

ENERGIAS DEL MAR

por:
Marisol Gallegos

INTRODUCCIÓN

Energía es la capacidad de realizar un trabajo.

Los mares y océanos cubren las tres cuartas partes de la superficie de nuestro planeta y constituyen un enorme depósito de energía siempre en movimiento.

Al actuar los océanos como captadores y acumuladores de energía, se pueden aprovechar varias formas de la misma, que van desde los gradientes térmicos y salinos hasta las corrientes marinas, a las cuáles hay que añadir el fenómeno de las mareas. Por su parte, los vientos en el mar transportan grandes cantidades de energía, mientras que algunas zonas marítimas pueden ser idóneas para la producción de biomasa.

El presente trabajo tiene por objeto estudiar las fuentes energéticas marinas siguientes:

Mareas

Gradientes térmicos

Ondas y olas

Por ser las que hasta ahora han recibido más consideración.

Estos recursos energéticos no tienen aún una aplicación comercial digna de mención (salvo casos específicos), por lo que el objetivo de este trabajo consiste en analizar cada uno según las posibilidades técnicas con las que se cuenta actualmente.

Su consideración es obligada, ya que estas fuentes energéticas renovables tienen, según los expertos, muchas expectativas de futuro.

REVISIÓN DE LITERATURA

LA ENERGÍA MAREMOTRIZ

Se entiende por marea el movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar, producido por las acciones gravitatorias del Sol y de la Luna, aunque se ve asimismo influenciado por factores terrestres. Así, a pesar de que la diferencia entre los niveles más alto y más bajo ("amplitud de la marea") en mitad del océano es de apenas 1 m, en algunos puntos del globo llega a alcanzar hasta los 15 m. Por otro lado, la variación periódica de las pleamares y bajamares ("margen de la marea") es también muy diferente según el lugar geográfico. De esta forma queda patente que las mareas constituyen un fenómeno muy complejo que, aunque parezca una de las manifestaciones más potentes de la Naturaleza, sólo está provocado por fuerzas de muy pequeña magnitud.

La utilización de la energía de las mareas, o energía maremotriz, consiste simplemente en separar un estuario del mar libre mediante un dique y aprovechar la diferencia de nivel mar-estuario.

El sistema consiste en aprisionar el agua en el momento de la alta marea y liberarla, obligándola a pasar por las turbinas durante la bajamar. Cuando la marea sube, el nivel del mar es superior al del agua del interior de la ría. Abriendo las compuertas, el agua pasa de un lado a otro del dique, y sus movimientos hacen que también se muevan las turbinas de unos generadores de corrientes situados junto a los conductos por los que circula el agua. Cuando por el contrario, la marea baja, el nivel de la mar es inferior al de la ría, porque el movimiento del agua es en sentido contrario que el anterior, pero también se aprovecha para producir electricidad.

Desde la antigüedad es conocida esta técnica, que ya fue aplicada para mover los primitivos molinos de marea egipcios. Su desarrollo histórico fue parecido al de los molinos hidráulicos: en el siglo XIII ya funcionaban algunas ruedas maremotrices en Inglaterra y en el siglo XVIII aparecen varias instalaciones para moler grano y especias tanto en Francia como en EE.UU.

A partir de los años 1920 se realizaron los primeros estudios en profundidad en Francia, URSS, Canadá y EE.UU., alcanzándose los primeros resultados prácticos en la construcción de centrales maremotrices en Francia (1966) y la URSS (1968). Como sucedió con otras fuentes energéticas renovables aprovechadas desde la antigüedad, el interés decreció ostensiblemente al producirse la electricidad a bajo coste en las centrales térmicas, pero a raíz de las sucesivas crisis energéticas se ha vuelto a prestar una gran atención a esta fuente de energía.

Centrales maremotrices

Una central maremotriz requiere contener el agua en un depósito artificial durante la pleamar y soltarla durante la bajamar; al igual que en las centrales hidroeléctricas, el agua pasa a través de unas turbinas para generar energía eléctrica. Ahora bien, para llevar a cabo esto, la amplitud de la marea debe ser como mínimo de 5 m, por lo que sólo hay un número limitado de lugares en todo el mundo donde las condiciones de la marea son adecuadas para su explotación. Con todo, se ha cifrado el potencial aprovechable de esta fuente energética en unos 15,000 MW.

En la Figura 1 se aprecia los lugares en los cuales se puede aprovechar la energía de las mareas.



La forma más sencilla de operar con una central maremotriz es mediante un ciclo elemental de efecto simple, que se realiza con un solo estuario, donde está situado el dique y las turbinas, fluyendo el agua en un solo sentido: del estuario al mar.

Las fases de funcionamiento de esta disposición serían:

Llenado durante la marea ascendente, pasando el agua al embalse a través de compuertas. Espera mientras baja la marea; el nivel del embalse no varía al estar las compuertas cerradas. Producción de energía mediante las turbinas, como consecuencia de la altura de caída del agua

Figura 2: Ciclo maremotriz elemental de efecto simple

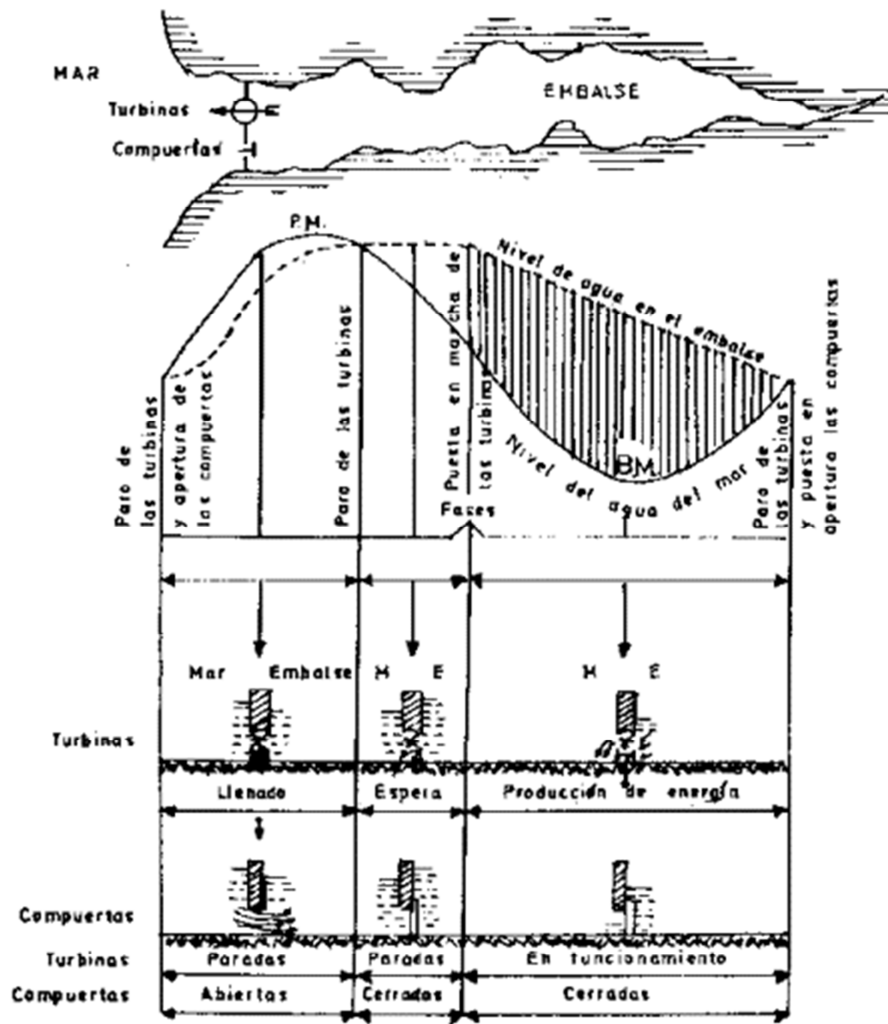
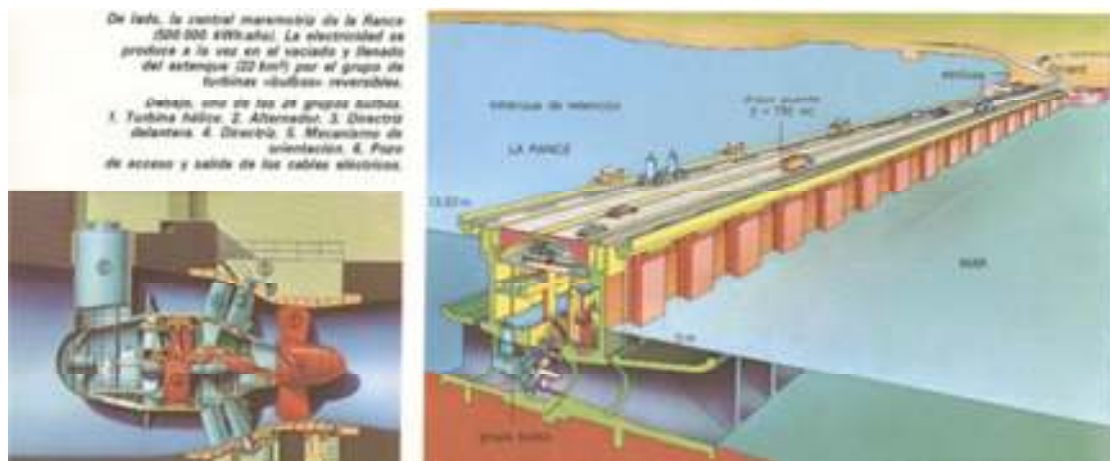


Figura 2A: Central Maremotriz La Rance



Como una disposición de este tipo proporciona energía sólo durante 3 horas, dos veces al día, se han dispuesto diversas variaciones de este esquema como medio de generar potencia de forma más continua. Así, el ciclo elemental de doble efecto consiste en un estuario y unas turbinas trabajando durante el llenado y el vaciado, el ciclo múltiple implica la utilización de varios embalses y el almacenamiento por bombeo está basado en un concepto similar al explicado para las centrales hidroeléctricas.

Por otro lado, como los saltos hidráulicos en las posibles centrales maremotrices siempre serán inferiores a los 15 m, es necesario utilizar turbinas especiales. La más aceptada y específicamente diseñada para este fin es la de bulbo axial que actualmente se está construyendo con rotores de 7,5 m de diámetro y potencias de hasta 60 MW. También es aplicable la turbina hidráulica Kaplan modificada (tipo "tubo") y algún otro diseño como el denominado de "rotor anular".
Realidades y posibilidades de la energía maremotriz

Las mareas son oscilaciones periódicas del nivel del mar. Es difícil darse cuenta de este fenómeno lejos de las costas, pero cerca de éstas se materializan, se hacen patentes por los vastos espacios que periódicamente el mar deja al descubierto y cubre de nuevo.

Este movimiento de ascenso y descenso de las aguas del mar se produce por las acciones atractivas del Sol y de la Luna. La subida de las aguas se denomina flujo, y el descenso reflujo, éste más breve en tiempo que el primero.. Los momentos de máxima elevación del flujo se denomina pleamar y el de máximo reflujo bajamar.

La amplitud de mareas no es la misma en todos los lugares; nula en algunos mares interiores, como en el Mar Negro, entre Rusia y Turquía; de escaso valor en el Mediterráneo, en el que solo alcanza entre 20 y 40 centímetros, es igual débil en el océano Pacífico. Por el contrario, alcanza valor notable en determinadas zonas del océano Atlántico, en el cual se registran las mareas mayores. Así en la costa meridional Atlántica de la República Argentina, en la provincia de Santa Cruz, alcanza la amplitud de 11 metros, de tal modo que en Puerto Gallegos los buques quedan en seco durante la baja marea.

En las bahías de Fundy y Frobisher, en Canadá (13.6 metros), y en algunos rincones de las costas europeas de la Gran Bretaña, en el estuario del Severn (13.6 metros), y de Francia en las bahías de Mont-Saint-Michel (12.7 metros) y el estuario de Rance (13 metros), la amplitud de las mareas es considerable

Belidor, profesor en la escuela de Artillería de La Fère (Francia), fue el primero que estudió el problema del aprovechamiento de la energía cinética de las mareas, y previó un sistema que permitía un funcionamiento continuo de dicha energía, empleando para ello dos cuencas o receptáculos conjugados.

La utilización de las mareas como fuente de energía montaba varios siglos. Los ribereños de los ríos costeros ya habían observado corrientes que hacían girar las ruedas de sus molinos, que eran construidos a lo largo de las orillas de algunos ríos del oeste de Francia y otros países en los cuales las mareas vivas son de cierta intensidad. Aún pueden verse algunos de estos molinos en las costas normandas y bretonas francesas. Los progresos de la técnica provocaron el abandono de máquinas tan sencillas de rendimiento, hoy escaso.

Las ideas de Belidor fueron recogidas por otros ingenieros franceses que proyectaron una mareomotriz en el estuario de Avranches, al norte y a 25 Km. De Brest basándose en construir un fuerte dique que cerrase el estuario y utilizar la energía de caída de la marea media, calculando las turbinas para aprovechar una caída comprendida entre 0,5 y 5,6 metros. Los estudios para este proyecto estaban listos a fines de 1923, pero el proyecto fue abandonado.

Otros proyectos se estudiaron en los Estados Unidos para aprovechar la energía de las mareas en las bahías de Fundy y otras menores que se abren en ella, en las cuales las mareas ofrecen desniveles de hasta 16,6 metros. En la Cobscook se construyó una mareomotriz de rendimiento medio, lo cual duró durante pocos años, pues su rendimiento resultaba mas caro que las centrales termoeléctricas continentales.

Las teorías expuestas por Belidor en su Tratado de Arquitectura hidráulica (1927) quedaron en el aire; pero la idea de aprovechar la enorme energía de las mareas no fue jamás abandonada del todo; solo cuando la técnica avanzo lo suficiente, surgió un grupo de ingenieros que acometió el proyecto de resolver definitivamente el problema.

La primera tentativa seria para el aprovechamiento de la energía de las mareas se realiza actualmente en Francia, precisamente en el estuario de Rance, en las costas de Bretaña. Solo abarca 2.000 ha. , pero reúne magnificas condiciones para el fin que se busca; el nivel entre las mareas alta y baja alcanza un máximo de 13,5 metros, una de las mayores del mundo. El volumen de agua que entrara en la instalación por segundo se calcula que en 20.000 m3. ,

cantidad muy superior a la que arroja al mar por segundo el Rin. Su coste será de miles de millones de francos; pero se calcula que rendirá anualmente más de 800 millones de kv/h. Un poderoso dique artificial que cierra la entrada del estuario; una esclusa mantiene la comunicación de éste con el mar y asegura la navegación en su interior.

Todos los elementos de la estación mareomotriz - generadores eléctricos, máquinas auxiliares, las turbinas, los talleres de reparación, salas y habitaciones para el personal director y obreros-, todo está contenido, encerrado entre los muros del poderoso dique que cierra la entrada del estuario. Una ancha pista de cemento que corre a lo largo de todo él.

Los grandes esquemas maremotrices son técnicamente factibles pero es muy difícil valorar sus ventajas económicas. Aunque existen dos centrales actualmente operativas, la situación económica actual ha dejado reducidos todos los intentos de instalación de nuevas plantas a la situación siguiente:

Central del estuario del Rance: funciona desde 1967 con un dique de 600 m, operando con mareas de hasta 13,5 m; tiene 24 turbinas bulbo de 10 MW cada una y 6 compuertas.

Central de la bahía de Kislaya: situada en el Mar de Barents (URSS) fue puesta en servicio en 1968; su potencia es pequeña (2 grupos de 4 MW).

Proyecto del estuario del Severn: cerca de Bristol (Gran Bretaña) existen mareas de más de 16 m de amplitud, que se está pensando aprovechar desde 1977.

Proyecto de la bahía de Fundy: en la costa oriental de Norteamérica, frontera entre EE.UU. y Canadá existen amplitudes de marea de hasta 20 m; los estudios preliminares, acabados en 1969, están actualmente paralizados

Proyecto de las islas Chausey: cerca de la central del Rance, requeriría 40 km de dique, instalándose 300 grupos bulbo de 40 MW; la elevadísima inversión y el largo período de construcción (de 10 a 20 años) tienen el proyecto detenido

Otros proyectos maremotrices: en la URSS se pretende instalar 4 centrales, mientras que en otros países (Canadá, Australia, Corea, Argentina y República Popular China) tienen varios proyectos en perspectiva de diversa consideración

En resumen, la cantidad global de energía de las mareas es suficientemente elevada como para incitar a amplios programas para el desarrollo de las técnicas necesarias para la puesta a punto de grandes esquemas maremotrices. Si bien la economía de estas centrales no es muy competitiva en la actualidad con otros métodos de producción energética, la situación futura podría ser diferente.

El hecho de que el período de vida de las centrales maremotrices puede ser de más de 75 años, y que el coste de combustible es nulo, hace que no se deba tomar ninguna postura previa en contra de esta fuente de energía, intentando superar los obstáculos actualmente existentes para la total explotación del potencial mareomotriz mundial.

Es más, recientemente (enero del 2001) se ha construido en la isla escocesa de Islay, la primera central de energía mareomotriz del mundo. La empresa Wavegen, experta mundial en este tipo de energía, y la Queen's University Belfast (QUB) han desarrollado el proyecto LIMPET (Land Installed Marine Powered Energy Transformer) para producir energía eléctrica usando como fuerza motriz el empuje de las olas marinas.

La máquina construida e instalada tiene una potencia nominal de 500 kilovatios (kW), capaz de proveer de electricidad a 400 hogares. El proyecto cuenta con el apoyo de la Comisión Europea. Tras el acuerdo con la principal compañía distribuidora de electricidad en Escocia, la planta estará operativa, según fuentes de las compañías propietarias al menos, durante los próximos 15 años.

Wavegen está respaldada por Unotec Holding AG, el grupo italiano ENI y el inversor 3i, informa el Boletín Energías Renovables. Allan Thomsom, director general de Wavegen, ha asegurado que "la energía de las olas se ha unido al grupo de las energías sostenibles que ya resultan competitivas y son económicamente viables".

Con una construcción modular y un sistema de operaciones muy simple, este tipo de centrales puede aportar mucho a las necesidades energéticas de las comunidades costeras, especialmente de islas.

La empresa QUB instaló hace diez años una estación de investigación en Islay, que ahora es la que se ha convertido en el proyecto LIMPET. Philippe Schild, asesor científico de la Comisión Europea para el proyecto LIMPET, ha señalado que "esto prueba que puede extraerse energía de los océanos con fines comerciales".

El proyecto LIMPET, diseñado para trabajar desde la costa, utiliza una tecnología conocida como "columna de agua oscilante" (OWC) y turbinas Wells, que aprovechan el flujo y el refluo de las olas. Prototipos de este tipo de máquinas han sido instalados en China, India, Japón y Noruega. En la isla del Pico, en las Azores, existe una planta piloto donde se prueban varias tecnologías asociadas con la columna de agua para mejorar sus resultados. En Australia están construyendo una OWC avanzada que utiliza una turbina de nivel variable, posiblemente más eficiente que la de Well, y un muro parabólico detrás para concentrar la energía de las olas. Para los próximos cinco años existen planes avanzados para incrementar la potencia instalada y superen los 6 MW.

Ventajas y desventajas de la energía maremotriz

Ventajas

- Auto renovable.
- No contaminante.
- Silenciosa.
- Bajo costo de materia prima.
- No concentra población.
- Disponible en cualquier clima y época del año.

Desventajas

- Impacto visual y estructural sobre el paisaje costero.
- Localización puntual.
- Dependiente de la amplitud de mareas.
- Traslado de energía muy costoso.
- Efecto negativo sobre la flora y la fauna.
- Limitada.

LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

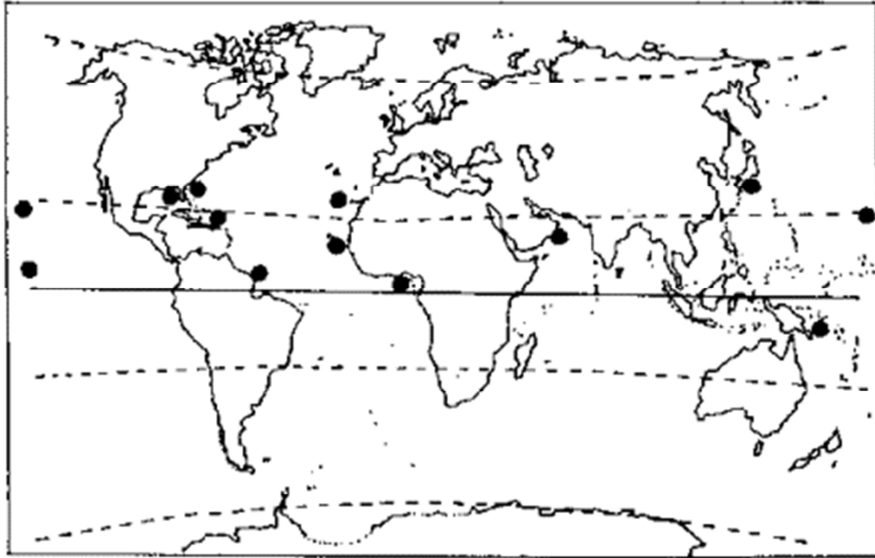
Una gran parte de la energía solar que incide sobre la Tierra es almacenada en forma de calor en la superficie del océano. En la zona situada entre los Trópicos, que representa casi un tercio de la extensión oceánica, la superficie del mar presenta una diferencia de temperatura respecto al fondo (1,000 m) superior a los 18 °C, gradiente que constituye, sin duda alguna, una enorme fuente de energía (unos 4,000 millones de MW explotables), aunque el rendimiento del proceso de aprovechamiento sea muy bajo (alrededor del 2%).

A pesar de todo ello, el generar energía aprovechando los gradientes térmicos oceánicos (energía maremotérmica) no es nuevo, y en la actualidad se están llevando a cabo numerosos proyectos, ya que los bajos rendimientos no constituyen un problema demasiado serio, en tanto que el yacimiento energético (el agua marina superficial) es de un volumen considerable y está siendo continuamente renovado por la radiación solar.

Aunque existen algunos problemas técnicos asociados al gran volumen de agua que ha de ser manipulado, el concepto de la energía maremotérmica es muy prometedor, porque su influencia sobre el medio ambiente es baja y sus posibilidades de integración en una amplia gama de operaciones industriales son bastante grandes.

Por su parte, las zonas térmicamente favorables se encuentran en las regiones ecuatoriales y subtropicales. Aunque las zonas señaladas en la Figura 3 se han establecido tanto con datos oceanográficos como económicos de cada zona, aún son necesarios estudios más detallados para la evaluación real de las posibilidades maremotérmicas de las mismas.

Figura 3: Lugares con posibilidades de aprovechamiento maremotérmico



Centrales maremotérmicas.

Una central maremotérmica es un sistema capaz de aprovechar los gradientes térmicos oceánicos para producir energía eléctrica. Se trata de una máquina térmica en la que el agua superficial actúa como fuente de calor, mientras que el agua extraída de las profundidades actúa como refrigerante. Obsérvese que no existe ninguna diferencia cualitativa entre una central maremotérmica y una central térmica convencional. Sin embargo, aquélla opera con energía de baja calidad, al funcionar con un gradiente térmico no superior a los 18 °C, frente a los cientos de grados de diferencia a que operan las centrales térmicas.

La transformación de la energía térmica en eléctrica se lleva a cabo mediante el llamado "ciclo de Rankine", en el que un líquido se evapora para luego pasar por una turbina. Este ciclo puede ser abierto o cerrado.

En el ciclo abierto (Figura 4) el fluido de operación es la misma agua cálida de la superficie del mar, mientras que en el ciclo cerrado (Figura 5) se utiliza un fluido de trabajo de bajo punto de ebullición (como el amoníaco o el propano). Los dos ciclos son igualmente utilizados ya que ambos presentan tanto ventajas como algunos inconvenientes.

Figura 4: Conversión maremotérmica en ciclo abierto

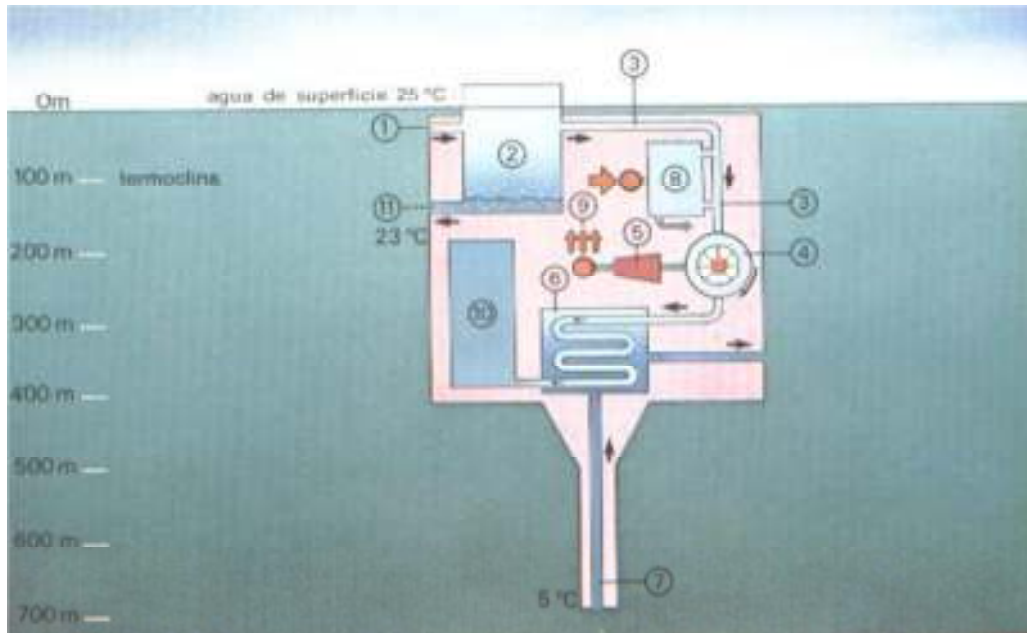
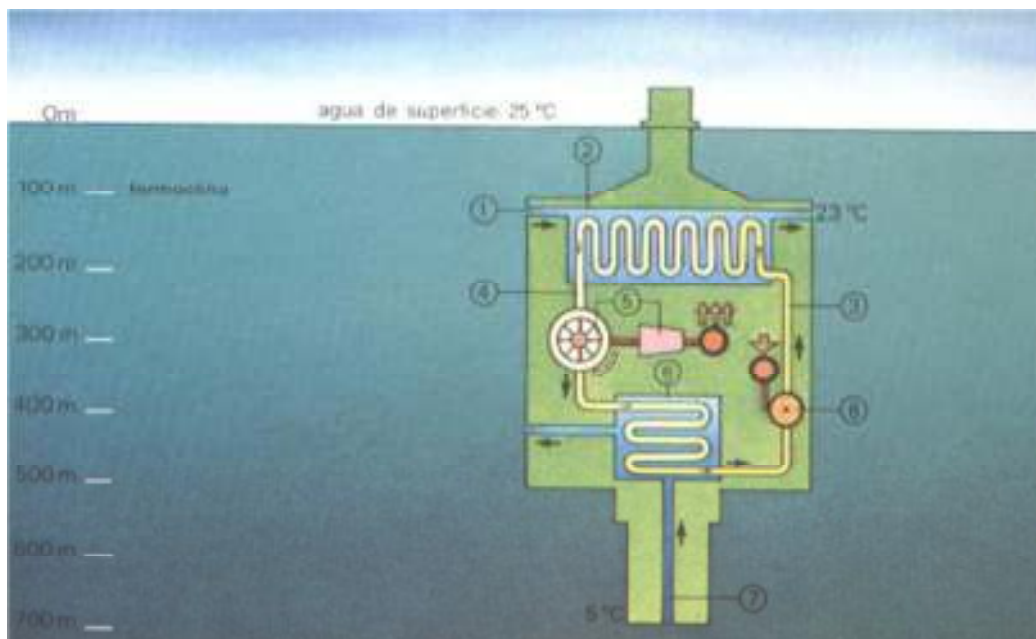


Figura 5: Conversión maremotérmica en ciclo cerrado



Así, los componentes principales de una planta maremotérmica serían los siguientes:

- Evaporador
- Turbina
- Condensador
- Tuberías y bombas
- Estructura fija o flotante
- Sistema de anclaje
- Cable submarino (si la central es flotante)

Estos elementos se utilizan ampliamente en la industria actual, pero las características específicas que deben cumplir para su uso en estas plantas obligan a poner a punto toda una tecnología, cuyo estado de desarrollo actual es diferente para los distintos componentes del sistema.

Finalmente, las plantas maremotérmicas, además de producir energía eléctrica, podrían integrarse en otras actividades, tales como:

Producción de agua potable en los sistemas de ciclo abierto.

Generación de hidrógeno aplicando la energía eléctrica producida, para facilitar el transporte a tierra de la energía.

Acuicultura, utilizando el agua de las profundidades, más rica en nutrientes, para desarrollar diferentes especies marinas.

Todos estos usos, así como cualquier utilización de la energía eléctrica generada por el sistema en procesos químicos, pueden integrarse de forma realista en plantas de aprovechamiento del gradiente térmico oceánico.

Pasado, presente y futuro de la energía maremotérmica

Aunque ya en 1881 D'Arsonval pensó en recuperar la energía existente entre dos focos con una pequeña diferencia de temperaturas, sólo fue en 1926 cuando se sugirió utilizar el agua del mar como fluido de trabajo. En 1930 Claude construyó la primera central maremotérmica en Cuba, que operó durante 11 días en ciclo abierto, hasta que fue destruida por una tempestad.

En base a estas ideas, la empresa francesa Societé Energie des Mers completó un proyecto de central maremotérmica de 7 MW netos, a instalar en Costa de Marfil. El estudio económico realizado en 1954 demostró la viabilidad del proyecto, pero éste fue abandonado por razones políticas.

A finales de los años 60 aparecieron proyectos totalmente nuevos, todos ellos de ciclo cerrado, que prefiguraron las futuras centrales maremotérmicas que dentro de un plazo de 10 a 30 años podrían funcionar en los océanos tropicales.

Si bien los problemas técnicos que hay que resolver son numerosos, los especialistas afirman que no son insuperables.

Como consecuencia de estos trabajos, en 1979 se montó una pequeña planta, que produce 15 kW eléctricos, llamada Mini-OTEC, en la costa de Hawai. Con esta experiencia se construyó la central OTEC-1, también de ciclo cerrado, que proporciona 1 MW de potencia, y está en proyecto la OTEC-2, de 40 MW, todas ellas en EE.UU.

Los programas de desarrollo de las centrales maremotérmicas se llevan a cabo en todo el mundo. En Japón funciona ya una central de 1 MW y se proyecta otra de 100 MW para principios de los años 90. Tanto Francia como Italia y Alemania están inmersos en este tipo de investigaciones, esperando conseguir resultados positivos en los próximos años.

Así, actualmente la conversión maremotérmica en ciclo cerrado es técnicamente factible por debajo de los 25 MW, mientras que el ciclo abierto es posible comercialmente en el rango de los 10 MW, con lo cual existe un amplio campo de posibilidades entre las distintas técnicas.

Sin embargo, se hace necesaria una cuidadosa planificación del programa de desarrollo para conseguir aplicaciones comerciales a media y gran escala, habiéndose concluido que los desarrollos futuros han de ser de ámbito internacional, fomentando la transferencia mutua de tecnología entre los países implicados.

Si bien es cierto que la conversión de energía térmica oceánica es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m de profundidad; en las zonas tropicales esta diferencia varía entre 20 y 24° C. Para el aprovechamiento de este tipo de energía basta un gradiente de temperatura de 20° C.

Las ventajas de esta fuente de energía se asocian a que es un salto térmico permanente y benigno desde el punto de vista medioambiental. Puede tener ventajas secundarias, tales como alimentos y agua potable, debido a que el agua fría profunda es rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

Las posibilidades de esta técnica se han potenciado debido a la transferencia de tecnología asociada a las explotaciones petrolíferas fuera de costa. El desarrollo tecnológico de instalación de

plataformas profundas, la utilización de materiales compuestos y nuevas técnicas de unión harán posible el diseño de una plataforma, pero el máximo inconveniente es el económico.

LA ENERGÍA DE LAS ONDAS Y DE LAS OLAS

Los vientos imprimen a las capas superficiales del mar movimientos ondulatorios de dos clases: las ondas y las olas.

Las primeras se pueden observar en el mar, incluso en ausencia del viento; son masas de agua que avanzan y se propagan en la superficie en forma de ondulaciones cilíndricas. Es bastante raro ver una onda marina aislada; generalmente se suceden varias y aparecen en la superficie ondulaciones paralelas y separadas por intervalos regulares. Cuando una barca sube sobre la cresta de la onda perpendicularmente a ella, la proa se eleva, y cuando desciende sobre el lomo, la proa se hunde en el agua. Es el característico cabeceo.

Los elementos de una onda son: su longitud, esto es, la distancia entre dos crestas consecutivas; la amplitud o distancia vertical entre una cresta y un valle; el período, esto es el tiempo que se separa el paso de dos crestas consecutivas por delante en un punto fijo; y la velocidad.

La energía que desarrollan las ondas es enorme y proporcional a las masas de aguas que oscilan y a la amplitud de oscilación. Esta energía se descompone en dos partes, las cuales, prácticamente, son iguales: una energía potencial, la cual provoca la deformación de la superficie del mar, y una energía cinética o de movimiento, debida al desplazamiento de las partículas; en suma, de la masa de agua.

Si la profundidad es pequeña, la energía cinética es transportada con una velocidad que depende de determinadas características de la onda. Se ha calculado que una onda de 7,50 metros de altura sobre el nivel de las aguas tranquilas y de 150 metros de longitud de onda, propagándose con una velocidad de 15 metros por segundo, desarrolla una potencia de 700 caballos de vapor por metro lineal de cresta; según esto, una onda de las mismas características que tuviese 1Km. De ancho desarrollaría la considerable potencia de 700.000 caballos de vapor. Esto explica los desastrosos efectos que producen las tempestades marinas.

Las ondas marinas se forman únicamente en puntos determinados de nuestro planeta y desde ellos se propagan radialmente. Por su importancia mencionaremos uno: el área de las islas de Azores, situadas casi frente la Estrecho de Gibraltar y a unos 1800 Km. Al Oeste de él, centro de un área ciclónica casi permanente. Las grandes ondas marinas que se forman en las islas mencionadas, recreadas por el empuje de los fuertes vientos aumentan considerablemente su altura, masa y velocidad del avance.

Ello explica los efectos que producen cuando se abaten contra las costas de Portugal, España, Francia, Inglaterra e Irlanda.

Sencilla es la técnica utilizada para captar la energía desarrolladas por las ondas marinas en sus oscilaciones verticales. Basta para ello disponer de varios flotadores provistos de un vástago que se desliza a lo largo de unas guías y cuyos movimientos verticales se transmiten mediante el vástago a generadores eléctricos. La realización práctica de este tipo de máquina es, sin embargo, muy difícil, pues, a la corta o a la larga, estas máquinas acaban por ser destruidas por el exceso de la potencia que deben captar.

El ingeniero Cattaneo de Veltri ideó un dispositivo, que instaló al pie del promontorio rocoso en el cual se asienta la ciudad de Mónaco y con el fin de proveer de agua marina al Museo Oceanográfico de dicha ciudad. Consiste en un pozo de cierto diámetro que comunica por su parte inferior con el mar. A lo largo de este pozo se mueve un pesado flotador guiado por unas barras de hierro empotradas en la pared de aquél flotador que desciende por el empuje vertical del agua del mar y conforme con las oscilaciones de la superficie de éste. Mediante palancas articuladas, el flotador transmitía su empuje a los vástagos de los émbolos de dos bombas hidráulicas aspirantes impelentes que elevaban el agua hasta el Museo Oceanográfico. Esta máquina, que funcionó una docena de años, acabó por ser destruida por las olas a pesar de su robustez y construcción sencilla. Su rendimiento era reducido y constituyó mas bien una curiosidad que un dispositivo realmente útil.

Las olas se forman en cualquier punto del mar por la acción del viento. En un día de calma, por la mañana, la superficie del mar está absolutamente tranquila. Pero cuando comienza soplar una brisa suave se forman en la superficie tranquila de las aguas pequeñas elevaciones, olas minúsculas: el mar se "riza". A medida que aumenta la velocidad del viento, las olas crecen en altura y en masa mas rápidamente que la longitud, en profundidad, de la ola. Finalmente, cuando el viento sopla con violencia, las olas alcanzan tamaño gigantesco y por el impulso de aquél corren sobre la superficie marina a gran velocidad y descargan toda su potencia sobre los obstáculos que encuentran en su camino. Los efectos de estos choques son enormes y la cantidad de energía disipada en ellos es considerable.

Los efectos de tan tremendos choques se hacen visibles en puertos y escolleras; se citan casos en que bloques artificiales de cemento de más de dos o tres toneladas de peso han sido levantados de su asiento y lanzados a varios metros de distancia.

Las olas que se producen en la superficie del mar son provocadas por los vientos, de los que recogen y almacenan energía. Al no ser constantes los vientos ni en velocidad ni en dirección, las olas producidas no son regulares y, por tanto, el bastante complicado determinar la energía que transportan.

Aunque se han realizado muchas evaluaciones de la potencia media o de la energía total disipada por las olas, los valores obtenidos en cada caso son muy diferentes, aunque se considera que, en zonas favorables, la disipación de potencia es de unos 45 kW/m.

Figura 6: Densidad de la Energía de las Olas en el Mundo



Figuras en kW/m

Fuente: Wave Energy paper. IMechE, 1991

La densidad de esta fuente de energía es pequeña, por lo que su explotación es un problema difícil. No obstante, se están desarrollando muchos sistemas de captación y transformación de la energía de las olas en energía útil, quedando patente las dificultades surgidas si se analiza la amplia gama de ideas que se han desarrollado para abordar el problema.

Figura 7: Convertidor de olas (balsa Cockerell)



Los primeros intentos de aprovechar esta fuente de energía se realizaron en 1874, cuando Henning diseñó una embarcación provista de aletas que, con el movimiento de las olas, proporcionaban un movimiento de traslación. Posteriormente se construyeron varios artefactos de este tipo y de otros, pero para empezar a considerar la utilización a gran escala de la energía de las olas hay que abandonar la historia e introducirse en el presente.

Como consecuencia de la variación de la situación energética y debido al gran empuje que los países más avanzados (Gran Bretaña, EE.UU., Japón, etc.) le han dado a las investigaciones sobre la energía de las olas mediante la asignación de gran cantidad de fondos, aparecen estudios y ensayos preliminares de diversos sistemas, basados en distintos conceptos teóricos para captar la energía que disipa un frente de olas.

Convertidores de olas

La gran variación que se produce continuamente en el movimiento de las olas revela claramente los problemas que plantea el diseño de convertidores de olas. Estos sistemas deben captar energía mecánica de forma completamente aleatoria y convertirla eficientemente en otra forma de energía útil, generalmente energía eléctrica. Los sistemas que se están desarrollando, considerados bajo el punto de vista de su comportamiento dinámico, se pueden agrupar en dos categorías:

Activos: los elementos de la estructura se mueven como respuesta a la ola y se extrae la energía utilizando el movimiento relativo que se origina entre las partes fijas y móviles.

Pasivos: la estructura se fija al fondo del mar o en la costa y se extrae la energía directamente del movimiento de las partículas de agua.

Por otro lado, se pueden aprovechar tres fenómenos básicos que se producen en las olas:

Empuje de la ola

Variación de la altura de la superficie de la ola

Variación de la presión bajo la superficie de la ola

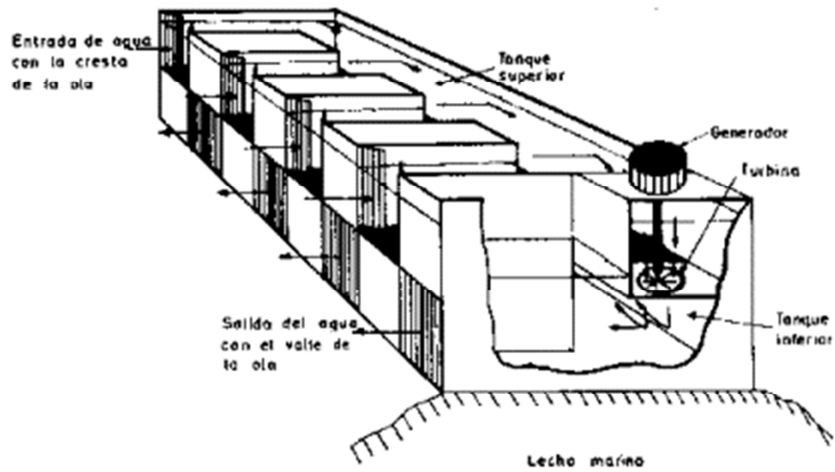
La explicación del mecanismo por que cual un dispositivo capta la energía de la ola es muy simple: al llegar las olas a la estructura, sufren una modificación, mientras que a su vez, la estructura al moverse crea olas que se superponen a las anteriores; la resultante de esta composición de movimientos contiene la energía que no se ha podido captar.

Los absorbedores que han sido considerados como posibles y, por tanto, se les está dedicando una profunda atención, se clasifican en tres grandes grupos: totalizadores, atenuadores y absorbedores puntuales.

Los totalizadores se caracterizan por estar situados perpendicularmente a la dirección de la ola incidente, es decir, paralelos al frente de la ola, siendo su pretensión el captar la energía de una sola vez. Dentro de este grupo cabe destacar:

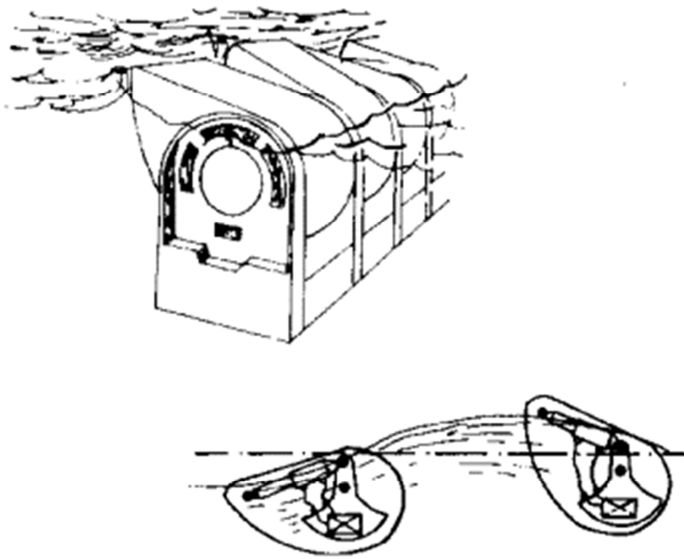
· Rectificador Russel (Figura 8): tanque de dos niveles entre los que fluye el agua a través de una turbina

Figura 8: Rectificador Russel



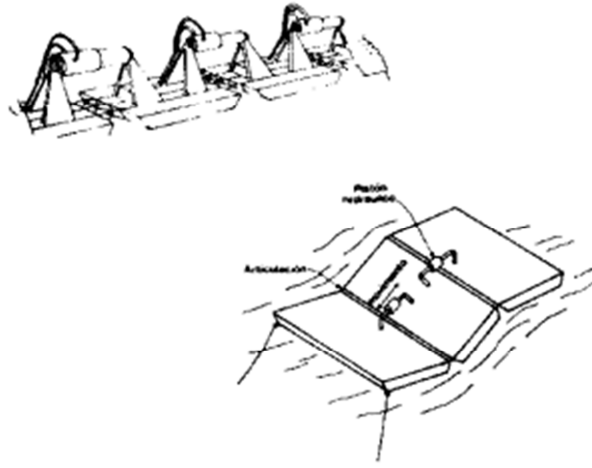
"Pato" Salter: la ola presiona sobre su parte baja obligándole a levantarse, lo que origina un movimiento de semirrotación.

Figura 9: "Pato" Salter"



Balsa Cockerell (Figura 10): tres flotadores entre los cuáles se instalan bombas de pistón que extraen la energía.

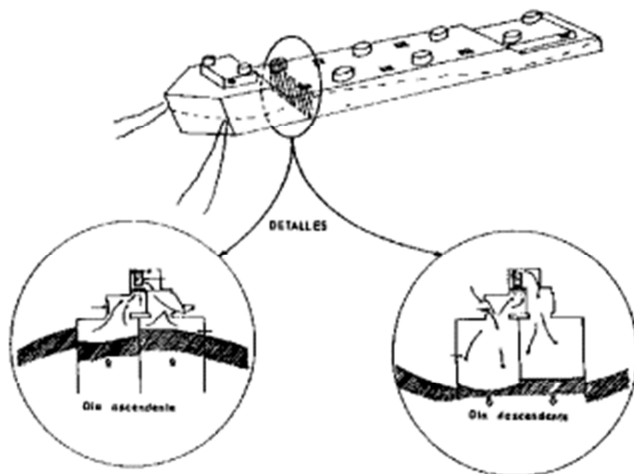
Figura 10: Balsa Cockerell



Los atenuadores están formados por largas estructuras colocadas con su eje mayor paralelo a la dirección de propagación de las olas, pretendiéndose así absorber la energía de la ola de un modo progresivo. Tienen la ventaja de poder captar la energía por dos lados, siendo los esfuerzos ejercidos sobre la estructura menores, lo que implica un anclaje más sencillo. Cabe mencionar como ejemplos característicos:

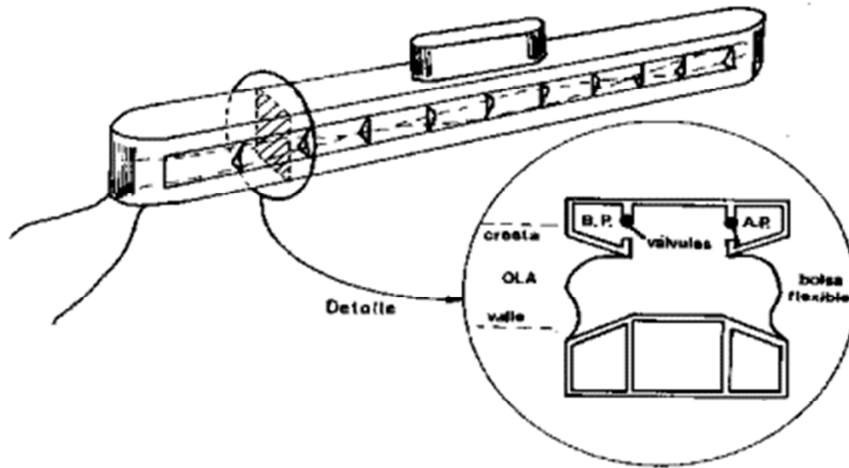
Buque Kaimei: barco equipado con columnas de agua oscilantes, que producen 2 MW

Figura 11: Buque Kaimei



Bolsa de Lancaster: estructura con bolsa flexibles llenas de aire que se hace pasar por una turbina

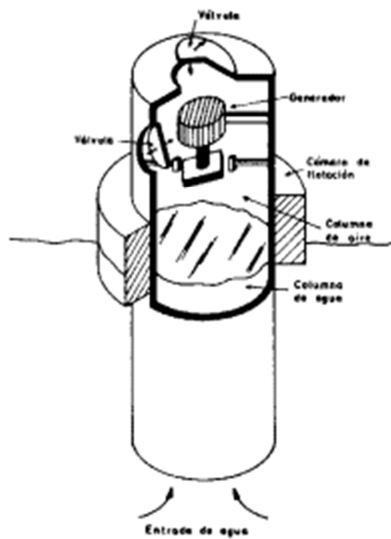
Figura 12: Bolsa de Lancaster



Los absorbedores puntuales son dispositivos capaces de captar no sólo la energía de la porción de la ola directamente incidente, sino también la de un entorno más o menos amplio. Suelen ser cuerpos de revolución, por lo que son indiferentes a la dirección de propagación de la ola. Cabe citar dentro de este grupo:

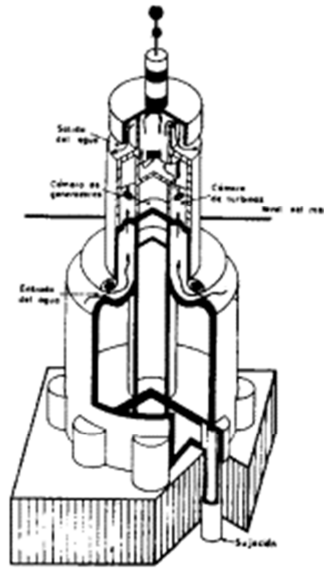
Boya Masuda: cámara flotante semi sumergida con una columna oscilante de agua.

Figura 13: Boya Masuda



Convertidor de Belfast: similar a la boya Masuda, pero mucho más avanzado.

Figura 14: Convertidor de Belfast



En resumen, no se pueden detallar aquí todos los sistemas convertidores de energía de las olas experimentales o en proyecto en la actualidad. No obstante, los que se han citado se consideran como los ejemplos más representativos.

Finalmente es necesario destacar que el valor comercial de la energía obtenida de las olas es fuertemente dependiente del coste de las fuentes energéticas a las que puede sustituir y de la flexibilidad o capacidad de almacenamiento del sistema. Por otra parte, un importante factor económico es la vida del sistema, que viene determinada por la resistencia de unos materiales sometidos a unas condiciones de trabajo muy duras.

De todas formas se está destinando mucho capital a esta fuente de energía en países como Gran Bretaña, EE.UU., Japón, Suecia, Finlandia y Holanda, y los expertos siguen recomendando a los países costeros que estudien la posibilidad de incluir proyectos de investigación en este campo, capaces de paliar de alguna forma sus necesidades energéticas locales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de combustibles fósiles, como fuentes de energía contribuyen en el calentamiento global de la tierra, por lo que es importante el uso de energías renovables como alternativas no contaminantes. El uso de energías limpias provenientes del mar, son una alternativa siempre y cuando se tomen en cuenta las siguientes apreciaciones:

Tener en cuenta factores como la influencia de los astros que producen alteraciones en el mar y la presencia de los vientos que producen el oleaje.

Considerar que la inversión de capital es alta.

El impacto visual de la infraestructura requerida para aprovechar la energía del mar es alto.

Considerar que las instalaciones para su aprovechamiento deben ejecutarse en zonas donde la afluencia de personas es mínima.

Las construcciones deben considerar materiales anticorrosivos al agua de mar, para evitar su deterioro.

Aunque Perú es un país costero por excelencia, la posibilidad de aprovechar la energía del mar en sus diferentes manifestaciones no parece demasiado prometedora.

BIBLIOGRAFÍA

Jarabo, F; Pérez, C & Sanz, M. La Energía del Mar. España.
<http://www.clavius.es/entidad/inice/Ter/trenovab.htm>

IMASD. España. <http://www.imasd-tecnologia.com/imasd/ene01/0101ma4.htm>

Scanavino, B. Argentina. <http://www.monografias.com>

WAVEGEN. Reino Unido. <<http://www.wavegen.co.uk/scools4.htm>>

Perrot Jaques, El Mar. España, Editorial Everest