a Iberdrola I&C han analizado las operaciones marinas que han de ser

desarrolladas durante la instalación, explotación, mantenimiento y desmantelamiento, asociadas a la variedad de tipologías estructurales en que se pueden instalar los distintos sistemas de obtención de energías renovables. Adicionalmente han realizando un estudio de riesgos y viabilidad de las diferentes operaciones susceptibles de ser ejecutadas, durante todas las fases de la vida de una instalación de generación de energía renovable offshore, teniendo en cuenta para ello los factores críticos de cada fase, previamente identificados en colaboración con Iberdrola Renovables y Oceantec.

A este respecto, hasta fecha los resultados más relevantes, obtenidos en los trabajos de investigación, se centran en la definición e identificación de los medios y procedimientos más adecuados para la ejecución de las operaciones relacionadas con la construcción, mantenimiento y desmantelamiento, tanto de los elementos estructurales que soportan los dispositivos, como de las instalaciones de evacuación de la energía. Asimismo Acciona ha avanzado en la simulación física de diferentes medios de instalación de plataformas offshore mediante ensayos en canal, lo que servirá para la calibración de softwares específicos de simulación de maniobras especializadas para este tipo de operaciones.

Subactividad V.2. Instalaciones de apoyo y medios de instalación ▼

Esta subactividad, está dedicada a la obtención de tecnologías y sistemas que posibiliten la ejecución de las operaciones marinas a llevar a cabo en las instalaciones de generación de energía renovable offshore, mediante la optimización de plazos de ejecución y la minimización de riesgos para la seguridad.

Hasta la fecha, entre los resultados más relevantes, se encuentran los obtenidos en el trabajo de Iberdrola I&C, para la confección de bases de datos, de astilleros y puertos susceptibles de prestar servicios a los medios de operación, elementos de maniobra y buques e instalaciones auxiliares.

Por otro lado, en el aspecto más tecnológico, Prysmian ha desarrollado un sistema robótico para realizar las operaciones de conexión submarina e Igeotest ha avanzado en el desarrollo de sistemas de visión 3D submarina, con captura en tiempo real y de otros sistemas basados en tecnología acústica. Seaplace por su parte se ha centrado en el desarrollo de un sistema automático de posicionamiento dinámico, que mejorará la estabilidad de las operaciones a realizar en flotación.

Subactividad V.3. Sistemas de accesibilidad y emergencia ▼

La investigación desarrollada en el ámbito de esta subactividad está encaminada al desarrollo de tecnologías que permitan la determinación y posterior detección de umbrales e intervalos de accesibilidad y operación en las instalaciones de generación de ener-

gía oceánica en función de las tipologías y los modos de operatividad de cada dispositivo.

La materialización de la investigación desarrollada se ha manifestado en el avance del desarrollo de los sistemas de prevención de emergencia y gestión de crisis, tanto en el ámbito de la transmisión de información (alertas, alarmas, etc.) que GMV ha desarrollado como experto en sistemas de comunicaciones, como en la propia operativa de evacuación y salvamento desarrollada por Acciona, en ambos casos apoyados por las investigaciones de Iberdrola I&C relacionada con tecnologías para la determinación de umbrales de accesibilidad y operación. Todo ello ha sido posible mediante el análisis de los sistemas de rescate y acceso disponibles y la definición de las operaciones necesarias de evacuación y rescate.

También se han desarrollado soluciones para nuevos problemas que se presentan en instalaciones flotantes, desconocidos hasta la fecha, en instalaciones de turbinas eólicas fijas y, por último, el desarrollo de posibles soluciones para mejorar y agilizar el rescate por medio de: equipos electrónicos incorporados en equipos de protección individual y en componentes de equipos de rescate.

Subactividad V.4. Tecnologías para la seguridad de la vida de las personas en las explotaciones oceánicas ▼

Esta cuarta subactividad está dedicada a obtener las tecnologías que garanticen la seguridad, primordialmente de la vida de las personas y en un segundo orden de prioridad, de las propias instalaciones.

Entre los resultados más relevantes se encuentran el establecimiento de una serie de supuestos y sucesos potencialmente plausibles en las instalaciones de UNIGEOs, que ha llevado a cabo Iberdrola I&C, cuyos riesgos asociados son objeto de tratamiento en la metodología de gestión aplicable, niveles de definición de riesgos y medidas de mitigación de los mismos que desarrolla Proes.

Cabe destacar los avances de GMV en el desarrollo del propio sistema inteligente que, a partir de la definición de los riesgos identificados, posibilita la evaluación, control y gestión del riesgo mediante la proposición, de manera automática, de una metodología de mitigación del mismo que garantice la seguridad y protección de personas e instalaciones. Este sistema está siendo validado en paralelo por Acciona. Además ha diseñado la arquitectura de dispositivos personales inteligentes, para operarios de instalaciones oceánicas, que remitan información a evaluar por el sistema de gestión de riesgos.

ACTIVIDAD AVI: TECNOLOGÍAS PARA LA PRESERVACIÓN DE RECURSOS, GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL Y CAMBIO CLIMÁTICO ▼

El objetivo principal de la actividad VI es la investigación en modelos, protocolos, guías, metodologías,

CUADRO 6
ENTIDADES QUE COLABORAN EN LA ACTIVIDAD AVI

Sub-actividad	Empresas	Organismos de investigación
VI.1. Tecnologías y modelos para la evaluación de la repercusión en el cambio climático.	Proes Consultores	Tecnalia
		IH. Cantabria
	Acciona Energía	Tecnalia
		CSIC
	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad de Cádiz
Grupo Mecánica del Vuelo	Universidad de Valladolid	
VI.2. Sistemas y tecnologías para la minimización de los efectos en el cambio climático.	Proes Consultores	Tecnalia
		IH. Cantabria
	Acciona Energía	Tecnalia
		CSIC
	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad de Cádiz
Grupo Mecánica del Vuelo	Universidad de Valladolid	
VI.3. Preservación del recurso. sistema inteligente integrado en SIG con nuevas tecnologías de mitigación y compensación	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad de Cádiz
	Grupo Mecánica del Vuelo	Universidad de Valladolid
VI.4. Sistemas de vigilancia y gestión medioambiental	Iberdrola Ingeniería y Construcción	Universidad de Cádiz
	Acciona Energía	Tecnalia
		CSIC
Grupo Mecánica del Vuelo	Universidad de Valladolid	

FUENTE: Elaboración propia.

herramientas y nuevas tecnologías que permitan la correcta evaluación de los impactos ambientales de las energías renovables oceánicas.

Para ello se ha de tener en cuenta toda la vida de la instalación, desde su implantación hasta su desmantelamiento, siendo necesario evaluar el impacto de los UNIGEOs y además proponer tecnologías que permitan minimizarlo, vigilarlo si se mantiene en el tiempo y compensarlo.

Esta actividad se ha dividido en 4 subactividades principales, quedando las tareas de investigación agrupadas de forma temática, donde Acciona, como líder de la misma, ha colaborado con las distintas empresas y organismos de investigación que la componen para alcanzar el objetivo fijado.

A continuación, se detallan las tareas llevadas a cabo en cada una de las subactividades, así como los resultados más relevantes obtenidos en esta actividad.

Subactividad VI.1. Tecnologías y modelos para la evaluación de la repercusión en el cambio climático

Proes, en estrecha colaboración con el resto de entidades de la actividad VI, ha analizado las metodologías más apropiadas para caracterizar los emplazamientos para proyectos de energías renovables marinas, teniendo en cuenta todos los aspectos ambientales, físicos y oceanográficos pertinentes entre los que se incluyen la avifauna, mamíferos marinos,

bentos, hidrodinámica, socioeconomía, impacto visual, etc.

Además de ello, y en línea con la legislación aplicable, Acciona ha desarrollado las metodologías adecuadas para la realización de los estudios de impacto ambiental. Dentro del proyecto se han descrito estrategias de monitorización y se han identificado qué dispositivos e instrumental oceanográfico y marino darían cobertura para la puesta en práctica de las mismas.

Por otro lado, Iberdrola I&C y GMV han definido la arquitectura del sistema SIG de gestión de impactos y vigilancia medioambiental, integrable en el sistema experto de la actividad AI.

Subactividad VI.2. Sistemas y tecnologías para la minimización de los efectos en el cambio climático

Esta subactividad se centra en el seguimiento ambiental de proyectos de Energías Renovables Marinas para la redacción y planificación de Planes de Vigilancia Ambientales (PVA), condicionados por las distintas tecnologías y emplazamientos potenciales. Sin embargo aquellos aspectos comunes y aplicables a esta variedad han sido tratados con anterioridad, estableciendo por tanto una base en la que se puedan apoyar los tecnólogos y expertos.

Sumado a lo anterior, Proes ha trabajado en una guía de indicadores ambientales del medio marino para proyectos de energías renovables marinas y teniendo en

cuenta la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina de 2008 (DEME) transpuesta en la legislación española como Ley de Protección del Medio Marino 41/2010. Para la minimización de cualquier tipo de impacto ambiental se toma como punto de partida los indicadores ambientales sugeridos, se incluyen indicadores asociados, así como, umbrales y niveles de referencia.

Adicionalmente, unas medidas de mitigación, basadas en la experiencia de los tecnólogos y la industria, son descritas y presentadas como complemento a los PVA.

Finalmente, como apoyo a todo el proyecto, Iberdrola I&C, Proes, Acciona y GMV han trabajado conjuntamente en la elaboración de un «Atlas» de recursos ambientales marinos de los que extraer las zonas de sensibilidad ambiental y otros aspectos adicionales, como por ejemplo, las Planificación Estratégica Marina o la zonificación de proyectos.

Subactividad VI.3. Preservación del recurso. Sistema inteligente integrado en SIG con nuevas tecnologías de mitigación y compensación

Esta subactividad aporta contenidos extras de temática ambiental al Sistema Experto que se desarrolla en la Actividad I.

Fundamentalmente Iberdrola I&C ha trabajado sobre modelos de minería de datos y técnicas de inteligencia artificial para la caracterización del medio marino y la predicción de impactos. Con ellos y estableciendo unos requisitos y umbrales para el Sistema Experto, éste podrá informar al usuario de los niveles de afectación que pudieran existir contemplando distintos escenarios y presentados las diversas restricciones o puntos críticos del emplazamiento según las diferentes temáticas incluyendo una estimación de costes global.

Subactividad VI.4. Sistemas de vigilancia y gestión medioambiental

Esta subactividad se centra en la optimización de la gestión medioambiental de proyectos de energías renovables marinas, desde aspectos como los riesgos asociados a las distintas fases de proyecto y estrategias de protección ambiental existentes.

Iberdrola I&C, Acciona y GMV trabajan conjuntamente para integrar dentro del Sistema Experto ésta gestión

SECUENCIA DEL VIDEO DE OCEAN LIDER DONDE SE PUEDE OBSERVAR LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN MIXTA EÓLICA/UNDIMOTRIZ MEDIANTE EL USO DE PLATAFORMAS FLOTANTES TIPO TLP



ambiental, de manera que permita dar cobertura a los proyectos durante todo su ciclo de vida.

CONCLUSIÓN

En la actualidad, el proyecto se encuentra en su fase más decisiva, ya que gran parte de los desarrollos planteados van a ser probados con modelos experimentales a escala, de modo que durante los primeros meses de 2013 se puedan completar todos los objetivos propuestos al comienzo del mismo. En este sentido, cabe destacar la realización de un video/animación donde se realiza una recreación virtual del proyecto Ocean Lider, mediante el desarrollo del ciclo de vida una planta de generación de energía renovable oceánica mixta (eólica, olas y corrientes) a gran escala basada en tecnología flotante, donde se podrán observar muchos de los desarrollos antes mencionados.

Por último, es importante resaltar que el proyecto, ha sido presentado en los principales foros de la materia a nivel mundial, obteniendo un gran nivel de aceptación. En la sesión de cierre de la feria ICOE 2010 (uno de los mayores eventos a nivel mundial), John Huckerby (Chairman de la IEA-Oceans y uno de los principales expertos en esta materia a nivel mundial) destacaba el papel fundamental de Ocean Lider en el desarrollo de este incipiente sector de las energías renovables oceánicas.