

# ENERGÍA PRODUCIDA EN EL MAR O EXTRAÍDA DE ÉL

Alberto Gianola Otamendi



AWS OCEAN ENERGY  
(IMAGEN: www.i-sells.co.uk)

Como marinos, nos convocan las actividades desarrolladas en el mar. Como ciudadanos del siglo XXI, nos preocupa la provisión de energía, presente y futura. De esa provisión, uno de los aspectos más importantes es la generación. Hablemos, entonces, del mar en la generación energética.

La energía tiene varios pilares: la producción, el transporte, la distribución y, eventualmente, el almacenamiento. En general, el más debatido es el primero, por los cambios tecnológicos y el impacto ambiental, pues los demás parecieran ser cuestiones más ligadas a las inversiones en infraestructuras que a desarrollos.

El mar tiene un lugar de privilegio en el futuro energético, ya que sus fuentes competidoras parecen ir descartándose por razones ecológicas (la generación térmica con combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas), políticas (la generación nuclear) o relativas al espacio (la generación hidrofluvial). Otra incidencia determinante es la capacidad generativa constante para dar respuesta a la demanda, en particular en horas pico, lo que a veces desmerece las fuentes solares o eólicas.

Sin embargo, todo queda supeditado, siempre, a la rentabilidad. Es decir, al componente económico de la ecuación, porque aunque el metal sea vil, sigue siendo el considerado determinante. Incluso lejos de los foros comerciales, en las academias militares, hablamos siempre de los factores AFA (Aptitud, Factibilidad y Aceptabilidad) y, en ese último, talla la renta.

Tanto al analizar las variables economicistas del problema como su impacto ambiental, es importante tener en cuenta el ciclo completo de generación. En determinados ámbitos, se conoce como «*from the well to the wheels*», o del pozo a la rueda, por llamarlo de algún modo. Un ejemplo clásico es que los automóviles eléctricos o híbridos siguen necesitando una fuente de energía que los abastezca y, si bien estos producen menor emisión de gases contaminantes, las centrales abastecedoras deben ampliar su producción para hacer frente a esta nueva demanda, lo que genera mayor afectación. De alguna forma en este caso, el impacto ambiental se mantiene casi constante, pero pasa de la ciudad a la periferia.

Ahora bien, dejemos ese debate para los especialistas, que tendrán argumentos con mayor sustento. La cuestión es presentar el estado del arte en la generación de energía en el mar, ya sea con la energía inmersa en las aguas o con el aprovechamiento de la superficie marina o fluvial para instalar elementos captores y transformadores de distintas formas de energía en las que son de provecho para la actividad humana.

Cuando hablamos de energías renovables, lo primero que nos viene a la mente es la solar o la eólica, pero existen otras variantes, como la energía mareomotriz, que aprovecha el movimiento de las mareas. Así, haremos una breve enumeración de las energías obtenidas del movimiento del mar, la bioenergía (de algas), la energía química (de la salinidad) o las energías nuclear, solar y eólica con sistemas basados en los océanos.

Alberto Gianola Otamendi es Capitán de Fragata (R), Capitán de Ultramar (DPO), Perito Naval, Licenciado en Sistemas Navales, Posgrado en Gestión de Riesgos y Desastres (USAL).



## 1. ENERGÍA POTENCIAL DEL MOVIMIENTO DEL MAR

El continuo movimiento de las masas de agua marina implica una enorme cantidad de energía continua que la tecnología pretende hacer útil. Las mareas, las corrientes, los flujos de ríos y las olas han despertado el interés y alentado diferentes proyectos.

La energía undimotriz es la que proveen las ondas marinas. Estas se forman, principalmente, a partir de la presión que ejercen los vientos sobre las capas superficiales de agua en el mar, pero está afectada en menor grado por las fuerzas gravitatorias, la rotación de la tierra, el efecto Coriolis, las variaciones de la presión atmosférica y, eventualmente, el movimiento de las placas tectónicas.

Los primeros testimonios sobre la utilización de la energía de las olas se encuentran en China, en el siglo XIII, para operar molinos por acción del oleaje. Al principio del siglo XX, el francés Bouchaux-Pacei suministró electricidad a su casa en Royan mediante un sistema neumático, parecido a las actuales columnas oscilantes. Mientras, se probaban sistemas mecánicos en California.

En 1920, se ensayó un motor de péndulo en Japón. Desde 1921, el Instituto Oceanográfico de Mónaco ha utilizado una bomba accionada por las olas para elevar agua a 60 metros con una potencia de 400 watts.

En la década de 1940, los franceses fabricaron en Argelia dos plantas piloto con canal convergente. En 1958, se proyectó una central de 20 megawatts en la isla Mauricio, pero no llegó a construirse. Consistía en una rampa fija sobre un arrecife a través de la cual subía el agua a un embalse situado 3 metros por sobre el nivel del mar. En 1975, se construyó un sistema similar en Puerto Rico con el fin de alimentar con agua un puerto deportivo.

Uno de los pioneros en el campo del aprovechamiento de la energía de las olas fue el japonés Yoshio Masuda, que empezó sus investigaciones en 1945 y ensayó en el mar, en 1947, el primer prototipo de un Raft. A partir de 1960, desarrolló un sistema neumático para la carga de baterías en boyas de navegación con una turbina de aire de 60 watts, cuyas ventas alcanzaron más de 1200 unidades.

En los años 70, se construyó en Japón una plataforma flotante de 80 metros de largo y 12 metros de ancho llamada Kaimei, que albergó 11 cámaras para ensayos de turbinas de aire.

La investigación a gran escala del aprovechamiento de la energía de las olas se inicia a partir de 1974 en varios centros del Reino Unido, donde se estudiaron sofisticados sistemas para grandes aprovechamientos, pero se abandonó casi totalmente en 1982 por falta de recursos económicos.

A mediados de la década de 1980, entraron en servicio varias plantas piloto de distintos tipos en Europa y en Japón. Actualmente, la UTNBA tiene un proyecto en estudio.

### 1.1. PROTOTIPOS DE GENERADORES UNDIMOTRICES



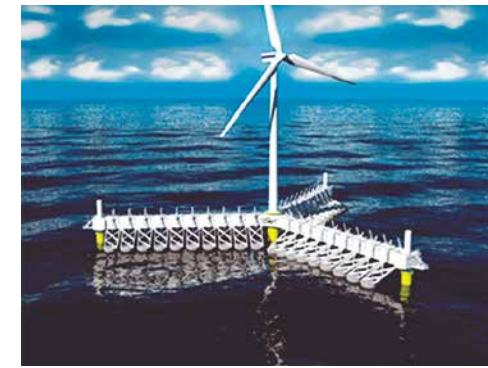
#### 1.1.1. SISTEMA S.D.E.

El sistema S.D.E. consiste en el aprovechamiento de la presión hidráulica y, a través de una turbina, se genera electricidad. Existe un modelo operativo en Israel de un promedio de 40 kW, y otro en China de 150 kW, en funcionamiento desde 2012.

#### 1.1.2. WAVE STAR

Es denominado absolvedor multipunto, debido a que está equipado con una cantidad de flotadores, los cuales, por efecto de las olas, accionan unas bombas hidráulicas que conducen aceite bajo presión a una turbina hidráulica, la que, a su vez, impulsa un generador eléctrico.

En 2006, un modelo a una escala 1:10 fue probado en la localidad de Nissum Brending en Dinamarca y, durante 2007, se instaló un equipo a una escala 1:2 de dos flotadores con 25 kW.



#### 1.1.3. PELAMIS

Se basa en aprovechar el movimiento que se produce en la articulación de la «serpiente marina» mediante pistones hidráulicos. La energía es enviada a un tanque unificador de presión para luego pasar a una turbina hidráulica conectada a un generador eléctrico.

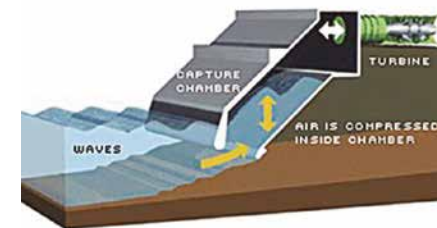
En las costas de Portugal, se han instalado tres equipos de 750 kW cada uno, de 150 metros de largo y 3 metros de diámetro. Los equipos fueron retirados para hacerles modificaciones técnicas, y se creó el nuevo Pelamis 2.



Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

#### 1.1.4. MUTRIKU

Aprovechando la construcción del nuevo dique de abrigo de Mutriku, España, se ha incorporado al proyecto una planta de energía de las olas con la tecnología de columna de agua oscilante. Esta planta, de 300 kW de potencia y 16 grupos turbogeneradores, es la primera con configuración multiturbina del mundo. Ocupa 100 metros de dique y es la primera planta undimotriz en conectarse a la red eléctrica española en 2011. Las cámaras de aire que se encuentran dentro del dique son comprimidas por el movimiento ondular del mar. Luego, ese aire ingresa a una turbina de aire bidireccional.



#### 1.1.5. PECÉM

Una planta piloto fue instalada en el puerto de Pecém en Ceará, Brasil, en 2013. Tiene como antecedente un prototipo a escala de la Universidad Federal de Río de Janeiro.

Las boyas absorben la energía undimotriz y comprimen un pistón que envía agua a presión a una cámara hiperbárica. Se hace homogénea la presión para luego ser enviada a una turbina Pelton.







### 1.1.6. OPT

En 2009, en las islas Hawaii se desarrollaron dispositivos clasificados como absorbentes puntuales; el último, el Mark 3, en sus fases de prueba, alcanzó los 866 kW de potencia. Se está desarrollando el OPT Mark 4, que será de 2,4 MW de potencia.

Estos equipos constan de una parte fija, un cilindro central y una parte móvil, la boya exterior. Aprovechan el movimiento de la parte móvil producido por el oleaje para accionar unos pistones hidráulicos que envían aceite a presión a una turbina acoplada a un generador eléctrico.

### 1.1.7. DEXAWAVE

Es un proyecto danés; consta de dos estructuras flotantes unidas mediante articulaciones que mueven pistones hidráulicos que, a su vez, envían agua a presión a una turbina para luego girar un alternador. El prototipo a escala 1:5 fue probado en el Mediterráneo desde 2010 hasta 2012. Su potencia nominal es de 5 kW.



### 1.1.8. AQUA MARINE POWER. Oyster Project

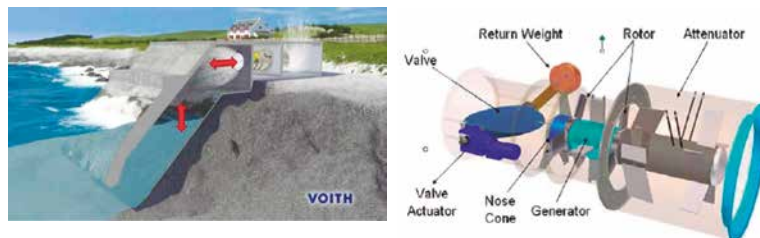
El dispositivo consiste en una base sumergida y apoyada en el lecho marino, a profundidades que varían entre los 10 m y los 15 m. Un flotador, que se articula con la base, acciona pistones hidráulicos al ser desplazado hacia adelante y hacia atrás con el vaivén de las olas. Este pistón envía agua a presión a un sistema ubicado sobre la costa que homogeniza la presión y la envía a una turbina Pelton acoplada a un generador eléctrico.

Entre 2009 y 2012, fueron probados equipos de distintas potencias en las costas de Escocia.



### 1.1.9. VOITH HYDRO WAVEGEN

En 2000, en la isla de Islay, Escocia, se instaló un equipo de columna oscilante de agua (OWC, por su sigla en inglés) con una potencia pico de 500 kW, conectado a la red de la isla. El mecanismo funciona a partir de una corriente de aire que se genera por el movimiento ondular del mar por debajo de una estructura de hormigón. Este aire ingresa a una turbina que hace girar un generador eléctrico.



### 1.1.10. WELLO OY PENGUIN

El Penguin WEC (Wave Energy Converter) está diseñado para capturar la energía de rotación generada por el movimiento de su casco en forma asimétrica, que rola y cabecea con el oleaje. Este movimiento se utiliza para acelerar y mantener las revoluciones de una masa excéntrica alojada en el interior del casco. El dispositivo acciona un generador que exporta la electricidad a través de un cable submarino.

Fabricado en Riga, Letonia, el Pingüino es una estructura de 220 toneladas (con exclusión de lastre), de 30 metros de largo y 7 metros de calado. Fue instalado en Billia Croo en 2012. Su potencia nominal es de 500 kW.



### 1.1.11. AWS OCEAN ENERGY

AWS es un sistema de absorción multimembrana que opera por el movimiento de las olas y acciona pistones neumáticos que comprimen el aire que, luego, es enviado a una turbina de aire acoplada a un generador eléctrico.

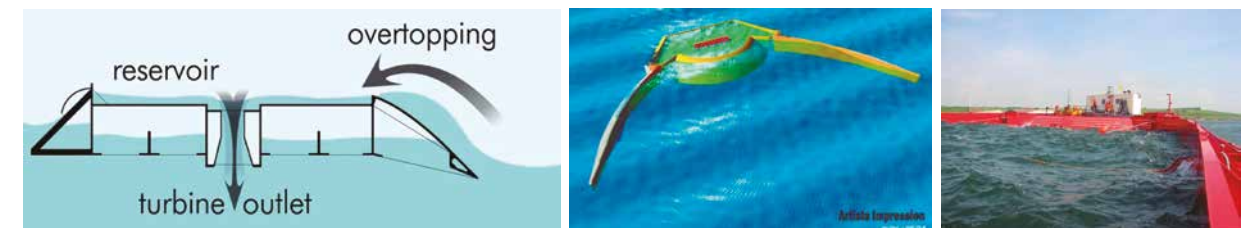
El prototipo a escala menor fue testeado en las costas del Reino Unido. El equipo comercial tendrá unos 60 metros de diámetro y se podrá instalar a profundidades de entre 75 m y 150 m. Su potencia nominal sería de 2,5 MW.



### 1.1.12. WAVE DRAGON

El Wave Dragon toma agua que ingresa por el frente del equipo en su parte superior, que es acumulada por unos brazos laterales de 58 metros de largo en total, para luego ser retornada al mar pasando a través de una turbina hidroeléctrica.

El dispositivo fue probado en las costas de Dinamarca desde 2003 hasta 2009. Su potencia era de 20 kW. Actualmente, se está planeando instalar equipos de 4 Mw en las costas de Gales y de Portugal.



Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati



### 1.1.13. CETO

Australia demuestra que es posible obtener energía mareomotriz sin necesidad de complejas estructuras. En 2012, creó el concepto de «boyas energéticas», un dispositivo que tendría como objetivo obtener energía a partir de las corrientes marítimas, pero que, gracias a que estas boyas están ancladas y no hacen contacto con la superficie, no representarían una inversión en infraestructura ni cambios en las rutas de las embarcaciones, ya que todo se mantendría bajo el mar.

A inicios de 2015, una compañía inició un proyecto piloto en las costas de Perth, que consistió en instalar una red de boyas conocidas como CETO 5. Estas presurizan el agua y la hacen pasar por un generador hidroeléctrico; luego, envían la energía a través de un sistema de cables submarinos a tierra. Generan 240 kW. El diseño ha sido un éxito, lo que ha llevado a nuevos contratos para instalar boyas en otras regiones de la costa australiana con la finalidad de usarlas en aplicaciones reales, lo que abastecería de energía a algunas industrias. El CETO 6 es una actualización que tendrá la capacidad de generar 1000 kW. Hará su debut en Garden Island, en la parte oeste de Australia.

El Reino Unido será el segundo país en usar este sistema de boyas para generar energía, pero tendrá una red de hasta 14 boyas CETO 6, por lo que planean obtener entre 10 y 15 MW diariamente, lo que la convertirá en la instalación de boyas energéticas más grande del mundo.



### 1.1.14. CICESE

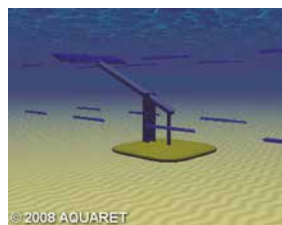
El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) mexicano informó que contribuyó en el desarrollo y la optimización de un prototipo que convierte la energía del oleaje del mar en energía eléctrica. El dispositivo flotante utiliza un actuador hidráulico, el cual activa un generador eléctrico con el que se lleva a cabo la conversión de la energía de las olas en electricidad.

Este proyecto utiliza tres modos de oscilación para la captura del potencial energético contenido en el oleaje para la producción de energía eléctrica. En el mar, se tienen seis tipos diferentes de oscilación, tres lineales y tres angulares, por lo que utilizaron tres de esos, mientras que la mayoría aprovecha un único movimiento.

Por cuestiones de propiedad intelectual, hay poca bibliografía confiable respecto de la eficiencia de los prototipos existentes, pero se estima que la eficiencia máxima sería del orden del 7% al 12%.

En la actualidad, este proyecto está en planes de desarrollo en el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (Cicese), Baja California.

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati



## 2. ENERGÍA MAREOMOTRIZ

La energía mareomotriz es la que resulta de aprovechar las mareas. Es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de la Tierra y la Luna, y que es producto de la atracción gravitatoria de esta última y del Sol sobre las masas de agua de los mares.

Esta diferencia de alturas puede aprovecharse interponiendo partes móviles al movimiento natural de ascenso o de descenso de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador, se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad.

De esta manera, se transforma la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable. Es un tipo de energía renovable y limpia.

Las primeras plantas de energía mareomotriz utilizaban las cuencas de mar naturales para construir una barrera o represa a través de su entrada y dejaban que se llenara con la marea alta; así, contenían el agua mientras la marea bajaba y, luego, la dejaban fluir a través de una rueda hidráulica, rueda de paletas u otros dispositivos de conversión similares. La energía obtenida era usada generalmente para molinos.

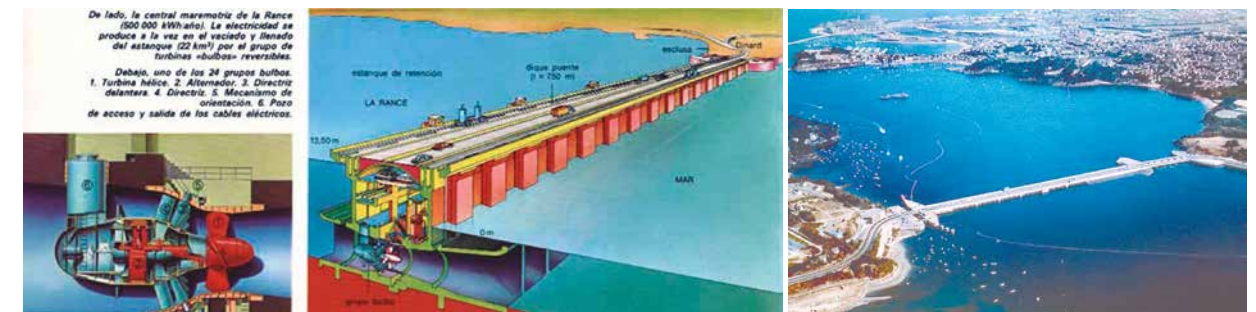
### 2.1. CENTRAL MAREOMOTRIZ LA RANCE

La Rance (Francia) es la primera central mareomotriz a escala exitosa, y su impacto ambiental es mínimo. Accesoriamente, la barrera de su dique se usó para construir una ruta, que creó un atajo de 28 kilómetros para los ciudadanos.

La construcción comenzó en 1960, con una presa de 330 m de largo y una cuenca de 22 km<sup>2</sup> con una amplitud de marea de 8 m. La obra se terminó en 1967.

Sus 24 turbinas bulbo de flujo axial de 5,4 m de diámetro, de 10 MW cada una, fueron conectadas a la Red de Transmisión Francesa de 225 KV. Estas permiten una generación en ambas mareas.

Produce 0,012% de la energía total consumida en Francia, con un pico de producción de 240 MW. La salida anual es de 600 GWh, con aproximadamente 68 MW de promedio.

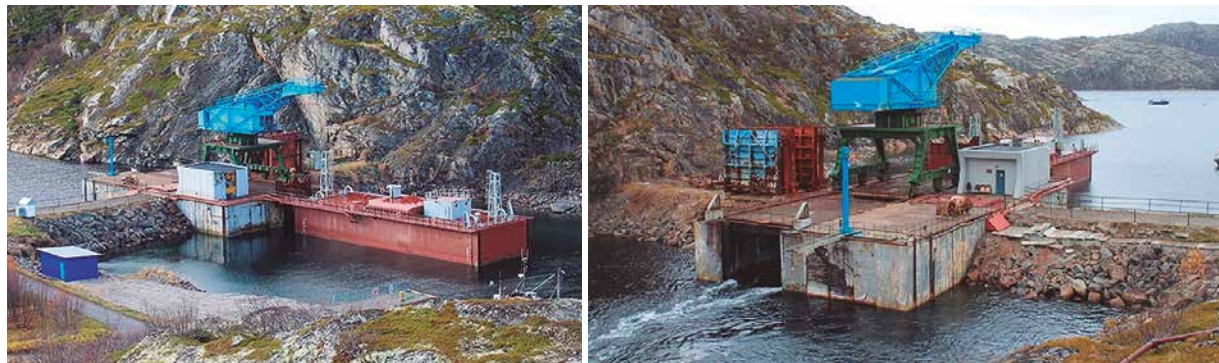


### 2.2. CENTRAL MAREOMOTRIZ DE KISLAYA (KISLAYA GUBA)

Ubicada en el mar de Barentz, Rusia, empezó a funcionar como planta piloto en 1968. Fue concebida como banco de ensayos para la instalación mareomotriz de Penzhinsk, proyecto que, en la actualidad, ha sido suspendido. Es la segunda del mundo de esta clase y dispone de una turbina bulbo de 0,4 MW.

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati





*Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati*

Los módulos de la sala de máquinas y del dique fueron fabricados en tierra y llevados flotando al lugar elegido.

El embalse de 1,1 km<sup>2</sup> tiene dos depresiones de una profundidad de 36 m separadas, una de otra, por una zona de 3 m de profundidad. La marea es semidiurna, con una velocidad de 3,6 m/seg y una amplitud media de 2,4 m.

### 2.3. CENTRAL MAREOMOTRIZ ANNAPOLIS ROYAL

Está ubicada en el río Annapolis, en la Bahía Fundy, en la frontera entre los EE. UU. y Canadá. La amplitud máxima de la marea puede alcanzar los 15 metros.

La altura del dique es de 30,5 m, y la longitud, de 46,5 m. El aprovechamiento se consigue con una turbina axial Straflo de 4 palas. Está en experimentación desde 1984 y produce 18 MW, con un consumo de 400 m<sup>3</sup>/seg. Incorpora un alternador de 144 polos.

Funciona como turbina solo en un sentido; tiene mayor rendimiento que la Bulbo y no está todavía desarrollada para funcionar como bomba, por problemas inherentes a la estanqueidad del alternador.

### 2.4. CENTRAL MAREOMOTRIZ JINDO, ULDOLMOK

Jindo es una estación de energía de las mareas ubicada en Uldolmok, Corea del Sur. El gobierno puso en funcionamiento la planta en 2009 a un costo de U\$ 10 millones para una capacidad instalada de 1 MW.

Posee turbinas Gorlov de triple hélice de 1 m de diámetro y de 2,5 m de longitud. Se utilizan para recoger de flujo cruzado de las fluctuaciones de las mareas y generan 2,4 GWh al año, lo suficiente para satisfacer la demanda de 430 hogares.

En junio de 2011, se agregó una potencia 0,5 MW. Se planeaba aumentar esta capacidad de 1 MW a 90 MW, debido al aumento de la demanda, simultáneamente con el desarrollo de la central eléctrica de 254 MW Sihwa Lake Tidal. El proyecto es generar 5260 GWh a través de la energía mareomotriz en 2020.



El estrecho Uldolmok experimenta velocidades de corriente de marea que exceden los 6,5 m/s, y el ancho del estrecho es de aproximadamente 300 m.

### 2.5. CENTRAL MAREOMOTRIZ SIHWA LAKE TIDAL

Sihwa Lake, en Corea del Sur, es la instalación de energía mareomotriz más grande del mundo, con una potencia total de 254 MW, que supera los 240 MW de la Central Rance Tidal, líder durante 45 años, antes de 2011. Posee diez turbinas bulbo de 25,4 MW de potencia.

La estructura utiliza un dique construido en 1994 para la agricultura y la mitigación de inundaciones. El costo del proyecto fue de U\$ 293 millones, aproximadamente 1 millón de dólares por MW.

La media de amplitud de la marea es de 5,6 m. El área de la cuenca es de 43 km<sup>2</sup>, aunque esto ha sido reducido por la recuperación de tierras y diques de agua dulce.

La energía se genera solo en las entradas de las mareas. Este enfoque poco convencional y relativamente ineficiente ha sido elegido para equilibrar una mezcla compleja del uso del suelo y del agua, la conservación del medio ambiente y las consideraciones de generación de energía.



### 2.6. CENTRAL MAREOMOTRIZ JIANGXIA

La planta de Jiangxia se encuentra en Wuyantou, China.

La capacidad instalada actual es de 3200 kW generados a partir de una unidad de 500 kW, una unidad de 600 kW y tres unidades de 700 kW. Se propuso instalar una sexta unidad de 700 kW, pero esto aún no se ha realizado. La instalación produce hasta 6,5 GWh al año.

*Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati*



Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

Jiangxia alimenta la demanda de energía de los pueblos en un radio de 20 km a través de una línea de transmisión de 35 kW.

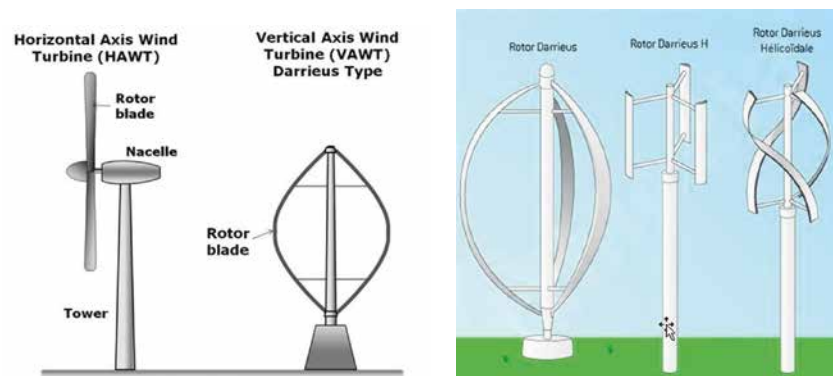
La amplitud máxima de las mareas en el estuario es de 8,39 m.

### 3. ENERGÍA DE LAS CORRIENTES MARINAS Y FLUVIALES

Se trata de un concepto muy antiguo de empleo del flujo de corriente sobre rotores o turbinas generatrices.

#### 3.1. TURBINA FLUVIAL TIPO GIROMILL

En 1980-1982, tuvo lugar el desarrollo de una turbina para corriente fluvial de 3 m de diámetro en Sudán para bombear agua de riego en el Nilo. Usa un rotor de flujo cruzado, de eje vertical denominado tipo Giromill.



En su origen, es una turbina eólica. Perteneció a la primera generación de dispositivos de aprovechamiento de las corrientes marino-fluviales y está basada en el uso de componentes convencionales de ingeniería y sistemas para lograr una fiabilidad razonable con un mínimo costo.

Tiene un sistema flotante compuesto por dos flotadores cilíndricos con sendas aletas inferiores para ayudar a mantener la alineación del conjunto con la corriente y los amarres correspondientes.

#### 3.2. TURBINA MARINA DE FLUJO AXIAL BACKGROUND, DE LOCH LINNHE

Se trata de una turbina de estudio sumergida en el seno de una corriente marina, situada en Loch Linnhe, Escocia, desarrollada entre 1992 y 1993. Fue la primera turbina marina generadora.

Era de flujo axial, con un diámetro de 3,5 metros, y estaba suspendida por un pontón catamarán.

Alcanzó una potencia de 15 kW para una corriente de 2,25 m/seg. Se estimaba que era posible obtener una energía de 20 TWh/año, a un costo de 0,15 E/Kw.



#### 3.3 TURBINA MARINA DE FLUJO CRUZADO TIPO KOBOLD

En California, se desarrolló una turbina prototipo de flujo cruzado en 1981, de 20 kW, y se estimó que su potencia podría alcanzar los 45 kW. Posteriormente, se instaló en el estrecho de Messina (Sicilia) una de 6 m de diámetro que genera unos 50 kW con una corriente de 2,4 m/seg.

A finales de 1990, se instaló un segundo modelo de flujo cruzado de 130 kW de tres palas, montado sobre una plataforma flotante de forma cilíndrica amarrada al fondo. Allí, la velocidad de las corrientes es de 1,5 m/s a 20 m de profundidad. Del resultado del modelo numérico y físico, se estima una eficacia máxima del 42% para la turbina Kobold.

Este tipo de turbina tiene elevado valor del par de arranque y doble sentido de rotación, es decir, es independiente de la dirección de la marea. Puede trabajar con una velocidad de corrientes bajas (1,2 m/seg) sin necesidad alguna de dispositivos externos que ayuden a hacer girar el rotor. Tiene buena eficacia, funcionamiento simple y bajo mantenimiento.



#### 3.4. TURBINA MARINA DE FLUJO CRUZADO TIPO GORLOV-SAVONIUS

La empresa norteamericana probó modelos de turbinas verticales de flujo cruzado con palas helicoidales (tipo Savonius) para aprovechar las corrientes de los ríos y del Golfo de México.

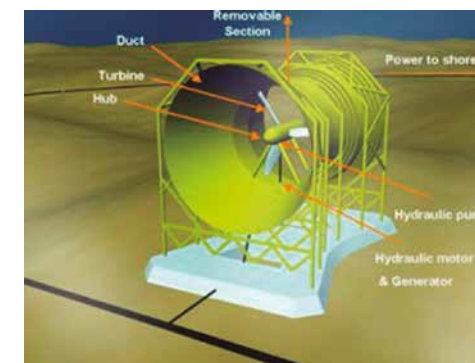
Salter diseñó una gran turbina de flujo cruzado que podía llegar a proporcionar 10 MW con una corriente de 4 m/seg. Estaba dotada de diez palas apoyadas en unos anillos arriba y abajo, dirigidas por bombas hidráulicas de tipo leva.



#### 3.5. TURBINA MARINA EN CONDUCTO

A diferencia de la energía potencial provocada por las mareas (como ocurre en El Rance) y de las turbinas inmersas en un flujo de corrientes, este modelo canadiense de 1990 consta de turbinas de flujo cruzado dentro de conductos para aumentar la potencia extraída.

Se ha estimado que se puede conseguir un aumento de cinco veces la energía extraída respecto de las que no están en ducto. Con este concepto, se planteó la construcción de una planta en la que se pretende hacer circular el agua por un estrecho, donde irían instaladas un gran número de turbinas capaces de producir 2200 MW.



#### 3.6. TURBINA MARINA-FLUVIAL EN CONDUCTO (VERBUND)

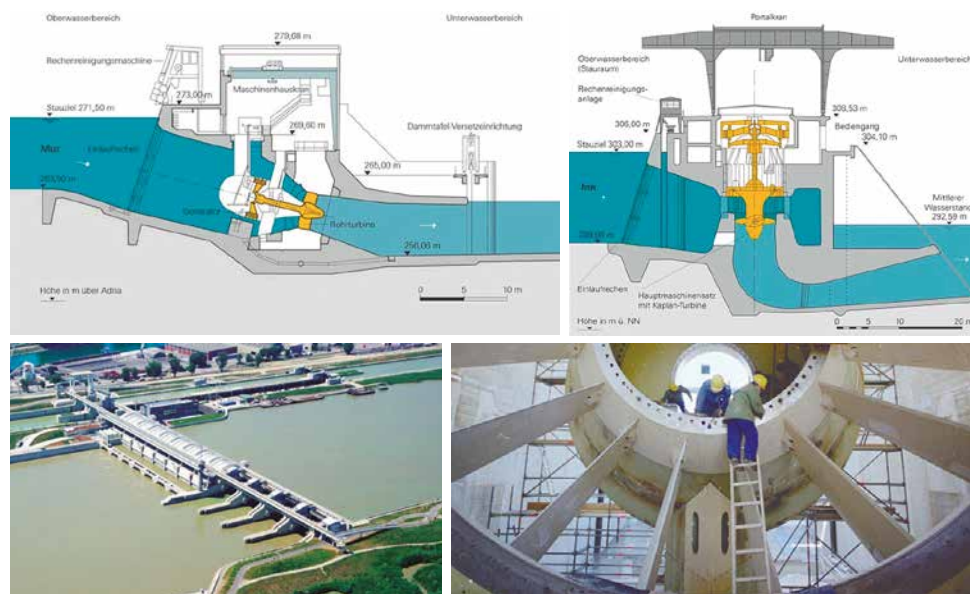
La central eléctrica de Verbund, ubicada sobre el río Danubio, en Freudenu, Austria, tiene esclusas marítimas al aire. Una de las turbinas utilizadas (KW Agonitz) puede ir instalada tanto en sistemas de dique como en vertedero.

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati



En los ensayos del prototipo del año 2000, se obtuvo un récord de rendimiento y un óptimo comportamiento en el funcionamiento.

Consiste en una nueva disposición para el aprovechamiento de la energía del agua. Se utilizan turbinas Kaplan de eje horizontal, con rotor de 1,12 m de diámetro, que generan entre 200 y 600 kW. Están dispuestas matricialmente (5 turbinas), dependiendo del espacio disponible y del flujo de agua. Trabajan en un rango continuo. Pueden instalarse en estructuras existentes.



### 3.7. TURBINA MARINA DE CENTRO ABIERTO

El Centro de Energías Marinas de Orcadas, en Escocia, está probando, desde 2004, una turbina marina de eje horizontal virtual denominada de centro abierto.

En la parte externa del equipo, se encuentra el generador eléctrico. Es posible subir y bajar el equipo para mantenimiento y análisis. Su instalación no permite orientar el rotor en dirección del fluido.



### 3.8. GENERADOR MARINO OSCILANTE CON LA CORRIENTE

En Yell Sound, Escocia, donde las corrientes son de 2 m/seg, en 2002 se instaló un prototipo (llamado Stingray) de 150 Kw de potencia.

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

Se trata de un perfil alar que, al oscilar con las corrientes marinas, varía su ángulo de inclinación para obtener un movimiento ascendente y descendente que se usa para generar electricidad.

Tiene, aproximadamente, 20 m de ancho y 24 m de alto. Se ubica montado sobre un brazo horizontal. Las corrientes mueven de arriba a abajo el ala montada sobre el brazo, lo que acciona unos cilindros hidráulicos de aceite a presión. La presión es enviada a un motor hidráulico conectado a un generador eléctrico. La salida alimenta un convertor de corriente continua que la transporta por un cable submarino hasta una estación convertora de corriente alterna. Actualmente, se está desarrollando la idea de instalar una planta de 5 MW con este tipo de dispositivo. A partir de los resultados obtenidos, la empresa está diseñando una segunda generación capaz de proporcionar 500 kW.

### 3.9. TURBINA FLUVIAL DE CORRIENTE DE FLUJO LIBRE (FREE FLOW)

En el río Mississippi, Estados Unidos, en 2009 se instaló una turbina experimental de corriente fluvial con palas de paso fijo de 35 kW de potencia, apta para velocidades de 1 a 3 m/seg. Fue desactivada luego de cumplir con los objetivos previstos.

Se trataba de un prototipo comercial, del tipo de turbina «envuelta» que canaliza el agua a través de las hojas del rotor. Las palas están diseñadas para una velocidad de rotación lenta con el objetivo de minimizar los golpes a los peces.

Las turbinas se ubicarán a diez o más pies del lecho del río. A esta profundidad, el agua se mueve entre uno y tres metros por segundo de media.

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

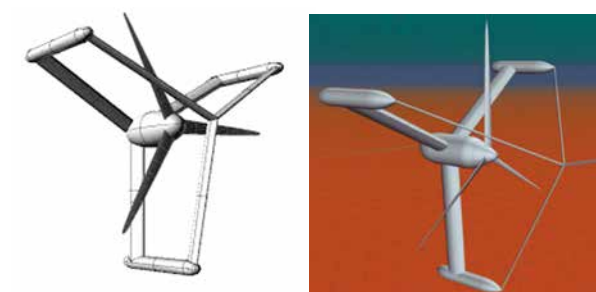


### 3.10. TURBINA MARINA DE CORRIENTE GESMEY

Se instaló en Gibraltar en 2008, con palas de paso fijo y una potencia de 10 kW. El diseño permite explotar la energía de las corrientes marinas de una velocidad máxima inferior a los 2 m/seg, en profundidades superiores a los 40 metros.

El rotor se compone de tres palas de fibra de carbono unidas a un núcleo de acero inoxidable. Dispone de un alternador síncrono de imanes permanentes; es refrigerado por agua y no requiere de alimentación para la excitación ni elementos auxiliares, como rectificadores. En consecuencia, posee un mantenimiento más sencillo y un mejor rendimiento.

Fue desactivado al terminar el estudio.





### 3.11. TURBINA MARINA DE CORRIENTE SEAFLOW/SEAGEN



En el año 2003, en Harland & Wolff, Irlanda, se instaló un rotor Seaflo de 0,3 MW, de flujo axial, bipala de 11 m de diámetro, con un control de ángulo ataque de pala montado sobre una única columna pivote afirmada en el fondo. El conjunto se ubica sobre una única columna pilote de acero de 2,1 m de diámetro que se coloca sobre una profundidad de agua entre 24 m ± 5 m. Los rotores y las carcasas de generador se ubican por encima del agua para el mantenimiento. El transformador y las conexiones eléctricas a la red son visibles y accesibles en la caseta de servicio sobre la parte superior de la columna pilote.

El funcionamiento es similar al de un aerogenerador eólico, de forma que el flujo de la corriente marina hace girar el rotor. El buje del rotor puede orientarse 360° alrededor de la columna en que está sujeto para estar siempre frontal a la corriente.

El sistema ofrece integridad estructural, bajo costo de mantenimiento e impacto ambiental poco significativo. Para las operaciones de mantenimiento, se lo asciende a la superficie. En las pruebas realizadas, se consiguieron eficiencias del orden del 40% y la obtención del 25% de la energía disponible.

En 2006, se inició la segunda fase, el proyecto Seagen, que consistió en un generador con dos hélices bipala de 16 m de diámetro para producir 1 MW al girar entre 10 y 20 rpm. Funciona con flujos de agua en dos sentidos, y extrae entre cinco y diez veces más energía por m<sup>2</sup> que un aerogenerador eólico de la misma potencia, debido a que el agua es un fluido mucho más denso que el aire. Esto implica máquinas más pequeñas y eficientes.

El costo actual calculado con esta tecnología es de 10 céntimos de euro/kW, similar al de un generador eólico.



### 3.13 PROYECTO MEYGEN

Firmado en 2010, es el mayor proyecto mundial de generación con turbinas marinas de flujo de mareas. Situado en Pentland Firth, Escocia, abastecerá de 398 MW durante un período de *leasing* de 25 años.

### 3.14 TURBINA DE RÍO/MARINA DE CORRIENTE ARGENTINA

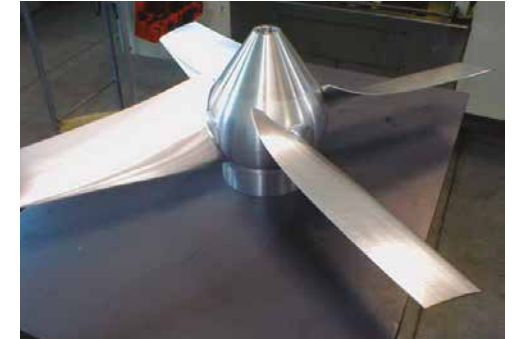
Desde 2014, el INVAP de Argentina estudia turbinas de 1 kW, de 4,5 kW y de 30 kW de corriente río-marina, con palas de paso fijo.

La turbina cuenta con un canalizador de flujo que acelera localmente la corriente de agua para lograr velocidades adecuadas para generar energía. El rotor es de paso fijo, acoplado directamente a un generador multipolos de imán permanente, capaz de generar tensión y frecuencia variables, y posee la electrónica de potencia necesaria para entregar corriente alterna 220/380V-50 Hz.

Durante la etapa de desarrollo, se ha diseñado y fabricado un rotor en tamaño subescala (de 1 kW) para ensayarlo en un flujo de agua libre (en río, sin venturi canalizador de flujo) con el objeto de caracterizar el rotor en condiciones de flujo no perturbado, lo más laminar posible.

Luego, se propone el primer prototipo de unos 4,5 kW que consta de dos rotores gemelos, lo cual resulta especialmente apropiado para cursos de agua con poca profundidad. De esta manera, se obtiene una potencia final de entre 9 kW y 10 kW por unidad.

Finalmente, se presentará el conjunto «Rotor-Venturi-Generador» de unos 30 kW de potencia unitaria, que constituye un módulo de media potencia apto para utilizar en los modelos de turbina de 30, 60 y 90 kW. Dicha potencia final se logra colocando uno, dos o tres rotores gemelos.



## 4. BIOENERGÍA

Una de las mayores curiosidades es la generación energética a partir de la biomasa. Hace ya muchos años, el INTA desarrollaba generación de gas a partir de los desechos biodegradables de uso doméstico, tambos y criaderos de animales. En el mar, hay grandes masas de flora disponible.

### 4.1 MICROALGAS PARA GENERAR ELECTRICIDAD

El proyecto CO<sub>2</sub>Algaefix de la Agencia Andaluza de la Energía, destinado a la valorización del dióxido de carbono mediante cultivos de microalgas, no es en realidad un proceso de generación, sino de limpieza de los gases de efecto invernadero emitidos por centrales energéticas convencionales.

Este proyecto nació con el objetivo de demostrar la viabilidad de un proceso de captura y biofijación de CO<sub>2</sub> mediante microalgas en una planta industrial de generación eléctrica. Ha supuesto la construcción y la operación de una planta de cultivo de microalgas, a escala preindustrial, utilizando como fuente de carbono los gases de combustión de la central de ciclo combinado de Iberdrola (1600 MW de potencia instalada), adyacente a la planta.

Las algas son organismos fotosintéticos capaces de convertir, con elevadas tasas de eficiencia, la energía de la luz solar en biomasa, consumiendo para ello dióxido de carbono como nutriente principal y liberando oxígeno a la atmósfera. Esto permite mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las microalgas se visualizan como una opción más de la agroindustria del futuro, tanto por sus ventajas frente a los cultivos tradicionales como por su potencial para paliar simultáneamente las graves crisis del cambio climático y la seguridad alimentaria. Los microorganismos

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati



Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati



mos transforman un gas nocivo en fuente de alimentos naturales de ricas composiciones y en otros productos de valor para diferentes sectores socioeconómicos (alimentos para seres humanos y animales, abonos y fertilizantes, productos farmacológicos, etc.), con la ventaja añadida de poder emplear las aguas residuales como medio de cultivo.

#### 4.2. ALGAS PARA LA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE

A partir de una serie de investigaciones, técnicos y empresarios de Puerto Madryn y de Buenos Aires llevan adelante un proyecto que buscaría suplantar la utilización de la leña durante el invierno con briquetas elaboradas a partir de un alga foránea.

La *Undaria pinnatifida* es una especie invasora pero comestible, con una presencia que lleva más de dos décadas en las costas de la Península Valdés. La fabricación de briquetas a partir de ella puede sustituir la provisión de leña. Actualmente, dicha provisión es abastecida de deforestación y desmonte del norte del país, de provincias como Córdoba, Chaco, Santiago del Estero, Formosa y Santa Fe.

Para aprovechar las algas, se necesita extraerlas del mar, sacarles el agua con turbinas específicas, secarlas y prensarlas con una fuerza de 200 kilos por centímetro cuadrado. Los técnicos lograron afinar el proceso de elaboración de briquetas con resultados exitosos en sus parámetros de combustión y poder calorífico. El paso siguiente es desarrollar el sistema de recolección que garantice la calidad de la materia prima que se procesará.

#### 5. ENERGÍA OBTENIDA DEL GRADIENTE SALINO

Este tipo de generación de energía se basa en las interfaces existentes entre agua salada y agua dulce, el agua de mar y el agua de río. La mezcla de ambos gradientes genera energía que puede ser transformada en electricidad utilizando los procesos apropiados.

Los datos de descarga de agua continental a nivel mundial estiman una potencia aprovechable de más de 1600-1700 TWh, ya que hay múltiples enclaves geográficos potencialmente adecuados para estos procesos. Actualmente, no existen plantas comerciales en operación.

Entre las posibilidades que están siendo estudiadas, resaltan dos principales que tratan de aprovechar el diferencial de salinidad; ellas son:

- **PRO (Pressure Retarded Osmosis):** inventada por Sidney Loeb en 1973. Es similar al principio de ósmosis simple, ya que utiliza la diferencia de densidad entre los cuerpos de agua. Cuando están separados por una membrana, los cuerpos de agua tienden a equilibrarse y generar, posteriormente, una gran presión, la cual se puede utilizar para generar energía que combina aspectos de ósmosis positiva y ósmosis inversa. La tecnología consiste en bombear agua marina a un depósito donde la presión es inferior a la presión osmótica entre el agua dulce y la salada. El agua dulce fluye a través de una membrana semipermeable e incrementa el volumen de agua en el depósito, que puede generar electricidad mediante una turbina hidráulica.
- **RED (Reversed Electro Dialysis):** utiliza el intercambio iónico entre el agua dulce y el agua salada. En un dispositivo de este tipo, los cuerpos de agua están separados con mem-

branas que permiten cruzar a los iones. Aniones y cationes cruzan las membranas, y este fenómeno genera energía. Consiste en el proceso inverso a la desalación de agua (mediante membranas selectivas a los iones, se genera electricidad en forma de corriente continua).

Ambas tecnologías se basan en la utilización de membranas, por lo que el diseño de estas representa el mayor de los desafíos de estos desarrollos. Actualmente, se trabaja con densidades «objetivo» que estén en el orden de los 5 W/m<sup>2</sup>, aunque se considera que es posible alcanzar una potencia de 10 W/m<sup>2</sup>.

En 2009, comenzó a operar la primera planta prototipo basada en el proceso PRO, que convierte presiones osmóticas en presiones hidrostáticas, útiles para mover una turbina que produce energía eléctrica en Tofte (Noruega). La planta se construyó con financiamiento de la Comunidad Económica Europea, en un proyecto denominado Salinity Gradient Power. Se diseñó para una potencia de 10 kW. Este proyecto se discontinuó a fines de 2013.

Otro proyecto es el denominado Redstack, de proceso RED. Es una planta piloto en el mar de Wadden, frente a las costas holandesas. Los cálculos predicen que, bajo un flujo continuo de 1000 l de agua fresca por segundo, mezclada con la misma capacidad de agua de mar, tendría una capacidad de generación de aproximadamente 1 MW. Posteriormente, para 200 000 l/seg, la planta tendría el potencial de generar 200 MW. Se espera que en tres años logre alcanzar la escala comercial.

#### 6. ENERGÍA MAREOTÉRMICA

##### 6.1. CONVERSIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA OCEÁNICA (CETO/OTEC)

La energía maremotérmica o Conversión de Energía Térmica Oceánica (CETO) es un tipo de energía renovable que permite obtener trabajo útil a partir de la diferencia de temperaturas entre las aguas oceánicas profundas, más frías, y las superficiales, más cálidas.

Pese a un rendimiento relativamente bajo en comparación con otras energías del mar, su aplicación puede ser rentable, debido a que constituye un sistema de generación eléctrica con capacidad para funcionamiento continuo, día y noche, las cuatro estaciones del año.

Al usar el agua superficial para calentar un líquido con un punto de ebullición bajo (mediante un intercambiador de calor), este se transforma en vapor, que puede mover una turbina para generar electricidad. Entonces, este vapor se enfría en otro intercambiador de calor en contacto con el agua fría de las profundidades y, luego, se reinicia el ciclo de generación. Es importante aclarar que las diferencias de temperatura necesarias entre la superficie y los 1000 m de profundidad en los océanos, donde se ubican las potenciales áreas de aprovechamiento, se encuentran entre los 40° de latitud sur y 40° de latitud norte; cerca de 100 países cumplen con esta condición.

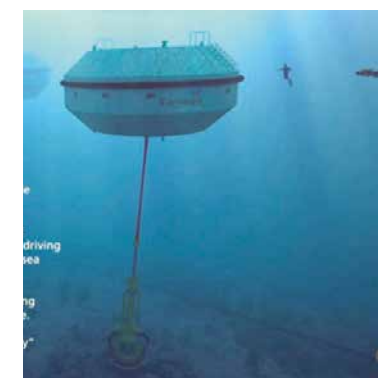
La electricidad producida por estos sistemas puede enviarse a la red eléctrica o emplearse para la fabricación de metanol, hidrógeno, metales refinados, amoníaco y otros productos que necesitan electricidad abundante. Se ha pensado en la posibilidad de construir centrales maremotérmicas recolectoras (GrazingPlant, instalaciones de pastoreo) para «recoger energía» en zonas cálidas utilizando la energía térmica del mar. Ello permite producir hidrógeno mediante electrólisis.

Es una buena forma de «acopio de energía», tanto para enviarlo a aquellos países con grandes necesidades energéticas o, bien, emplearlo para la fabricación de amoníaco y fer-



Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati





tilizantes amoniacales. En algunos casos, puede resultar redituable, también, comercializar el oxígeno obtenido.

Su desarrollo es aún embrionario, pues dichas instalaciones tienen condicionantes económicos, ya que las plantas maremotérmicas demandan inversiones de aproximadamente diez veces lo necesario para sistemas energéticos convencionales. Paralelamente, la eficiencia de estas instalaciones es baja en comparación con los rendimientos teóricos de un Ciclo de Carnot. Además, hay factores estratégicos, como la distancia de las costas al recurso térmico, la profundidad del fondo del mar y del propio recurso, y las variables ambientales (corrientes, olas, tormentas, etc.).

El único método adecuado para el aprovechamiento de la energía térmica marina es el ciclo Rankine aplicado a una turbina de baja presión. Los sistemas pueden ser de ciclo cerrado, ciclo abierto o híbrido. Los sistemas de ciclo cerrado emplean como fluido de trabajo una sustancia de bajo punto de ebullición, como el amoníaco (NH<sub>3</sub>) o el R134A (tetrafluoretano, CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub>), para accionar una turbina que, a su vez, arrastra un alternador que genera energía eléctrica.

El agua caliente de la superficie del mar se bombea hacia un intercambiador de calor por el que circula el fluido de trabajo, que se vaporiza al absorber el calor del agua. La expansión del vapor hace girar el grupo turbina generador. Tras la expansión en la turbina, el fluido de trabajo, todavía en fase de vapor, atraviesa un segundo intercambiador de calor por el que circula el agua fría extraída de las profundidades. Se condensa y pasa a la fase líquida, tras lo que vuelve a ser bombeado hacia el primer intercambiador, donde se reinicia el ciclo térmico.

Los sistemas de ciclo abierto utilizan la propia agua caliente de la superficie del mar como fluido de trabajo para la producción de electricidad. Esta se introduce en un recipiente que se mantiene a una presión inferior a la atmosférica, por lo que entra en ebullición y se vaporiza, libre de sales y de contaminantes. El vapor en expansión acciona una turbina de baja presión que arrastra al generador eléctrico del sistema. El vapor expandido se licúa (agua destilada) por el condensador por el que circula el agua fría de las profundidades marinas. Puede ser empleada como agua potable desalinizada para consumo o riego.

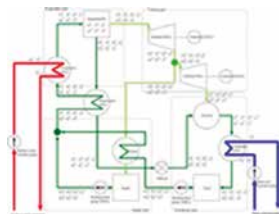
## 6.2. Esquemas Híbridos de Ciclo Abierto-Cerrado

Asimismo, se han estudiado e implementado ciclos híbridos orientados a la producción tanto de electricidad como de agua potable, en los que se combinan las características de ambos ciclos, cerrado y abierto. El agua de mar caliente entra en una cámara de vacío y se evapora instantáneamente (*flash vaporizer*). Este vapor de agua pasa por un vaporizador de amoníaco, y es el vapor de amoníaco el que acciona la turbina. El vapor de agua ya condensado puede utilizarse como agua desalinizada para consumo o riego.

El sistema de ciclo cerrado original Rankine fue mejorado mediante la implementación de una mezcla amoníaco/agua como fuente de calor. Posteriormente, se implementó el ciclo Uehara mediante un intercambiador de calor eficiente que utiliza los principios del ciclo Rankine.

Japón cuenta con la única planta operativa OTEC en el mundo. En 1985, completó su planta experimental y, en 2009, fue capaz de generar una potencia neta de 20,5 kW utilizando amoníaco/agua como fluido de trabajo. Eso es alrededor del 70% del potencial total, con expectativas de alcanzar, en un futuro próximo, 1 MW como operación comercial.

A mediados de 2012, un *joint venture* de empresas japonesas anunció la construcción de una planta piloto OTEC de 50 kW en las aguas de la isla de Kumejima. A principios de 2014, una iniciativa holandesa evaluaba construir instalaciones similares para la Isla de San Andrés (Colombia).



Esquema del Ciclo Híbrido (Ciclo Uehara)

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

En 2007, en Arabia Saudita y Kuwait se estudiaba adoptar esa tecnología y, en 2011, Hawái contrató la construcción de una unidad demostradora de 1 MW de producción. En 2013, se negociaron otros proyectos en las Islas Caimán para una planta de 25 MW y en Bahamas (3-5 MW, de tipo Barcaza).

Francia lleva adelante esfuerzos de investigación de OTEC a través de la Dirección de Construcciones Navales en sus territorios de ultramar. A principios de 2012, comisionó un equipo basado en tierra que actualmente está funcionando en Saint Pierre, isla Reunión (Caribe). Es un prototipo de prueba y optimización de parámetros, con un proyecto de diseño de planta de 10-20 MW en un futuro cercano.

Corea del Sur desarrolló una planta piloto de 20 kW que puede ser escalada a 1 MW. En una segunda etapa, se escalaría a una planta de 200 kW para 2014 y se avanzaría sobre un diseño para una planta precomercial de 1 MW hacia 2017. En enero de 2014, se hizo una demostración pública de funcionamiento de la primera planta escalada, y se incorporaron otras fuentes energéticas que posibilitan el funcionamiento de una planta OTEC fuera de las latitudes preestablecidas cercanas a los 40° N/S.

China ha avanzado con la empresa Lockheed Martin (EE. UU.), poseedora de casi veinte patentes CETO/OTEC; planean diseñar y construir una planta de escala comercial, de 10 MW de capacidad en la isla Hainan para brindar energía a la comunidad local. La Universidad Shanghai Jiao Tong posee seis patentes referidas a OTEC, entre las que se cuenta una sobre el diseño de un sistema OTEC recalentado por energía solar.

## 7. ENERGÍA SOLAR CON BASE A FLOTE

A la vera del río Támesis, flotan 23 000 paneles solares. Es la mayor planta solar flotante de Europa: 128 hectáreas, el equivalente a ocho canchas de fútbol. Esta instalación de 6,3 megavatios suministra energía limpia a la planta potabilizadora de Thames Water.

Los paneles requieren más de 60 000 flotadores y 177 sistemas de anclaje, necesarios para garantizar su estabilidad, incluso en las condiciones climáticas más adversas.

La planta solar flotante ha sido el proyecto estrella del Reino Unido que, en 2015, instaló 3,7 GW y lideró la tendencia europea. El costo de la central fue de 7,5 millones de euros, notablemente superior a una instalación equivalente en tierra, pero sin ocupar valiosos terrenos.



## 8. PARQUES MARINOS DE ENERGÍA EÓLICA CON TURBINAS

Hay una fuerte tendencia a instalar parques o granjas eólicas marinas, porque implicarían menor impacto ambiental y no ocupan extensiones terrestres, ya suficientemente escasas. La presencia de los enormes molinos ya no es extraña para los navegantes o los pobladores costeros de Europa, pero citaremos dos ejemplos de iniciativas importantes en curso:

### 8.1. LOS ESTADOS UNIDOS LEVANTAN SU PRIMER PARQUE EÓLICO MARINO

El primer parque eólico marino de los Estados Unidos, el proyecto Block Island Wind Farm, generará 30 megavatios de electricidad este mismo año.

Está ubicado 20 kilómetros al sureste de Rhode Island. Constará de cinco torres que sostendrán turbinas de seis megavatios fabricadas en España.



Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

## 8.2. PARQUE EÓLICO EN EL MAR BÁLTICO

Compañías privadas de Alemania y de Noruega realizarán una inversión de 1200 millones de euros para la construcción de un parque eólico en Arkona, en el Báltico.

Contará con sesenta turbinas de seis megavatios para suministrar electricidad (a partir de 2019) a 400 000 hogares alemanes, con lo que se convertirá en uno de los proyectos eólicos en alta mar más grandes de Europa.

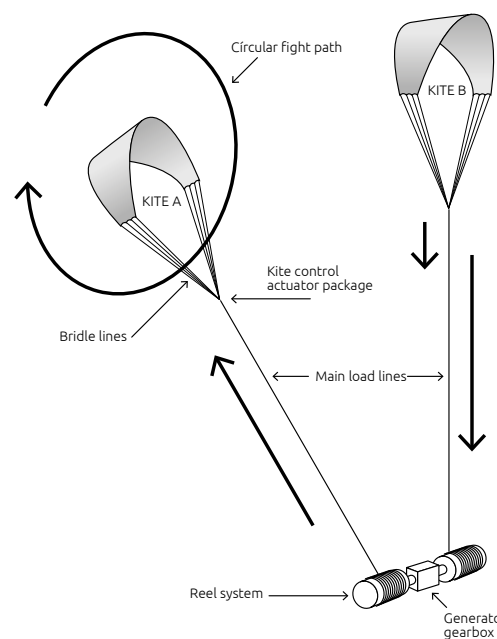
La inversión sigue la estrategia de las empresas, controladas por los estados involucrados, de complementar su cartera petrolera y gasífera con energía renovable rentable y otras soluciones bajas en emisión de carbono.

## 9. ENERGÍA EÓLICA PRODUCIDA POR BARRILETES

(Tomado de Michael McDonald, 05/01/2016)

Una iniciativa original en la actividad eólica empieza a emerger y podría generar una nueva tendencia por sus ventajas: la generación de energía eléctrica con cometas en el mar.

La tradicional generación, basada en el uso de turbinas de viento, ha sido la precursora de la opción energética eólica, pero ya hay empresas que buscan opciones más beneficiosas. El milenario cometa, usado como juguete en todo el mundo y como medio de señales militares en la China ancestral, se presenta como alternativa muy viable, si se dispone en series, *off-shore*.



Los barriletes causan menor impacto ambiental que las grandes turbinas y pueden ser menos ofensivos al entorno, pues no modifican su suelo ni su configuración con obras fijas, como las grandes torres de acero o de concreto. Su instalación parece ser mucho más económica, sin requerir naves especiales ni ingentes cantidades de metales de aleaciones costosas y delicadas.

Si bien hay diferentes modelos de propuestas tecnológicas, en general se basan en el principio de carretes contrarrotantes.



## 10. ENERGÍA NUCLEAR SOBRE PLATAFORMAS

China parece decidida a construir una plataforma marítima de energía nuclear. Esta podría navegar y proporcionar energía estable para los proyectos en alta mar.

En principio, la primera plataforma estaría terminada en 2018 y puesta en funcionamiento al año siguiente. Fuentes chinas sostienen que se planea construir hasta 20 unidades de ese tipo, dependiendo de la demanda del mercado.

Esta central flotante podría incrementar significativamente la eficiencia de los trabajos de construcción del país en las islas del Mar de la China, donde subyacen muchas disputas territoriales. Podría suministrar energía confiable a los faros, a los procesos de desalinización de agua marina, a los equipos de búsqueda y rescate, a las instalaciones militares, a los aeropuertos y los puertos de sus islas, y desempeñar un papel muy importante en la estrategia a largo plazo de Pekín en el mar de la China Meridional.

## CONCLUSIONES

La República Argentina es uno de los países de mayor extensión territorial. Sus 45 millones de habitantes padecen las consecuencias de una ya larga crisis energética, producto de la falta de políticas del área, tanto en la producción como en el transporte y la distribución.

Sin embargo, tiene un litoral fluvio-marítimo de más de 5000 km lineales y una superficie marítima en su Zona Económica Exclusiva de más de 1 500 000 km<sup>2</sup>. Mentas inquietas y pensadores visionarios han hecho estudios de utilización de la energía mareomotriz, en particular en el Golfo de San José y el istmo Ameghino de la Península de Valdéz, desde 1919. Pero las propuestas de Oca Valda, Damianovich-Besio Moreno, Romero-Storni, Erramouspe, Richterich, la empresa Sogreah, Loschakoff, Rodríguez, Fenteloff, Alsina, Federico y Aiskis-Zynglermaris, entre las más conocidas, no han logrado transformarse en obras concretas.

Desde las crisis petroleras de 1973 y 1981, y en especial en la última década, el desarrollo científico ha ampliado el espectro de tecnologías disponibles para resolver las dificultades que antaño presentaban los emprendimientos mareométricos y ha abierto la gama de opciones generatrices en el mar. Hoy se conocen más de 100 diseños operativos a diferente escala.

En el pasado, las mayores objeciones a las plantas de generación marina estaban referidas a sus costos respecto de otras fuentes renovables todavía no agotadas, como la hídrica, y los altos costos de transporte desde península de Valdez u otras caletas patagónicas. Esos argumentos deben ser revisados a la luz de comparaciones de rentabilidad final realistas, impacto ambiental, afectación de superficies terrestres utilizables para otros fines, costos de importación de combustibles y nuevos valores de las líneas de transporte, teniendo ya instalada una red integrada nacional y otras centrales sureñas.

Volviendo al torbellino economicista, es llamativo que nuestro país haya sido precursor en visualizar las posibilidades energéticas del mar, a principios del siglo XX, pero 100 años más tarde, solo posea un par de prototipos de estudio, a escala, sin terminar. El Reino Unido, Australia, Francia, China, Corea del Sur, EE. UU., Canadá y otras grandes potencias han logrado plasmar centrales de diversa magnitud, integrando tecnologías y capacidades industriales, y las hicieron rentables.

Seguramente ningún proyecto fue redituable en sus primeras etapas. Es lo que se conoce como inversión, y tiene sus riesgos. Es una apuesta a futuro. Las naciones con visión y políticas de estado y estadistas de fuste invierten en la investigación y el desarrollo, estimulan su industria.

Mientras la República Argentina, nuestra patria, siga perdida en el laberinto de ausencia de estrategias, malas gestiones, dirigentes incompetentes y ciudadanos indiferentes, el país está condenado a pagar el alto precio de su ineficiencia, paliando falencias y reaccionando tardíamente para satisfacer sus necesidades más básicas.

El mar, a nuestras espaldas, nos abre inmensas posibilidades de desarrollo; la energía es una de ellas. ■



Catis quis estest faceat dellab inventio es explab imenia denderu ntiassundi officia nonectus, con poreprepel modit quam conserr orposandant que nonessitati

## BIBLIOGRAFÍA

- *Catálogo Energías del Mar 2014. Proyectos, Iniciativas, Instituciones sobre energías del Mar Argentino*, 1.ª Ed., Nov. 2014, GEMA, UTN, Facultad Regional Gral. Pacheco, Bs. As.
- *Boletines Noticias del Ámbito Marítimo Internacional*, elaborados por el CN (R), Licenciado en Sistemas Navales Francisco Valiñas (ROU).
- «Energía Mareomotriz», CN (RE) Mario Chingotto, *Boletín del Centro Naval* N.º 813, 2006.
- *Recursos Energéticos en el Mar: el potencial del Atlántico Sur*, Ing. Hugo Carranza, Seminario del Instituto Universitario Naval, 2014.
- Artículos y notas de GCaptain, Wikipedia, páginas comerciales y fuentes abiertas de Internet.