

Energías renovables para todos

Energía geotérmica y del mar



Energía geotérmica

Antonio Barrero

Los baños turcos, las termas romanas, la sauna escandinava, las curas balnearias. Todas las culturas, desde los maoríes a los indios americanos, han mostrado querencia, curiosidad y gusto por las aguas termales, que han proporcionado al ser humano obviamente calor, desde luego placer, y, desde hace cien años, también electricidad.

DE DÓNDE PROCEDE

A diferencia de la mayoría de las fuentes de energía renovables, la geotérmica no tiene su origen en la radiación solar sino en la enorme diferencia

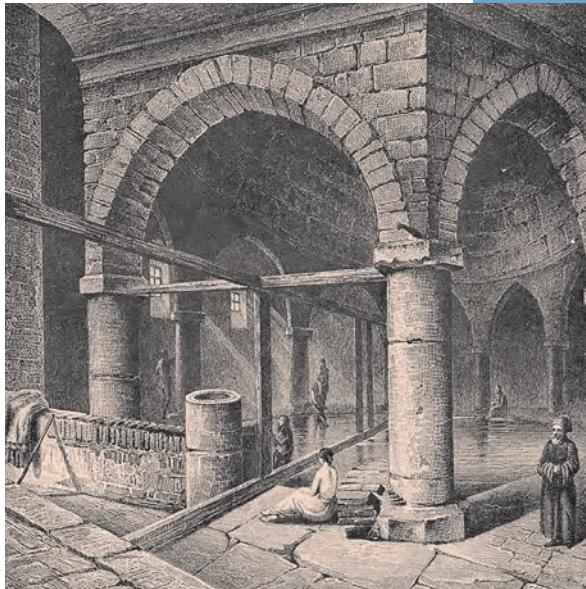
de temperaturas que existen en el interior de la Tierra y que van desde los 15% de la superficie a los 4.000°C que rigen en el núcleo.

Esta diferencia de temperaturas, conocida como gradiente térmico, origina un continuo flujo de calor desde el interior de la Tierra a la superficie. Pero la corteza de la Tierra no es un envoltorio homogéneo. Está fragmentada en varios bloques o placas tectónicas, cada una de las cuales se mueve a una velocidad de varios centímetros por año. Ese movimiento produce roces, choques y deformaciones en los bordes de las



En la imagen de la izquierda, el geiser "Old faithful", situado en el parque de Yellowstone (EE.UU).

Bajo estas líneas, primera planta geotérmica para generar electricidad (1904, Italia) y baños termales de Rudas (Budapest, Hungría)



Horizontes cada vez más amplios

La energía geotérmica viene siendo utilizada desde hace siglos con fines térmicos, pero la producción de electricidad a partir del calor de la tierra es mucho más reciente. El primero en hacerlo fue Piero Ginori Conti en Larderello, Italia, en 1904. Un siglo después, aquella tierra de la Toscana sigue produciendo, indefinidamente energía renovable, calor y electricidad (547 MW).

Son, sin embargo, los usos directos, el empleo del calor, los que más rápidamente fueron ensanchando horizontes. Islandia se convertía en los años 30 del siglo XX en el primer país en organizar un servicio de calefacción geotérmica doméstica a gran escala en la ciudad de Reykjavík. En la década anterior ya había empezado a usar la geotermia para calentar invernaderos. La primera aplicación industrial del calor de la tierra tuvo lugar, sin embargo, muy lejos de la isla de los volcanes. Fue en una fábrica de pulpa y papel de Kawerau, en Nueva Zelanda, allá por los cincuenta. En Islandia, apenas unos años después, comienzan a emplear esos calores en la industria textil, en el lavado de lanas.

Más allá, no obstante, de esos hitos concretos de la historia, es tras la crisis del petróleo cuando el interés por esta fuente limpia de energía se dispara en todo el mundo. Así, entre 1975 y 1995, el crecimiento medio de la electricidad geotérmica alcanza el 9% anual, mientras los usos directos crecen a razón de seis puntos porcentuales al año, tasas ambas altísimas si las comparamos con las registradas por otras fuentes de energía. A lo largo de los últimos años, sin embargo, ese crecimiento se ha ralentizado ligeramente. No obstante, el uso de bombas de calor para aprovechar las fuentes geotérmicas y los avances en el conocimiento de la roca seca caliente hacen prever un relanzamiento de la geotermia.

© NREL



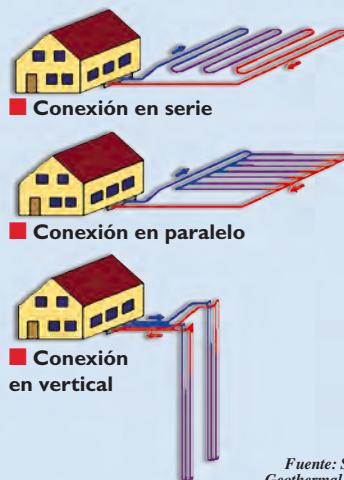


Calor asegurado

Los yacimientos de alta temperatura fueron los primeros en ser aprovechados para generar electricidad (el primer aprovechamiento eléctrico tuvo lugar en Larderello, en 1904). Según la Asociación Internacional de Geotermia, hay plantas que producen electricidad a partir del calor de la tierra en 23 países. En Islandia la geotérmica ya genera el 18% de la electricidad; en Filipinas, y según datos del Banco Mundial, hasta el 27%.

No obstante, es la calefacción el uso más frecuente de esta fuente limpia de energía. Según uno de los padres de la geotermia, John W. Lund, director del Geo-Heat Center de Oregón, la calefacción de espacios sería, de entre los usos directos, el más frecuente en todo el mundo (33%); baños, saunas y similares alcanzarían una cuota del 19%; los invernaderos, el 14%; la bomba de calor para calefacción y aire acondicionado, 12%; el calentamiento de agua de piscifactoría, 11%; y la industria, el 10% restante.

Tipos de conexión doméstica



Fuente: Shallow Geothermal Energy

El calor de las entrañas de la Tierra permite que en lugares tan fríos como Islandia los baños al aire libre sean posibles.



© Capire Corporation

placas, impactos que ocasionan grietas, pliegues (montañas), terremotos y erupciones volcánicas dando lugar a flujos de calor anormalmente elevados. Así, si la pauta es que la temperatura de la Tierra aumente entre 2 y 4°C cada cien metros de profundidad, en esas zonas de choque se pueden registrar aumentos de más de 30°C en apenas cien metros.

Estas áreas térmicas son las que presentan el mayor interés desde el punto de vista de su aprovechamiento energético. No obstante, incluso los yacimientos de muy baja temperatura (15°C) pueden ser aprovechados, de manera que prácticamente todas las aguas subterráneas del mundo son potenciales yacimientos de energía. De hecho, el potencial geotérmico almacenado en los diez kilómetros exteriores de la corteza terrestre supera en 2.000 veces a las reservas mundiales de carbón.

TIPOS DE YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS

El Instituto Geológico y Minero de España distingue cuatro tipos de yacimientos geotérmicos:

■ Yacimientos de alta temperatura.

Una roca permeable (que vendría a ser como una especie de esponja) almacena el fluido a alta temperatura (a más de 100°C)

muy cerca de un foco de calor activo. Esa roca está rodeada por una capa de rocas impermeables que no suele ser perfecta, o sea, que tiene grietas o escapes.

■ Yacimientos de baja temperatura.

Se hallan entre los 1.500 y los 2.500 metros de profundidad y su temperatura oscila entre los 60 y los 100°C.

■ Yacimientos de muy baja temperatura.

A partir de 15°C

■ Yacimientos de roca caliente.

No hay fluido, solo roca caliente. A profundidades de entre 4,8 y 8 kilómetros es posible hallar roca seca caliente en casi cualquier lugar del mundo (en algunas áreas se hallan más cerca de la superficie).

APLICACIONES

La energía geotérmica puede ser utilizada tanto con fines térmicos como eléctricos

FINES TÉRMICOS

■ Balnearios y piscinas climatizadas. Es la forma más antigua de aprovechamiento de la energía geotérmica. Floreció en la antigua Roma con sus famosas termas, situadas cerca de manantiales de agua caliente o termales.

■ Calefacción y agua caliente sanitaria.

Los acuíferos para estos usos van de los 30°C a los 150°C. En Islandia, el país con mayor actividad geotérmica del mundo, el 99% de las viviendas utilizan la energía geotérmica con esta finalidad.

■ Agricultura. Son muchos los invernaderos que usan aguas calientes procedentes de acuíferos para calentar el suelo de sus instalaciones y adelantar así las cosechas.

■ Acuicultura. Salton Sea, en California, acoge



cerca de una docena de piscifactorías que, desde hace décadas, emplean fluidos geotérmicos para controlar la temperatura de sus aguas. Ello permite acortar los períodos de maduración de la producción u obtener cosechas de invierno que serían de otro modo imposibles.

Usos industriales. Aquellas industrias que no exigen temperaturas muy altas también beben de esta fuente. Así, la geotérmica es usada en el secado de tejidos en industrias textiles de Matsuo, en Japón, o en la industria del tintado de Guandong y Liaoning, en China.

Secado de pavimentos (aceras, calles y carreteras). En diferentes ciudades la energía geotérmica es empleada para evitar la formación de placas de hielo en los pavimentos (habitual-

mente mediante tuberías enterradas a ras del suelo por las que circulan agua caliente o vapor). Ejemplos? Rejkjavik, en Islandia; Fukui, en Japón; Villa Copahue, en Argentina.

PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.

Son tres las tecnologías que pueden ser usadas para generar electricidad a partir de los fluidos hidrotermales. De momento es imprescindible que el fluido se halle a alta temperatura.

I. Plantas de aprovechamiento de vapor seco.

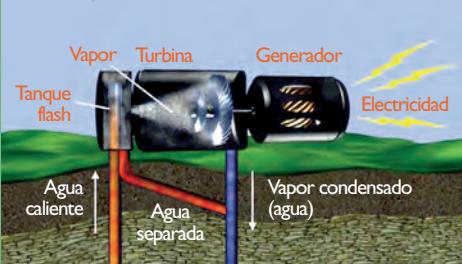
Cuando los fluidos hidrotermales se presentan total o fundamentalmente en forma de vapor lo usual es conducirlos a una turbina de vapor convencional. Esta tecnología se utiliza, por ejemplo, en Larderello, Toscana (Italia) y The Geysers, California (EE.UU.).

Tecnologías de plantas geotérmicas

Tecnología de ciclo binario



Tecnología "flash"



El secado de pavimentos y aceras es una de las posibles aplicaciones de esta fuente de energía, también utilizada en instalaciones agrarias y piscifactorías.

■ 2. Plantas de agua a alta temperatura

Cuando el fluido hidrotermal es fundamentalmente agua a alta temperatura, la tecnología más empleada es la denominada "flash". El fluido, que se encuentra en fase líquida en el almacén, es extraído e inmediatamente inyectado en un tanque en el que un volumen determinado de él se convertirá súbitamente –"flash"– en vapor. El vapor es empleado para activar una turbina que pone en marcha un generador.

■ 3. Centrales de ciclo binario

Hacen posible la generación eléctrica en yacimientos cuyo recurso se halla a menor temperatura. En estos sistemas, el fluido geotérmico transfiere su calor, mediante un intercambiador, a un fluido secundario (el denominado fluido de trabajo). Este segundo fluido se convierte en vapor, activa la turbina y genera electricidad. El motivo de emplear este segundo fluido es que su temperatura de evaporación es más baja. Así pues, se necesita menos calor para vaporizar el fluido. El vapor, luego de haber movido las turbinas, se condensa y vuelve a ser reutilizado, o sea, que estamos hablando de un ciclo cerrado. Según los expertos, este sistema es el que tiene más futuro.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

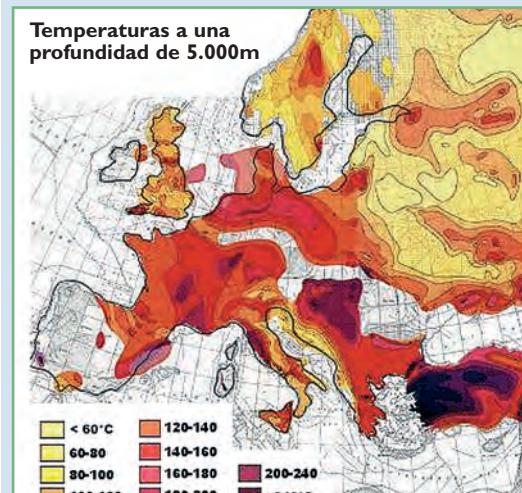
Las principales ventajas de la energía geotérmica son de carácter económico y ambiental.

■ El calor de la tierra está a nuestra entera disposición durante las 24 horas del día y a lo largo de todo el año.

■ La utilización de energía geotérmica es una medida de conservación de la naturaleza en sí misma. Un MW producido con el calor de la Tierra es un MW que no va a ser generado mediante la combustión de combustibles fósiles.



Recursos geotérmicos en Europa (zonas blancas, sin analizar)



Fuente: SHELL International

Según un estudio realizado por EuroObserver, en 2010 el mundo podría contar con más de 32.000 MW de origen geotérmico para generar electricidad. A la derecha, instalación en California (EE.UU.).

- El beber de una fuente que se halla bajo nuestros pies significa que no va a ser preciso fletar un buque rumbo al Golfo Pérsico para llenarlo de petróleo. El aprovechamiento de yacimientos energéticos próximos exige, además, menos infraestructuras de transporte de energía.
- Una planta térmica de gas coupa tres veces más espacio que una geotérmica y una de carbón hasta ocho veces más.
- El uso de la energía geotérmica reduce la dependencia energética del exterior.
- Se trata de una fuente de energía idónea para poblaciones que se hallen en

El paisaje geotérmico español

Según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), las fuentes geotérmicas españolas produjeron calor por valor de ocho mil toneladas equivalentes de petróleo en 2005. Los destinos de ese calor fueron los balnearios, el pabellón deportivo Os Remedios de Orense y varias instalaciones casi artesanales que están funcionando en algunos invernaderos de la zona del acuífero de Mula-Archenha en la región de Murcia. Además, el Equipo Nacional Español de Bomba de Calor está experimentando con un prototipo de bomba geotérmica en la Universidad Politécnica de Valencia.

En España no hay plantas geotérmicas de producción de electricidad. Actualmente la empresa alemana Eclareon está elaborando un proyecto de central geotermeléctrica en la isla de La Palma (Canarias)

localizaciones remotas, lugares a los que no llegan las redes convencionales de suministro de energía.

En cuanto a inconvenientes, el principal radica en que los yacimientos hidrotermales llevan disueltos gases y otras sustancias químicas (mercurio y compuestos de azufre, por ejemplo), que hay que tratar adecuadamente para evitar que contaminen la atmósfera y las aguas circundantes. El deterioro del paisaje es otro posible impacto. La tecnología actual minimiza estos riesgos.

TENDENCIAS DE FUTURO

Las centrales de ciclo binario, la roca seca caliente y la bomba de calor son las tres claves del futuro inmediato de la energía geotérmica.

- Las centrales de ciclo binario ya han alcanzado, al decir de los expertos, un buen grado de madurez, lo cual se ha traducido en la posibilidad de generar electricidad en yacimientos en los que el recurso no se halla a tan alta temperatura como antes era preciso. A día de hoy es la solución más demandada a la hora de producir electricidad.
- El aprovechamiento de la roca seca caliente es, para los más optimistas, la solución universal. Dos son las ventajas con que, a priori, cuenta esta línea de investigación. Una, la abundancia de la roca seca caliente. En Europa Occidental, por ejemplo, estaríamos hablando de 125.000 kilómetros cuadrados de recurso disponible, entendiendo por recurso disponible la roca seca caliente a más de 200°C que se encuentra a una profundidad de 5.000 metros. La energía que podría salir de allí sumaría 900 terawatios hora al año (según estudios de la compañía Shell). ¿La segunda ventaja? Las técnicas de perforación son bien conocidas y se hallan



muy maduras gracias a la experiencia acumulada en la búsqueda de petróleo.

- La bomba de calor. Es la receta para andar por casa. Idónea para aprovechar energía geotérmica de muy baja temperatura, su implantación ha crecido extraordinariamente a lo largo de los últimos años. Las tecnologías no cesan de madurar y los proyectos de investigación continúan abaratando costes y mejorando la eficiencia.

OBJETIVOS

Según Naciones Unidas, la electricidad generada por la geotermia en 2000 rondaba los 44 TWh/a, mientras que la producción térmica era de aproximadamente 35TWh/a. Grimur Björnsson, experto de la Autoridad Nacional para la Energía Geotérmica de Islandia, estima que, en el mundo, el recurso accesible útil para la generación de electricidad ronda aproximadamente los 12.000 TWh/a. Es decir, que el ser humano está empleando actualmente una fracción minúscula de energía geotérmica

Otro estudio, aportado por EurObserv'ER (consorcio independiente europeo que promueve las energías renovables), indica que en 2010 el mundo podría contar con 32.250 MW de origen geotérmico para producir electricidad, y con 69.500 MW para fines térmicos, lo que equivale a multiplicar por cuatro la potencia actual instalada. Los grandes actores de este cambio serán Fi-

lipinas, Indonesia, México y Estados Unidos. Y, dentro de la UE, Islandia, Portugal y Francia. En España, la energía geotérmica apenas se utiliza, representando el 0,05% en el conjunto de las energías renovables.

Geotérmica

Más información

- **Consejo Mundial de la Energía.**
www.worldenergy.org/wec-geis/focus/renew/
- **Banco Mundial.**
www.worldbank.org/html/fpd/energy/geothermal/
- **Asociación Internacional de Geotermia.**
www.geothermal-energy.org
- **Asociación bomba de calor**
www.igsha.okstate.edu
- **United Nations University Geothermal Training Programme.**
www.osis.unu.edu
- **European Deep Geothermal Energy Programme (UE).**
www.soultz.net
- **Consejo Europeo de Energía Geotérmica (UE).**
www.geothermie.de
- **U.S. Department of Energy (EE.UU.).**
www.eere.energy.gov/AB/
- **Geothermal Education Office (EE.UU.).**
<http://geothermal.marin.org/>
- **Asociación Islandesa de Geotermia (Islandia).**
www.jardhitafelag.is/

Energía del mar



El mar. 360 millones de kilómetros cuadrados cubiertos de agua: más del 70% de la superficie del planeta, casi 1.500 millones de kilómetros cúbicos de líquido elemento. Desde la noche de los tiempos, el hombre ha extraído del océano cuantos recursos le ha permitido su ingenio: alimentos, tesoros, sal, medicamentos... A lo largo de las últimas décadas, además, los ojos del ser humano han empezado a mirar el mar como yacimiento energético. Porque, como señala el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el océano es el mayor colector solar del mundo. En otras palabras, el mayor almacén de energía.

Esa energía está encerrada en las corrientes de agua, en la biomasa marina (ya es posible obtener gases combustibles de ciertas algas marinas), en las mareas (cuatro cada día) o en las olas que levanta el viento. De todos esos fenómenos y de algunos otros también es posible obtener energía.

En estos momentos, las posibilidades de aprovechamiento se centran, sobre todo, en la energía de las olas, la de las mareas (mareomotriz), la de las corrientes y la energía mareotérmica, que es aquella que aprovecha la diferencia que hay entre la temperatura del agua de la superficie (la que recibe el calor del sol) y la temperatura de las aguas más profundas.

Para empezar conviene dejar claros en todo caso algunos conceptos básicos.

Las mareas. El ascenso y descenso de las aguas del mar es producido por las acciones gravitatorias del sol y la luna. Actualmente, sólo en aquellos puntos de la costa en los que la marea alta y la baja difieren más de cinco metros de altura es rentable instalar una central mareomotriz (estaríamos hablando de apenas 40 localizaciones en todo el globo).

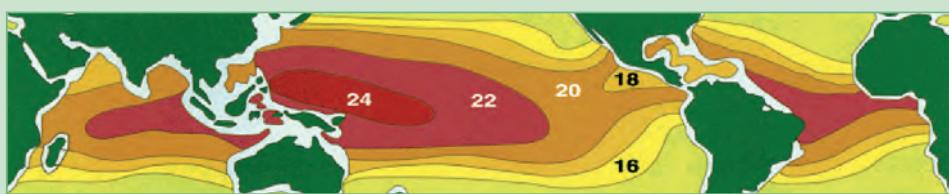
En la página anterior, olas "jaws", en Hawái, meca de los surfistas.
Abajo, los mapas ilustran sobre el inmenso potencial energético del mar

El gradiente térmico. La diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y las del fondo es resultado del grado de penetración del calor solar en el agua del mar (un litro de agua de mar contiene 35 gramos de sales). Así, en la superficie, la temperatura puede superar holgadamente los 20°C mientras que, en el fondo, esta oscila entre 0 y 7 grados. En las zonas tropicales próximas al Ecuador y con profundidades superiores a 500 metros la diferencia de temperaturas puede alcanzar los 25°C.

Las olas. Son producidas por el viento y su altura es muy variable. Las más altas observadas en el Atlántico no rebasan los 20 metros. En el Mediterráneo apenas exceden los 8. Según la Dirección General XVII de la Unión Europea, la potencial energía de las olas en la UE oscilaría entre 120 y 190 Twh/año lejos de la costa y entre 34 y 46 cerca.

Las corrientes. Deben su origen principalmente a los vientos de la Tierra, aunque también están influidas por las diferencias de densidad y contenido de sal del agua del mar, así como por la temperatura, la evaporación y la rotación de nuestro planeta.

Diferencia térmica entre las aguas superficiales y las aguas a mil metros de profundidad

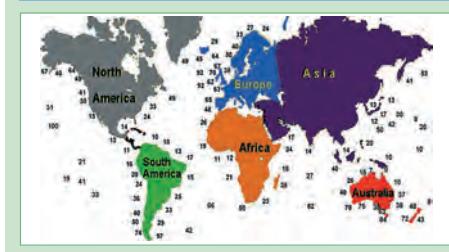


Potenciales aprovechamientos de energía mareomotriz



Fuente: ITER

Densidad de la energía de las olas en kW/m

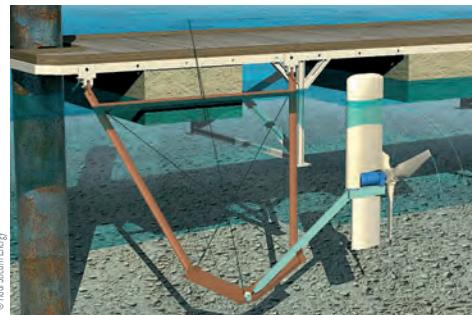


© NREL/Energ

Dibujos de prototipos ideados por la empresa Tidal Stream Energy (Reino Unido), que desde hace un par de décadas trabaja en el desarrollo de ingenios para aprovechar la energía del mar.



© Tidal Stream Energy



© Tidal Stream Energy

TECNOLOGÍAS DE APROVECHAMIENTO

Son muchas las tecnologías de aprovechamiento de las fuentes de energía marina, si bien prácticamente todas se hallan en fase experimental. Estas son las más desarrolladas:

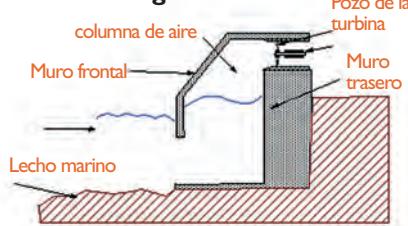
■ Central mareomotriz (recurso aprovechado: marea; ubicación: bahía). Hay muy pocas instalaciones de estas características en el mundo. El planteamiento es siempre el mismo: el promotor elige un estuario o bahía con la boca estrecha, levanta allí un dique y crea un depósito estanco. Este abrirá sus compuertas y se

llenará durante la marea ascendente; cerrará compuertas a continuación, mientras baja la marea, y una vez haya bajado toda ella soltará el agua, que producirá la energía al pasar a través de turbinas que aprovechan el salto de agua creado por el desnivel. Algunos expertos señalan que el potencial aprovechable de esta fuente energética podría alcanzar los 15.000 megavatios. Ahora mismo no hay instalados ni 300.

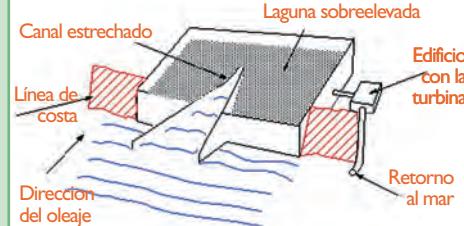
■ Columna de agua oscilante (recurso aprovechado: ola; ubicación: línea de costa). Ingenio en el que la ola penetra en una

Tecnologías de aprovechamiento

Columna de agua oscilante



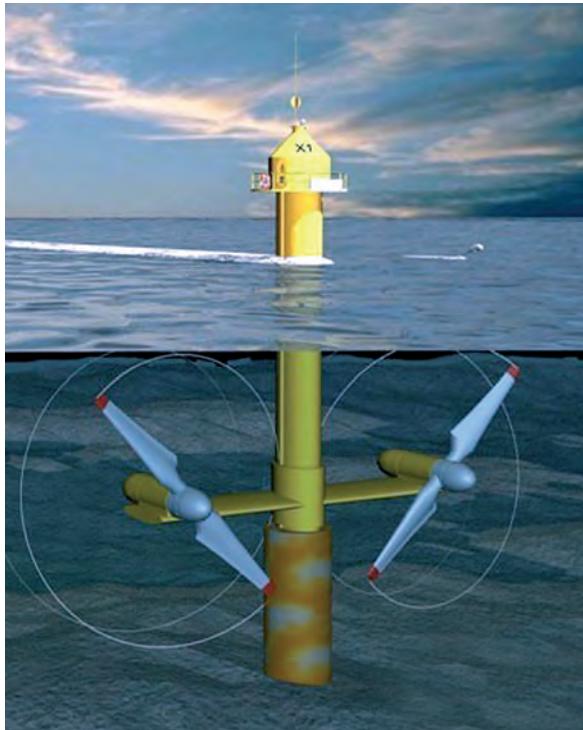
Canal estrechado



Bajo estas líneas, en la foto grande, desarrollo propuesto por Marine Current Turbines (Reino Unido) para generar electricidad a partir de la fuerza de las mareas.



©Tid Stream Energy



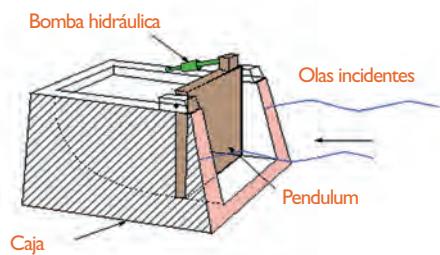
©MCT Ltd

especie de cilindro, presiona hacia arriba el aire que ese cilindro contiene y este pasa a través de una turbina acoplada a un generador eléctrico. Cuando el nivel baja se produce un vacío y la columna aspira aire del exterior (ese aire circula a través de dicha turbina y realiza el mismo efecto).

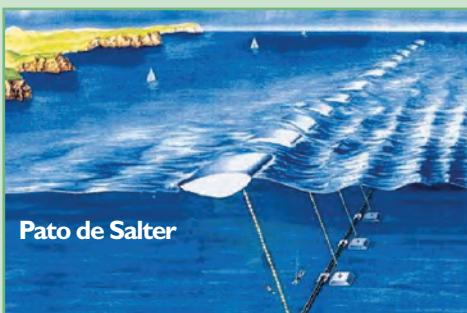
Canal estrechado (recurso: ola; ubicación: línea de costa). Las olas suben por un canal, una superficie en pendiente que se va estrechando. Ese estrechamiento produce un incremento del peso de la ola. El agua alimenta un depósito que se halla unos

Tecnologías de aprovechamiento

Pendulor



©World Energy Council



©Unesco University



©AWS BV

metros por encima del nivel del mar y pasa luego a través de la turbina. Uno de estos ingenios fue instalado en 1985 en Bergen, Noruega, donde operó hasta hace algunos años.

Pendulor (recurso: ola; ubicación: línea de costa). Consiste en una caja rectangular que se presenta abierta hacia el mar en uno de sus extremos. Una especie de puerta batiente se halla unida a una bisagra que permitirá que la puerta oscile como un columpio. El movimiento es el que genera la energía. Un pendulor experimental de 5 kilowatios opera en Hokkaido desde 1983. Sobre la base de los resultados de este esquema, un nuevo pendulor fue diseñado e instalado en 1994 y continúa en fase experimental.

Pato de Salter (recurso: ola; ubicación: mar adentro). Este ingenio flotante presenta una zona de mayor diámetro que permanece dentro del agua y opera como pivote frente al embate de las olas. En el pivote se ubica un grupo de bombas que impulsan el agua a máquinas hidráulicas que están unidas a generadores eléctricos. Este

La empresa holandesa Archimedes Wave Swing trabaja en el desarrollo de plantas que aprovechan las olas como fuente de energía. En la actualidad, está instalando una planta piloto en aguas de Oporto (Portugal).

diseño implica el uso de un grupo de estos patos que se articulan por medio de una espina dorsal (eje fijo).

Balsa de Cockerell (recurso: ola; ubicación: mar adentro). Se trata de un artificio compuesto por tres flotadores entre los cuales se instalan dos bombas de pistón que, al vaivén de las olas, producen la energía. En 1974 Cockerel creó la sociedad Wave Power Limited, e instaló un prototipo cerca de la isla de Wight, al sur de Inglaterra: una balsa de 50 por 100 metros que entregaba una potencia de 2 megavatios y atendía un frente de ola de cien metros.

Molino marino (recurso: corrientes; ubicación: en el lecho, mar adentro). Según algunos estudios, un molino expuesto a una corriente de entre 3,6 y 4,9 nudos y con una turbina mareomotriz de 15 metros de diámetro puede generar tanta energía como un molino eólico de 60 metros de diámetro. Las localizaciones ideales para estas instalaciones se hallarían próximas a la costa y a una profundidad de entre 20 y 30 metros. La UE ha identificado 106 emplazamientos en Europa como apropiados para estas instalaciones.

Plataforma marina de conversión de calor en electricidad (recurso: gradiente térmico; ubicación: mar adentro). El primer prototipo fue construido en 1925 pero es a partir de los setenta cuando se acelera la carrera tecnológica por transformar el gradiente térmico en energía eléctrica. No es de extrañar el interés. Según Naciones Unidas, cada día, el océano absorbe tanto calor del sol como energía hay contenida en 250 mil millones de barriles de petróleo. Grossos modo, se trataría de generar electricidad mediante procesos de evaporación y condensación que atienden a las diferentes temperaturas del agua marina.

Pie superior: Desde hace algún tiempo, varias empresas españolas han puesto también sus miras en ese inmenso yacimiento de energía que es el mar.

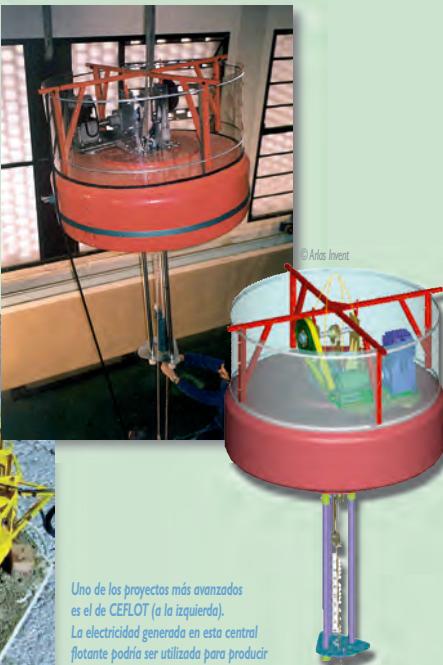
Tres proyectos españoles

Al margen de las instalaciones que ya están operativas o en trámite de construcción, como la de Mutriku (Guipúzcoa) o la de Santoña (Cantabria), investigadores españoles han presentado en los últimos años interesantes prototipos. Son estos:

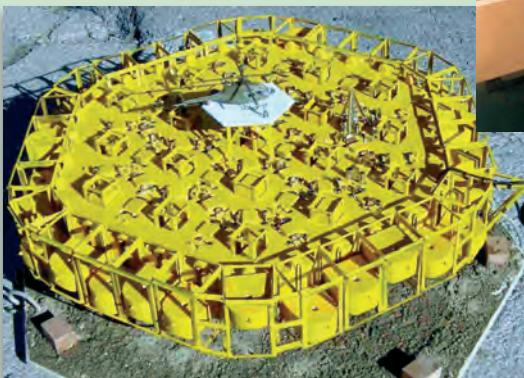
- **Ceflot.** Es el acrónimo elegido para la Central Eléctrica Flotante, una plataforma ideada por un equipo de ingenieros catalanes que tendría 90 metros de diámetro y estaría ubicada mar adentro. Anclada al fondo, Ceflot estaría equipada con flotadores que se moverían con el vaivén de las olas. Ese movimiento sería aprovechado por generadores para producir electricidad. Lo novedoso del proyecto es que emplearía esa electricidad para producir *in situ* hidrógeno. El prototipo ha sido Medalla de Plata en el último Salón Internacional de Inventos de Ginebra.
- **La boyá de Arlas Invest** es otra novedosa propuesta. Este ingenio también se sirve de la fuerza de flotabilidad y desplazamiento de una boyá para aprovechar las olas. En este caso, sin embargo, estamos hablando de un aparato de seis metros cuadrados. El funcionamiento sería como sigue: el mismo cable que fija la boyá en el fondo

marino se enrolla y desenrolla en el mecanismo instalado en la boyá (mecanismo de 2 metros de longitud) y transmite el movimiento a un generador. El efecto sería similar al de un yo-yo.

- **El tercero de los proyectos** acaba de ser presentado en sociedad. Se trata de una “central mareomotriz de generación continua” que ha sido ideada por el ingeniero Emilio Santamarínas. La central se diferencia de todas sus antecesoras en que dispone de un “depósito intermedio” que posibilitaría que la generación eléctrica fuese, en efecto, continua, evitando de ese modo las interrupciones de producción entre marea y marea.



Uno de los proyectos más avanzados es el de CEFLOT (a la izquierda). La electricidad generada en esta central flotante podría ser utilizada para producir hidrógeno *in situ*.



En el mundo hay todavía pocas plantas que operen a partir de la energía del mar. Este recurso está todavía en plena fase de I+D, si bien su futuro se presenta muy prometedor. Bajo estas líneas, central de Annapolis, en Canadá.



© Nova Scotia Department of Tourism



© MGT

¿DÓNDE ESTÁN LAS INSTALACIONES CLAVE?

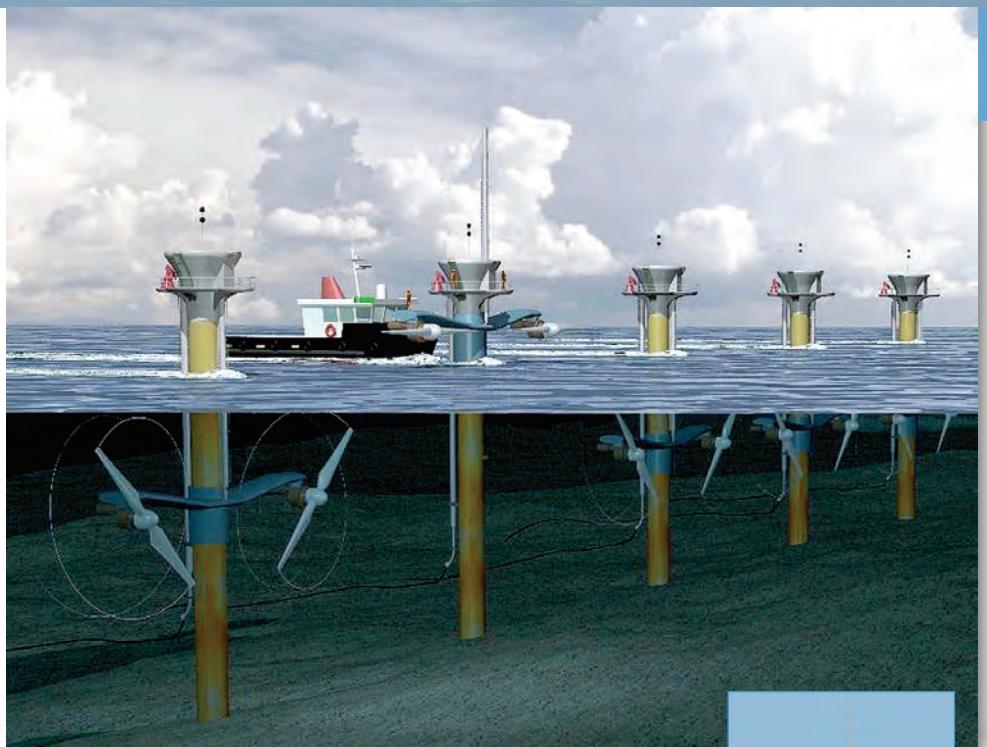
- **Central mareomotriz de La Rance**, en Bretaña (Francia). Comenzó a funcionar en 1967. Tiene un dique de 750 metros y una potencia instalada de 240 MW. Genera 600 millones de KW por hora cada año y abastece de electricidad a 250.000 viviendas.

Central mareomotriz de Annapolis.
Sita en la bahía de Fundy (Canadá), comenzó a funcionar en 1984, tiene una potencia de 20 MW, aprovecha las mareas más altas del mundo, entre 16 y 17 metros, está conectada a la red y puede abastecer 4.000 hogares.

Kislaya Guba (Rusia) y Jiangxia (China). Son las otras dos centrales mareomotrices clave. La primera comenzó a funcionar en 1968, se halla en el mar de Barents y es la más pequeña de las cuatro (4 kW). La planta de Jiangxia es posterior (1980) y tiene una potencia de 3,2 MW. En China hay algunas otras instalaciones de menor rango

■ **Islay** (Escocia). Ha experimentado durante más de diez años con una columna de agua oscilante (CAO) de 75 kW. Desde 2000 dispone de una CAO de 500 kW conectada a red y capaz de abastecer 400 hogares. Otra CAO de 500 kW se halla desde 2001 en la isla Pico, en Azores (Portugal). Ambas se hallan junto a la costa.

- **Seaflow.** Es un molino marino que aprovecha las corrientes. Ha sido desarrollado por MCT y se halla enclavado a tres kilómetros de la costa de Lynmouth, en el Reino Unido. Es el más potente del mundo (300 kW). Para cimentar este ingenio fue preciso ahondar quince metros en el lecho marino. Ha comenzado a operar a mediados de 2003.



DWG

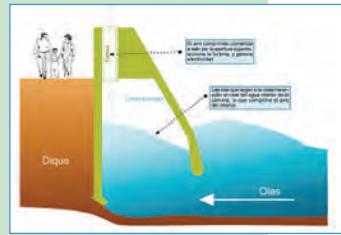
Olas en España

En el Cantábrico ya existen dos proyectos avanzados para construir dos centrales que aprovecharán la energía de las olas. El primero se ubicará a un kilómetro de la costa de Santoña (Cantabria), donde se instalará una central compuesta por 10 boyas que ocuparán una superficie de 2.000 m² y tendrán una potencia conjunta de entre 1,25 y 2 MW. Iberdrola firmó en 2004 un acuerdo con la compañía estadounidense Ocean Power Technologies (OPT) por el que, tras la experiencia piloto de Santoña, podría llegar a instalar en la costa cantábrica plantas de estas características que sumaran 100 MW de potencia. Cada boya, de seis metros de diámetro y anclada al fondo marino a una profundidad de alrededor de 30 metros, cuenta con una potencia inicial de 125 kW, ampliable a 250 kW. Esta instalación experimental, cuyo funcionamiento se basa en el aprovechamiento de la oscilación de las olas—entre 1 y 5 metros en esta zona—, podría suministrar energía eléctrica renovable a unas 1.500 familias de este municipio cántabro.



© OPT

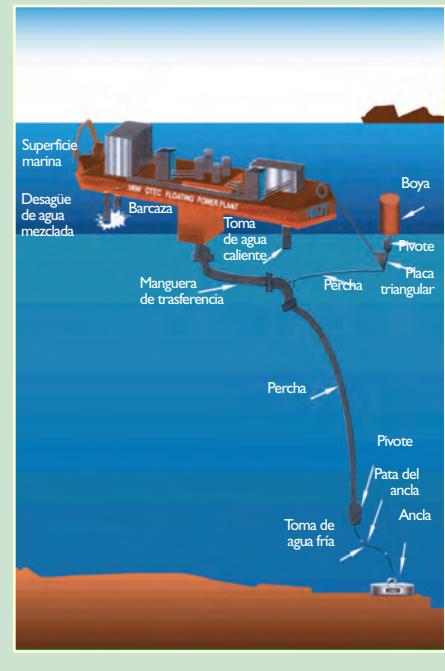
La otra central se instalará en el nuevo dique del puerto de Mutriku (Guipúzcoa), está basada en la tecnología de columna de agua oscilante y será desarrollada por la empresa escocesa Wavegen. Llevará una configuración multiturbina de 16 unidades cámara-turbina, que suman una potencia de 480 kW. Cuando las olas llegan a la costa hacen subir el nivel del agua en el interior de la cámara, lo que comprime el aire, que sale a presión por una turbina situada en la parte superior; con lo que se genera electricidad. Al retirarse la ola se produce un vacío y el aire es succionado a través del mismo orificio superior, lo que vuelve a accionar la turbina.



© OPT

Uno de los principales retos de esta tecnología es minimizar el impacto ecológico que puede suponer la construcción de las centrales en un medio tan sensible a cualquier afección como es el marino.

Plataforma flotante
Sagar Shakti, India. Imw



Sagar shakti (en sánscrito, “el poder del océano”). En 2001, el National Institute of Ocean Technology de la India y la Universidad de Saga (Japón) pusieron en marcha una planta de conversión de energía térmica oceánica a 40 kilómetros de la costa de Tamilnadu (India). Se trata de una plataforma flotante que trabaja con agua que recoge a 1.000 metros de profundidad. Es la más potente del mundo en su género (rinde 1 MW). En Hawaii, Japón y Nauru hay instalaciones de carácter experimental.

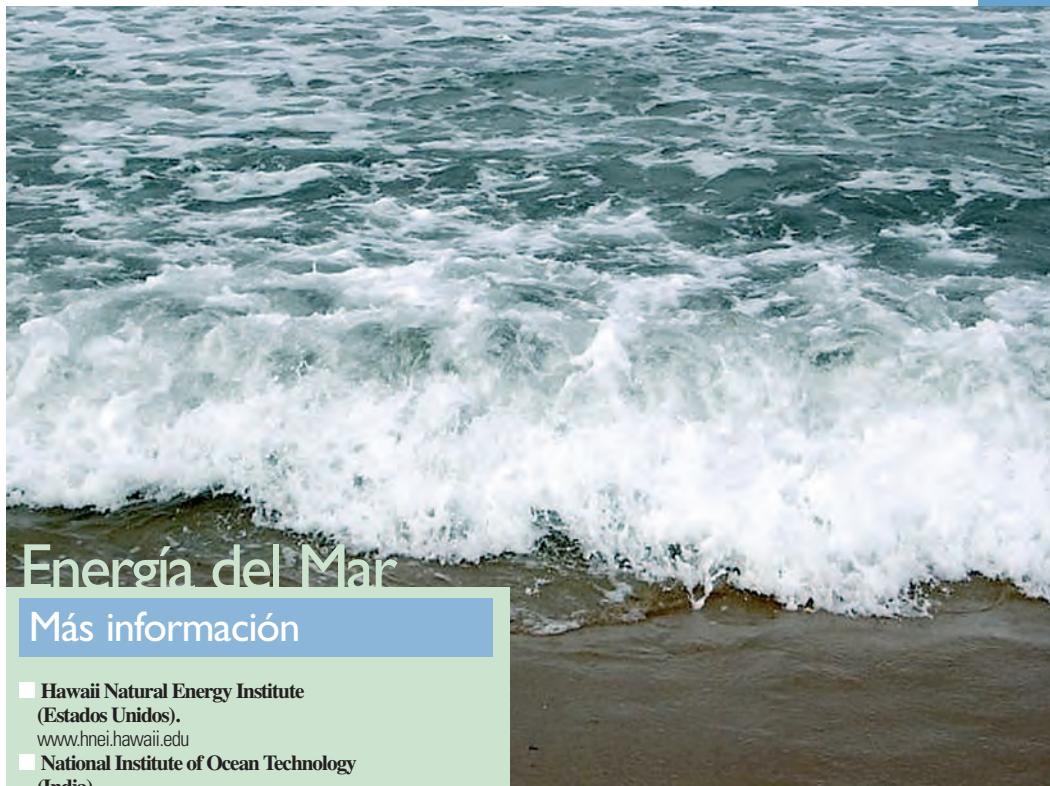
PROBLEMAS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES

Hasta el momento, el aprovechamiento de las grandes reservas energéticas que suponen los océanos ha venido frenado por la falta de desarrollo tecnológico y por el alto coste que supone la implantación de estos sistemas. Pese a todo, los expertos confían en que los problemas técnicos y económicos se superen en los próximos años. Pero hay otro problema: el impacto ecológico que puede suponer la construcción de las centrales. Por un lado, visual y estructural sobre el paisaje, dada la magnitud de las estructuras que precisan estas plantas; por otro, el daño que pueden causar en la flora y la fauna de las áreas costeras o de los estuarios en los que se levanta la central, y que podrían afectar, sobre todo, a las aves migratorias y los peces.

En consecuencia, el aprovechamiento del agua de los mares como recurso energético natural implica tener en cuenta esos impactos y tomar las medidas adecuadas para minimizarlos.

TENDENCIAS DE FUTURO

Casi todas las tecnologías de aprovechamiento de las energías marinas están dando ahora sus primeros pasos firmes. En Europa, en lo que se refiere a las olas, la columna de agua oscilante es la tecnología más atendida por las autoridades públicas. La iniciativa privada está promoviendo por su cuenta nuevas ingenierías de boyas y plataformas flotantes en todo el mundo (véanse los ejemplos españoles). Entre tanto, japoneses y norteamericanos prestan más atención a la energía mareotérmica, y algunas empresas empiezan a apostar por un aprovechamiento hasta hace poco tiempo casi inédito: el de las corrientes marinas. A su favor cuentan con una ventaja: la eólica y sus molinos están ya muy maduros. Contra el problema de la evacuación de la energía (cuanto más lejos están las boyas, molinos o centrales flotantes más se encarece y dificulta el proyecto), empieza abrirse paso una idea: la producción de hidrógeno in situ.



Energía del Mar

Más información

- **Hawaii Natural Energy Institute**
(Estados Unidos).
www.hnei.hawaii.edu
- **National Institute of Ocean Technology**
(India).
www.niot.res.in
- **Institute of Ocean Energy, Saga University** (Japón).
www.ios.saga-u.ac.jp
- **Norwegian University of Science and Technology** (Noruega).
www.ntnu.no
- **Archimedes Wave Swing** (Holanda).
www.waveswing.com
- **The wave power group** (Reino Unido).
www.mech.ed.ac.uk/research/wavepower/index.htm
- **Central de La Rance** (Francia).
www.edf.fr/html/en/dcouvertes/voyage/index.html
- **Wavegen** (Reino Unido).
www.wavegen.co.uk
- **Ente Vasco de la Energía**
www.eve.es
- **European Wave Energy Research Network** (UE).
www.ucc.ie/ucc/research/hmrc/ewern.htm

Créditos

“Energías Renovables para todos”
es una colección elaborada por
Haya Comunicación, editora de la revista
“Energías Renovables”
(www.energias-renovables.com),
con el patrocinio de **Iberdrola**.

- **Dirección de la colección:**
Luis Merino / Pepa Mosquera
- **Asesoramiento:**
Iberdrola, Gonzalo Sáenz de Miera
- **Diseño y maquetación:**
Fernando de Miguel
- **Redacción de este cuaderno:**
Antonio Barrero
- **Impresión:** Sacal

Energías renovables para todos

La energía geotérmica tiene su origen en la enorme diferencia de temperaturas que existen entre el núcleo de la Tierra y la corteza, lo que origina un continuo flujo de calor hacia la superficie. Actualmente, este recurso se aprovecha tanto con fines de calefacción como para generar electricidad.

El aprovechamiento de la energía contenida en las olas, las mareas o las corrientes del mar es más incipiente, pero su futuro se presenta muy prometedor. No es para menos: el océano es el mayor colector solar del mundo. En otras palabras, el mayor almacén de energía natural a nuestro alcance.



Energy Management Agency

Intelligent Energy



Europe