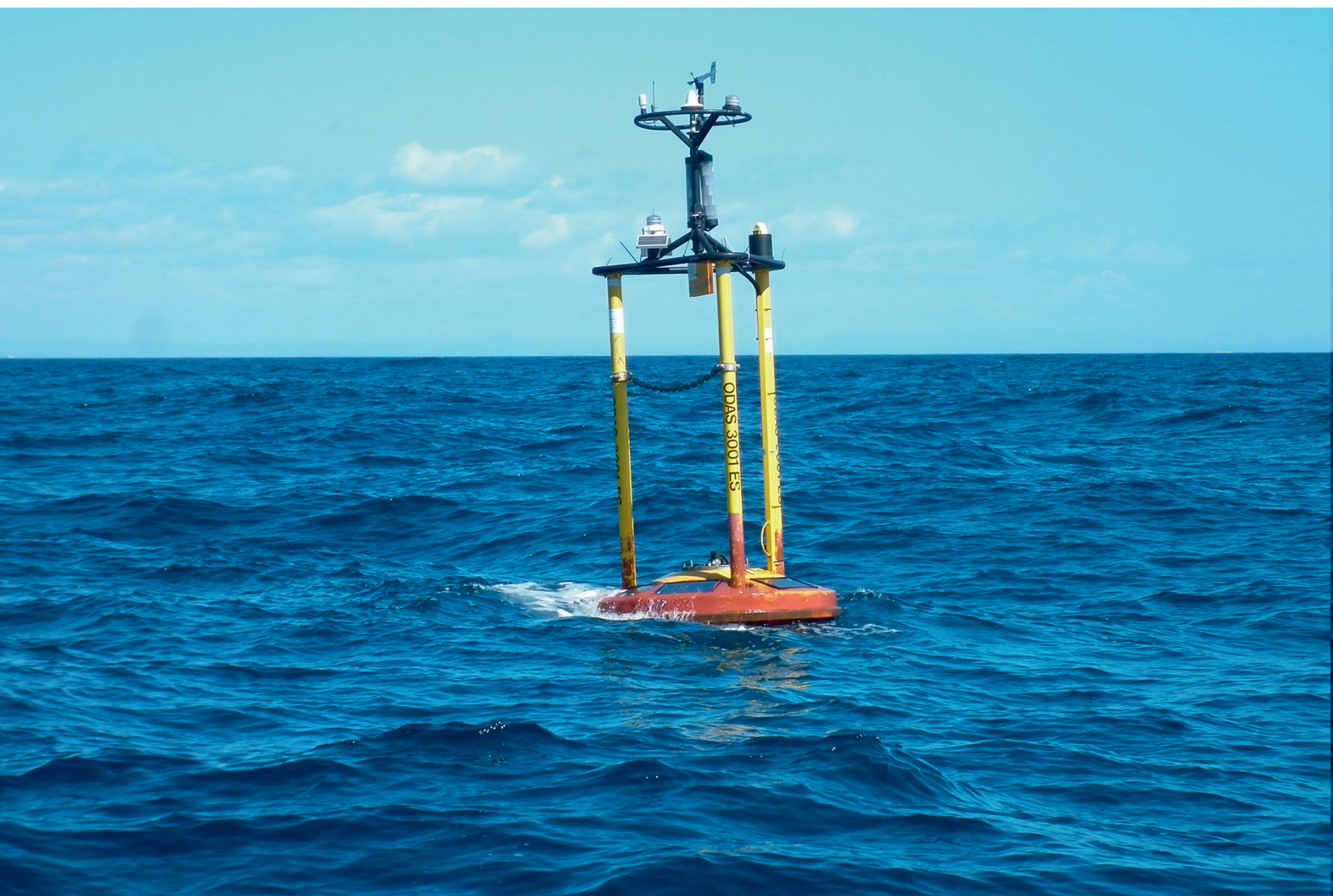


La Red Exterior de boyas de Puertos del Estado

# Los ojos de España en la mar.....

La Red Exterior o de aguas profundas de Puertos del Estado, del sistema Portus, es una red de boyas que permite la monitorización del medio físico marino. Su carácter es permanente y está dotada de boyas multipropósito que miden parámetros meteorológicos, oceanográficos y de oleaje que son representativos de una amplia franja costera. La red comenzó a conformarse en los años 90 y desde entonces ha estado proporcionando información de calidad excelente y con una elevada cobertura temporal. Esto hace que sea una de las redes de referencia mundial.

■ Texto: MARTA DE ALFONSO ALONSO-MUÑOYERRO





### Antecedentes

El origen de la Red se remonta al Proyecto RAYO (Red de Alerta y Observación), desarrollado por Puertos del Estado durante el periodo 1996-1998 y financiado en un 15% con fondos propios y en un 85% con fondos de la Unión Europea y de la EFTA, con cargo al Mecanismo Financiero del Espacio Económico Europeo (EEE), gestionado por el Banco Europeo de Inversiones (BEI). Este proyecto permitió la implantación en España de una verdadera Red Exterior de medición de parámetros oceano-meteorológicos en aguas profundas, en un nuevo marco conceptual dirigido a cubrir áreas climáticas homogéneas con un número limitado de puntos y con la menor alteración del oleaje por condiciones locales, inclu-

yendo un sistema de transmisión de la información generada tanto en tiempo real como diferido. La Red fue completada entre los años 2004 y 2006 con la creación de otras 4 estaciones de medida basadas en boyas *Seawatch*, que corresponden a boyas adquiridas por Puertos del Estado a fin de avanzar en el desarrollo del marco estratégico para las redes de medida de parámetros climáticos marinos, dando de esta manera cobertura a la totalidad de las costas españolas.

A la Red Exterior se incorporaron también las boyas *Wavescan* procedentes de la antigua red EMOD. A finales de los años 80, la entonces Dirección General de Puertos impulsó el establecimiento de algunas estaciones piloto de medición de oleaje

Desde el año 2009 los datos de la Red Exterior se envían en tiempo real al Sistema Global de Telecomunicaciones de los servicios meteorológicos

direccional bajo la denominación de Proyecto EMOD (Estaciones Medidoras de Oleaje Direccional). Los objetivos principales de esta iniciativa eran ampliar las fuentes de información de oleaje, incluyendo su direccionalidad, disponer de información para investigación de la modelización numérica del oleaje direccional y verificación de los modelos



de oleaje que se encontraban en desarrollo por el entonces denominado "Programa de Clima Marítimo". Las estaciones pertenecientes a este proyecto no constituían propiamente una red debido a la escasa cobertura espacial conseguida, por lo que en enero de 2001 las boyas se adscribieron plenamente a la Red Exterior, formada hasta entonces por las boyas *Seawatch* procedentes del proyecto RAYO.

**Descripción de la red**  
Puertos del Estado es el titular de la Red Exterior de boyas de medida de parámetros climáticos marinos. La Red Exterior está formada actualmente por quince puntos de medida en aguas españolas, once de los cuales corresponden a boyas tipo *Seawatch* y cuatro a boyas tipo *Wavescan*.

Son boyas de gran envergadura (unos 7 metros de longitud y 2,5 metros de diámetro), fondeadas en aguas abiertas en profundidades entre 400 y 2.000 metros. Cuentan con un sensor de oleaje, sensores meteorológicos (viento, temperatura del aire y presión atmosférica) a unos 3 metros de altura y sensores oceanográficos a 3 metros de profundidad (corrientes, temperatura y salinidad). En la parte superior llevan balizas luminosas para su avistamiento por la

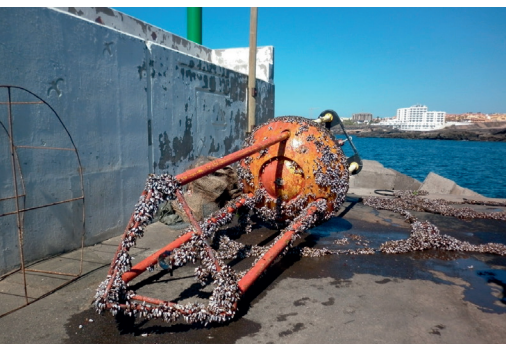
noche, y su posición se comunica al Instituto Hidrográfico para su señalización en las cartas náuticas. Llevan también un transmisor para enviar la información vía satélite y placas solares para recargar las baterías internas. Estas boyas no están a la deriva, sino que llevan una compleja línea de fondeo que las mantiene en una posición fija. Ésta consiste en un peso muerto que hace las veces de ancla, seguido de un cabo con flotadores sumergidos, cuya función es conservar la verticalidad, y un cable elástico o elastómero, teniendo toda la línea cierta holgura para permitir el movimiento libre del equipo siguiendo las olas. El sensor de oleaje mide, una vez cada hora, un registro de oleaje de 30 minutos de duración, registrando un dato cada segundo aproximadamente. Esta información, al ser muy voluminosa, no se puede transmitir en tiempo real, pero sí se almacena a bordo. Dichos registros son procesados en el interior de la boya por un procesador, que realiza un análisis estadístico de los mismos y calcula los denominados "parámetros integrados": altura significativa, periodo medio, dirección media, etc. Durante el mismo ciclo horario, los demás sensores realizan sus medidas, siendo algunas instantáneas, como la presión

atmosférica o las temperaturas del aire y del agua, y otras se obtienen como medias durante diez minutos como las de viento o corrientes.

Todos estos parámetros, los de oleaje junto con los meteorológicos y oceanográficos, se empaquetan y codifican y se envían por satélite en tiempo real, ya que las boyas están demasiado lejos de la costa como para que la comunicación por radio sea efectiva. En Puertos del Estado se reciben unos pocos minutos después, se descodifican, se les aplican unos procedimientos de control de calidad automáticos y se insertan en la base de datos oceanográficos de Puertos del Estado desde la que son accesibles por los usuarios.

### El parámetro de altura significativa y los mayores valores registrados

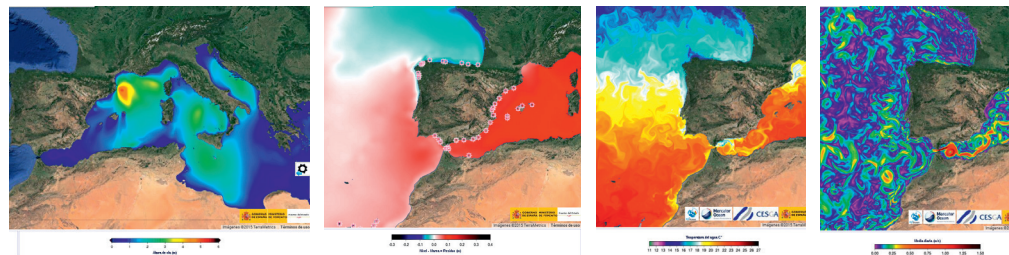
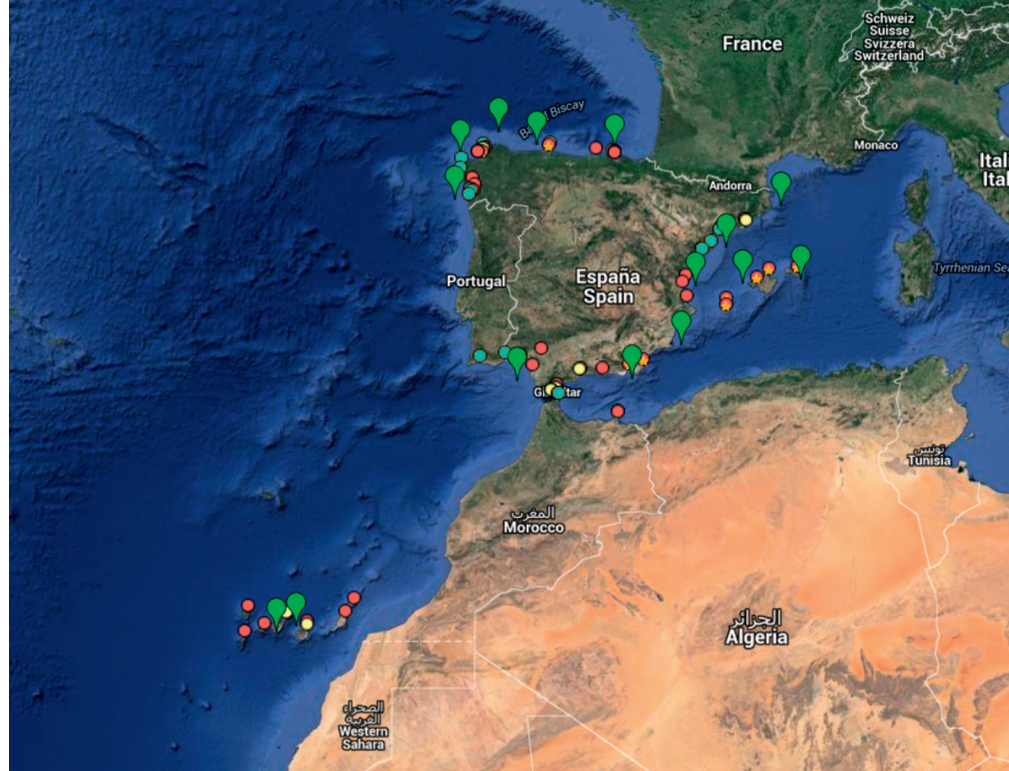
El oleaje se empezó a registrar de forma sistemática a mediados del siglo XX. Como no había aparatos de medida, eran observadores experimentados en las principales rutas marítimas los que durante cierto tiempo (una media hora) observaban el oleaje y estimaban la altura media. Cuando se empezó a medir con instrumentación, se comprobó que el ojo humano tendía a sobreestimar las



Contaminación biológica en las boyas, maniobra de mantenimiento en la posición de cabo de Gata y redes de pesca en los sensores oceanográficos.



medidas, filtrando las olas más bajas, descubriéndose que la media del oleaje estimada por un observador se correspondía, en realidad y de forma bastante precisa, con la media del tercio más alto de las olas existentes en un momento dado. Se decidió utilizar este parámetro, la altura significativa, para que los valores instrumentales fueran compatibles con las medidas obtenidas visualmente. Hoy en día es el parámetro que más se emplea, siempre al hablar de oleaje, ya que es de gran utilidad práctica para describir el oleaje en su posición y en la costa colindante. Sin embargo, la altura máxima (ola individual de mayor altura), a pesar de su interés, no es tan representativa, puesto que su validez está circunscrita únicamente al punto de medida. Es decir, que se mida una gran ola individual en alta mar no significa que ésta se propague hasta la costa o lejos de la posición de la boya. La altura máxima en un registro de oleaje se suele encontrar entre 1,2 y 1,9 veces la altura significativa, utilizándose el valor medio de 1,6 para su estimación cuando es necesario. En el litoral español, las mayores olas se producen en la costa de Galicia y de la bahía de Vizcaya, donde son habituales las tormentas con dirección proveniente del Noroeste. En este tipo de temporales, las olas se generan en el Atlántico Norte para después propagarse hasta la costa gallega. El oleaje se produce cuando en una zona del océano sopla el viento en una dirección determinada y durante un cierto tiempo, transfiriendo energía al océano y generando olas que en principio son de pequeño tamaño y de periodo corto. Si el viento con-



Mapa con las estaciones de los sistemas de medida de Puertos del Estado y mapas de los sistemas de predicción de oleaje, nivel del mar y circulación.

tinúa soplando con intensidad, la altura va creciendo y se originan trenes de olas bien definidos que comienzan a propagarse. A medida que el oleaje avanza, "envejece", y el periodo se hace mayor. Finalmente, según el oleaje se acerca a la costa, éste siente el fondo, transformándose, por lo que las boyas cercanas a la costa pueden registrar valores diferentes a las ubicadas en alta mar. El récord absoluto de altura significativa de las boyas de Puertos del Estado lo tiene la boya de Bilbao-Vizcaya, que midió 13,7 metros de altura significativa en enero del 2009, durante el ciclón extra-tropical Klaus, seguida por el registro de la boya de Vilano-Sisargas, de 13,5 metros, obtenido esos mismos días. En el Mediterráneo, el máximo histórico se registró el 19 de enero de 2020, al paso de la borrasca Glo-

ria. La boya de Valencia registró 8,44 metros de altura significativa, superando el récord anterior de 8,15 metros, medido por la boya de Mahón durante el temporal que aconteció en enero de 2003. El máximo valor de altura significativa registrado en el mundo por una boya tuvo lugar el 4 de febrero de 2013. Según publicó la Organización Meteorológica Mundial (*World Meteorological Organization-WMO*), la boya K5, de la oficina meteorológica de Reino Unido, registró 19 metros de altura significativa en el Atlántico Norte, entre Islandia y las islas Británicas (aproximadamente: 59° N, 11° W). Se produjo al paso de un frente frío muy severo que generó vientos de hasta 43,8 nudos sobre la superficie del mar. Respecto a la altura máxima, la ola individual más alta registrada en aguas españolas fue



medida por la boya de Vilano-Sisargas (Cabo Vilán) el 6 de enero de 2014, con 27,8 metros de altura, de valle a cresta. Este valor corresponde a un registro con altura significativa de 12,4 metros. En el Mediterráneo, el mayor valor registrado de altura máxima lo midió la boya de Mahón, durante la borrasca Gloria, el 21 de enero de 2020, y fue de 14.77 metros.

### El mantenimiento de la red

La Red Exterior cuenta con un total de 23 boyas (18 *Seawatch* y 5 *Wavescan*) para atender las 15 posiciones de medida y un parque logístico de componentes electrónicos, partes estructurales, procesadores y sensores de recambio. Todo ello es necesario para poder acometer las labores de mantenimiento, rotación y

calibración de los sensores sin pérdida de medidas. Los mantenimientos se llevan a cabo cada cuatro meses en 10 de las posiciones y cada 6 meses en las cinco restantes. Es entonces cuando la boya se revisa completamente: la línea de fondeo, todos y cada uno de los sensores que lleva a bordo, las baterías, los sistemas de transmisión vía satélite, las balizas lumino-

## Integración en redes internacionales

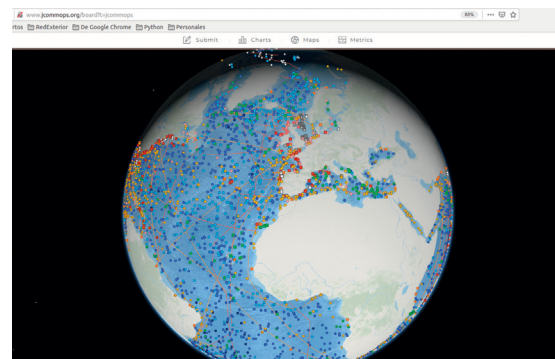
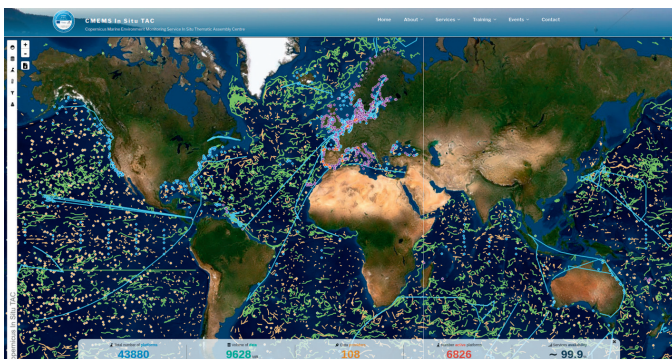
La Red Exterior de Puertos del Estado es una red permanente que lleva desde los años 90 proporcionando información oceanográfica muy valiosa. El hecho de tener una cobertura y una calidad de datos excelente la posiciona como una de las mejores redes de boyas del mundo. Por esa razón, la Red Exterior está integrada en las redes y portales de datos internacionales más relevantes.

Desde el año 2009 los datos de la Red Exterior se envían en tiempo real al Sistema Global de Telecomunicaciones de los servicios meteorológicos (*Global Telecommunication System*).

Una de las boyas de la red, fondeada frente a cabo Silleiro, es parte de la Red Europea de boyas del

programa E-Surfmar para la calibración de datos de satélite. Esta Red Europea cuenta con cuatro boyas, a las que financia parcialmente, y además de la española hay una francesa en el golfo de León, otra irlandesa y otra británica fondeadas en aguas atlánticas. La Red Exterior está integrada en el centro de datos *in situ* del Servicio Copernicus (*Copernicus Marine Environment Monitoring Service-CMEMS In Situ TAC*), en la red de datos y observaciones marinas europeas (*European Marine Observation and Data Network-EMODnet Physics*) y forma parte de los sistemas de observación del panel de cooperación para datos de boyas (*Data Buoy Cooperation Panel-DBCP*)

y de la comisión técnica para la oceanografía y meteorología marina (*Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology-JCOMM*) en estrecha relación con la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC) de la UNESCO. Además, a través de la participación de Puertos del Estado en diversos proyectos, se integra en la infraestructura europea de observatorios costeros (*Joint European Research Infrastructure of Coastal Observatories-JERICO-S3*) y el Observatorio Oceanográfico Operacional Costero del Atlántico (*Coordinated Atlantic Coastal Operational Oceanographic Observatory-MyCoast*).



Mapa con las estaciones incluidas en CMEMS In Situ TAC y mapa de las estaciones incluidas en la JCOMM.

sas, la electrónica y las partes estructurales. En ese momento se descargan los datos brutos que se almacenan a bordo de la boya para su análisis posterior en Puertos del Estado, con un exhaustivo control de calidad. Los cruceros de mantenimiento se realizan a veces en condiciones de mala mar y es imprescindible contar con personal especializado en los equipos. El mantenimiento de la Red Exterior se lleva a cabo gracias a una asistencia técnica, ya que Puertos del Estado no cuenta con el personal ni los recursos necesarios para llevarlo a cabo. A lo largo del año, además de los cruceros de mantenimiento programados, hay veces que hace falta asistir a las boyas, ya que con cierta frecuencia sufren accidentes debidos al tráfico marítimo o a las actividades pesqueras, actos de vandalismo o derivas por fallos en la línea de fondeo. Por ello, periódicamente se realizan labores de difusión de la información y su utilidad entre las comunidades marítimas y cofradías de pescadores. Otro de los problemas frecuentes a los que se enfrenta la red es la contaminación biológica, por lo que es necesario aplicar pintura especial a las boyas en cada mantenimiento, e incluso hacer limpieza de los sensores oceanográficos entre mantenimientos programados.

### El sistema "Portus"

La Red es una parte importante del sistema Portus de Puertos del Estado, un complejo servicio de observación y predicción del medio físico. Este cuenta con sistemas de predicción de oleaje, nivel del mar y circulación a escalas regional, costera y local, llegando a escala portuaria con muy alta resolu-

ción. La Red Exterior de boyas es parte de los sistemas de medida, que se completan con una red de 10 boyas costeras, una red con 40 mareógrafos, 4 sistemas de Radar HF y una red de meteorología portuaria situados a lo largo de todo el litoral español.

Los datos generados por estos servicios de predicción y observación pueden consultarse a través de la página web de Puertos del Estado, <https://portus.puertos.es>. Además, Puertos del Estado difunde la información del sistema Portus a través de una aplicación gratuita para móviles y tabletas llamada iMar, disponible para iOS y Android. ■

## Usuarios regulares y potenciales

Las utilidades de la red exterior son muy diversas y abarcan prácticamente todas las actividades relacionadas con el medio marino.

- Operatividad y seguridad portuaria. Ingeniería marítima.
- Validación de modelos de oleaje y circulación (sistemas de predicción).
- Seguridad y salvamento marítimo.
- Ayudas a la navegación y a la planificación de rutas de barcos.
- Energías renovables: diseño de convertidores y generadores y localización de posiciones óptimas.
- Investigación sobre fenómenos oceanográficos y cambio climático.
- Ayudas a actividades pesqueras y acuicultura.
- Turismo y deportes marítimos.

