

ARTÍCULO INFOPOWER

Título: Nueva tecnología para la captación de la energía de las olas: captador giroscópico.

Autores: Pedro Ibáñez Ereño, José Pablo Ruiz Minguela.

Tecnalia-Energía, Parque Tecnológico Ed.202, 48170-Zamudio, Vizcaya.

La idea de utilizar la fuerza del mar para producir energía no es nueva. Basta viajar por el litoral cantábrico para ver ancestrales molinos de mareas, muchos de ellos reconvertidos hoy en museos. No obstante, hasta la fecha la utilización rentable de este tipo de energía sólo se ha conseguido en unos pocos casos.

De todas las formas de extraer energía del mar (olas, mareas, corrientes marinas, gradiente térmico y gradiente salino), la energía del oleaje presenta el mayor potencial por ser una energía muy distribuida en todo el mundo, de bajo impacto medioambiental y alta capacidad de predicción. En Europa, las costas atlánticas presentan un potencial energético medio-alto. Los flujos de energía del oleaje oscilan entre 20 y 40 kW/m, tendiendo a aumentar a medida que nos desplazamos hacia el norte. En el cantábrico, el potencial ronda los 25 kW/m, lo cual sitúa al País Vasco como una de las ubicaciones más idóneas para este tipo de aprovechamiento energético. Además, el hecho de que el 37% de la población mundial viva a menos de 90 km de la costa establece una buena correlación entre recurso y demanda.

La energía del oleaje se encuentra en una fase de clara divergencia tecnológica en la que coexisten un gran número ideas pero ninguna ha demostrado su liderazgo tecnológico. En la mayoría de los casos, las tecnologías de aprovechamiento todavía requieren de un considerable esfuerzo multidisciplinar en I+D, debido a las condiciones tan severas a las que se tienen que someter los dispositivos de captación. Sin embargo, los retos son más abordables que en épocas anteriores gracias al avance tecnológico unido a una mayor atención a los problemas energéticos y medioambientales.

En los últimos 20 años la tecnología de aprovechamiento de la energía del oleaje ha reducido el coste del kWh en un orden de magnitud y se han completado diversos

proyectos de demostración. A nivel internacional, una decena de empresas han evaluado prototipos de sus soluciones tecnológicas y éstos pueden pasar en poco tiempo a una fase pre-comercial.

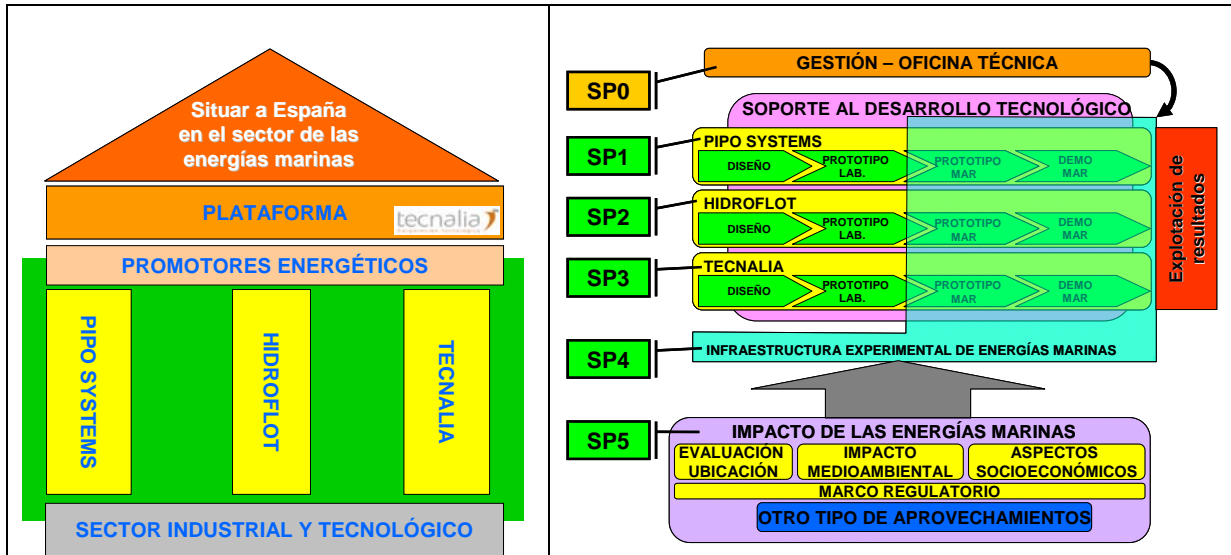
La industria de la energía del oleaje es todavía muy joven. Diversos estudios de prospectiva coinciden en que comenzará su despegue a lo largo de la década de 2010. Se espera que para el año 2020 sea la fuente de energía con mayor tasa de crecimiento anual. Aunque existirá un pequeño mercado para los dispositivos situados en costa, el verdadero potencial de la energía del oleaje radica en la explotación de dispositivos en mar abierto u *offshore*.

El sector industrial de las energías marinas no ha consolidado aún una estructura propia. Esta situación permite generar múltiples oportunidades tanto para empresas tradicionales como de nueva creación. La cadena de valor del sector de las energías marinas abarca un amplio espectro de empresas tales como empresas de oceanografía y medio marino, ingeniería naval e ingeniería mecánica, fabricación de equipamiento eléctrico y electrónico, realización de ensayos y certificación, instalación, supervisión, mantenimiento y reciclaje.

TECNALIA, en su apuesta por las tecnologías emergentes, ha puesto en marcha el proyecto de investigación OCEANTEC 2005-2009 con un triple objetivo: desarrollar un convertidor de energía del oleaje offshore de alto rendimiento y coste competitivo, crear oportunidades de desarrollo y reconversión industrial, y apoyar el aprovechamiento del recurso energético en la costa vasca.

Fruto de las investigaciones realizadas en este campo de las energías renovables y de su liderazgo a nivel nacional, TECNALIA es el coordinador de la mayor iniciativa a nivel Español que se está realizando en energía marina. El proyecto se denomina "Proyecto Singular Estratégico de Energía Marina (**PSE-MAR**)", proyecto cofinanciado por el Ministerio de Educación y Ciencia y que pretende posicionar a España como un referente en el sector de las energías marinas a nivel mundial. Este proyecto tiene un presupuesto de 25 M€ para el periodo 2005-2009 y se centra en el desarrollo de las tres tecnologías españolas de aprovechamiento de energía de las olas más prometedoras: las tecnologías desarrolladas por PIPO SYSTEMS, HIDROFLOT y TECNALIA. En paralelo a estos desarrollos tecnológicos se va a construir una infraestructura experimental y de demostración en la costa vasca para

la validación de las tecnologías desarrolladas, así como de otras que quieran situarse en nuestras costas. Esta infraestructura situará a España como un referente a nivel mundial en el campo de la energía de las olas ya que aunará en una misma ubicación la experimentación con la demostración y la explotación de la energía de las olas.



Tecnología de TECNALIA para la captación de la energía de las olas

En lo relativo al desarrollo de sistemas de aprovechamiento de la energía de las olas nos encontramos en una **fase claramente divergente**, en la cual hay una multiplicidad de ideas patentadas y dispositivos prototipo, aunque todavía ninguna tecnología ha conseguido imponerse al resto debido a que todas ellas presentan a la vez ventajas e inconvenientes.

Los sistemas de conversión de la energía de las olas **en mar abierto (offshore)** presentan numerosas ventajas sobre los dispositivos **en costa (onshore)**: mayor potencial energético aprovechable, menor impacto ambiental y rechazo social. Además, el número de emplazamientos posibles sólo se encuentra limitado por la profundidad de los mismos.

Aunque existen algunos sistemas offshore **sumergidos**, predominan los basados en **cuerpos flotantes**, ya que la distribución de la energía en mar abierto decrece de forma exponencial con la distancia a la superficie, y de esta forma se capta la energía en la zona donde hay una mayor concentración.

Dentro de los sistemas offshore flotantes se pueden identificar 3 tipos principales: **absorbedores puntuales, atenuadores y terminadores o totalizadores**. Los atenuadores son estructuras alargadas que se colocan paralelos a la dirección de avance de las olas y extraen la energía de modo progresivo por lo que su ancho de captación equivalente se amplifica considerablemente (idealmente su capacidad de absorción puede llegar a ser 3 veces mayor que la de los absorbedores puntuales¹). Esto implica, en definitiva, una mayor capacidad de generación de energía por unidad de peso del convertidor.

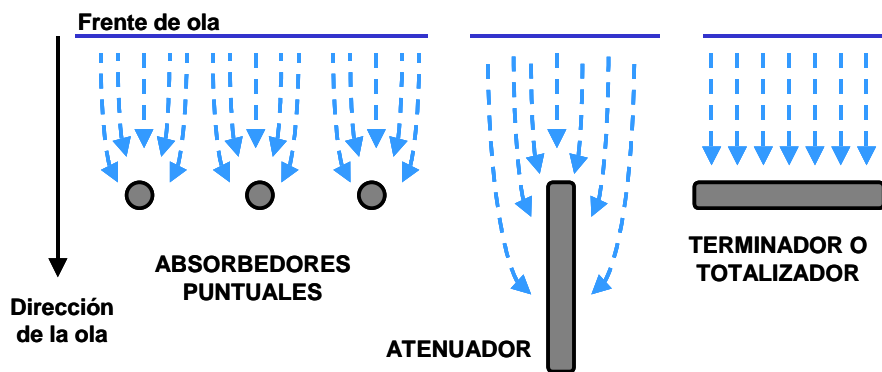


Figura: Sistemas off-shore flotantes

No obstante, la mayoría de los sistemas offshore flotantes necesitan para su funcionamiento una referencia fija (anclaje a fondo o lastre), lo cual incrementa los esfuerzos a los que se ven sometidos los amarres. Además, estos dispositivos son sensibles a las mareas, y su instalación y mantenimiento resultan más complejos.

Existen unos pocos sistemas off-shore flotantes que **no necesitan una referencia externa**, bien basados en el **movimiento relativo entre dos o más cuerpos**², bien de **movimiento inercial**.

Los sistemas inerciales tienen sus elementos móviles totalmente encapsulados, lo que garantiza una mejor protección frente a la corrosión marina, que repercute en

¹ David Evans, "The hydrodynamic efficiency of wave-energy devices", Hydrodynamics of Ocean Wave-Energy Utilization, Lisbon, Springer-Verlag: 1-34, 1985.

² Por ejemplo PELAMIS (Pelamos Wave Power, UK): sistema off-shore, flotante, del tipo atenuador y movimiento relativo entre varios cuerpos.

una reducción de costes de mantenimiento, menor riesgo de averías y menor riesgo de contaminación del medio (p.e. escape de fluidos). Los sistemas inerciales conocidos se basan exclusivamente en el principio de **masa oscilante (deslizamiento sobre guía³ o péndulo⁴)**. Al utilizar la gravedad como fuerza recuperadora resulta complicado realizar un ajuste fino en función de las condiciones externas de oleaje, por lo que su rendimiento es bajo.

El **volante de inercia** es una alternativa a los sistemas inerciales basados en masas oscilantes, aunque hasta la fecha no se ha llevado a la práctica como aplicación para el aprovechamiento de la energía de las olas. La aplicación más relacionada que se conoce es su uso como elemento estabilizador del movimiento de balanceo en buques⁵. Los volantes de inercia utilizan como fuerza recuperadora la debida al efecto giroscópico, por lo que idealmente permiten transmitir completamente el par externo de la ola a otro elemento interior. Además, resulta relativamente fácil mantenerlos en fase mediante el control activo de la velocidad de giro y el par resistente.

Descripción del convertidor

El **convertidor** se basa en el movimiento relativo inercial que causan las olas en un dispositivo giroscópico. Dicho movimiento se utiliza para alimentar a un generador eléctrico a través de una serie de etapas intermedias de transformación. El dispositivo giroscópico se sitúa en el interior de una estructura alargada que se mantiene constantemente alineada con la dirección de avance de las olas, lo cual provoca un movimiento de cabeceo (o *pitch*) en la misma.

³ PS FROG (Universidad de Lancaster, UK): sistema off-shore, flotante, del tipo absorbedor puntual y desplazamiento inercial de una masa sobre una guía.

⁴ SEAREV (École Centrale de Nantes, Francia): sistema off-shore, flotante, del tipo absorbedor puntual y movimiento inercial pendular

⁵ Elmer Sperry, "Ship's gyroscope", US Pat. 1150311 (1915)

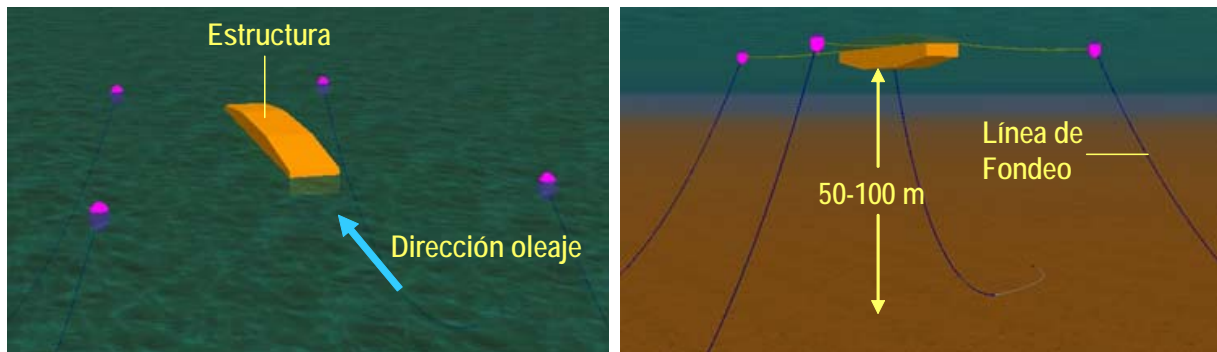


Figura: Esquema conceptual de la configuración exterior del convertidor

La **estructura** que engloba al captador y al resto de elementos se caracteriza por un diseño esbelto y un tamaño escalable. Dicho tamaño se adecua al espectro predominante del emplazamiento elegido. De modo ilustrativo, en una ubicación con periodos predominantes de ola entre 10 y 12 segundos (típico del Cantábrico), la longitud de la estructura podría variar entre 40 y 60 metros.

Por otra parte, la forma externa de la estructura está diseñada para maximizar el cabeceo debido al oleaje y ofrecer un amortiguamiento estructural bajo a fin de que el aprovechamiento de energía del captador sea máximo. La estructura dispone de una calado suficientemente grande para minimizar los efectos del viento y así orientarse en la dirección de propagación del oleaje.

El **sistema de fondeo** de la estructura consta de unos amarres que permiten que ésta pueda girar maximizando así el aprovechamiento de la energía direccional. El sistema de fondeo elegido, así como su ubicación, presentan una mínima interferencia con el grado de libertad de aprovechamiento de la energía de las olas (cabeceo). Preferentemente, el sistema de fondeo está diseñado para profundidades entre 50 y 100 m por limitaciones técnicas y económicas.

El **dispositivo giroscópico o captador** consta esencialmente de un volante de inercia que gira permanentemente por la acción de un motor. Este volante de inercia está montado sobre un marco que únicamente le permite girar entorno a su eje de revolución vertical (Z) y al eje longitudinal del convertidor (X), ortogonal al primero.

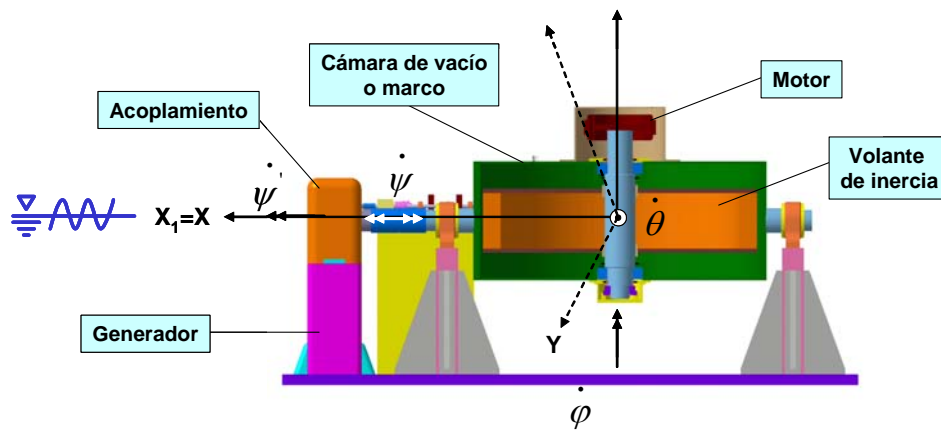
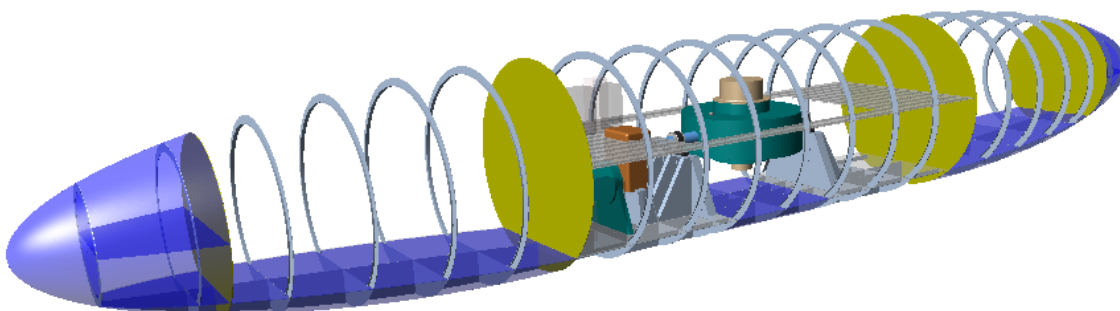


Figura: Configuración interior del captador de energía

Cuando el volante está en rotación, el cabeceo al que es sometido el captador por la acción de las olas se transforma, debido al efecto giroscópico, en un movimiento oscilante en el eje longitudinal. Posteriormente, este movimiento se transforma mediante un **acoplamiento** especialmente diseñado para el aprovechamiento de la energía de las olas en un giro unidireccional de mayor frecuencia que alimenta a un **generador** rotativo convencional.

El volante se encuentra confinado en el interior de una cámara de baja presión para reducir las pérdidas debidas a la fricción con el aire.

Todo ello está contenido en una estructura esbelta cuyas dimensiones se adaptan al tipo de ola predominante en cada una de las ubicaciones. Para el mar Cantábrico se estima una estructura entre 45 y 50 m de eslora y 7 m de manga.



Rendimiento estimado

Como sucede en otras energías renovables, el rendimiento del convertidor variará con la ubicación seleccionada. De hecho, para cada emplazamiento tipo será necesario ajustar las dimensiones estructurales y la potencia nominal instalada de acuerdo al potencial energético disponible.

Actualmente se han propuesto dos variantes del convertidor TECNALIA, la primera de 500 kW para ubicaciones con un flujo de energía anual intermedio (como es el caso de la costa cantábrica – 25 kW/m) y otra de 1 MW para ubicaciones con un flujo de energía anual alto (como es el caso de la costa escocesa – 35 kW/m).

En ambos casos el rendimiento, estimado mediante modelos numéricos y validado mediante ensayos de laboratorio, se sitúa en un nivel similar al obtenido por generadores eólicos.

Plan de desarrollo

A principios de 2007 se finalizó con éxito la fase de Desarrollo de la Tecnología Base y ha comenzado el Diseño y Prueba en Mar de un Prototipo a Escala para su validación en condiciones reales de funcionamiento. A lo largo de 2008 se prevé realizar el programa de pruebas en mar. En función de los resultados de esta fase, se procederá a la Industrialización de un Prototipo a Tamaño Real en 2009 y a la instalación de las primeras Plantas Piloto a partir de 2011.

Conclusiones

La Tecnología de TECNALIA es una tecnología muy prometedora ya que busca minimizar el número de elementos en contacto con el agua marina y maximiza la transformación energética aprovechando el fenómeno giroscópico que se produce sobre un disco encapsulado en el interior de una estructura flotante. El desarrollo de esta tecnología ha concluido con el registro de la Patente Internacional “Instalación y Método para el Aprovechamiento de la Energía de las Olas”.