

## 6. ENERGÍA DE LOS OCÉANOS.

Los océanos actúan como captadores y acumuladores de energía, que se intenta aprovechar para satisfacer nuestras necesidades energéticas. Las formas de aprovechamiento son:

- Diferencia de altura de las mareas (energía mareomotriz).
- Gradientes térmicos (energía mareomotérmica).
- Olas (energía undimotriz).

### 6.1. ENERGIA MAREOMOTRIZ.

#### 6.1.1. Mareas.

1. En la mayoría de los lugares hay dos mareas altas y dos mareas bajas por día (Al sur del mar de China sólo hay una marea al día; en Tahití las mareas no están relacionadas en absoluto con el movimiento de la Luna, sino que tiene lugar regularmente a mediodía y a medianoche “mareas solares”)
2. Las mareas altas generalmente tienen lugar cuando la luna está en el horizonte
3. Las mareas más altas son las de la luna llena y la luna nueva; las más bajas, a medio camino entre esos puntos. Las mareas altas de luna llena y nueva se llaman *mareas vivas*, las más bajas en el primer y tercer cuartos se llaman *mareas muertas*
4. El grado de las mareas (diferencia de altura) es generalmente de 1 a 3 metros, pero pueden ser mucho más altas (12 m en Francia, 15 m en Canadá) o más bajas (15 a 30 cm en el Mediterráneo) en algunos lugares.
5. La explicación de las mareas solares, las mareas diarias del sur de China, o las mareas de 15 m de la bahía de Fundy (Newfoundland) es debida a las irregularidades de los fondos oceánicos.

Las mareas dependen de:

- La atracción gravitatoria Tierra - Luna
- Fuerza centrífuga
- Atracción gravitatoria Sol -Tierra- Luna
- Profundidad de los océanos
- Irregularidades de los fondos oceánicos

#### 6.1.2. Centrales mareomotrices. Características. Funcionamiento.

La potencia aprovechable de las mareas a escala mundial es del orden de 60 a 70 millones de kW anuales, que es el equivalente energético de 2000 millones de toneladas de carbón.

La capacidad de producción real es muy limitada, pues para que sea rentable construir una central mareomotriz, es necesario que:

- La diferencia de altura de las mareas sea significativamente grande (mínimo 5 m).
- La fisonomía de la costa permita la construcción de diques.

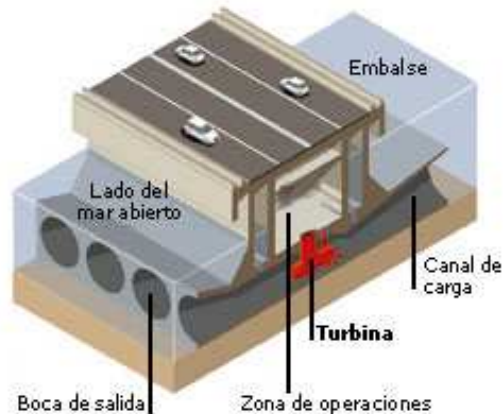
La construcción de una central mareomotriz requiere el *cerramiento de un estuario* o una *bahía* mediante un dique provisto de compuertas. En cada una de ellas se instala una turbina tipo bulbo (similares a las Kaplan) de baja presión y de palas orientables, conectada a un alternador.

Estos grupos son capaces de funcionar como generadores de electricidad y como bombas de impulsión del agua en ambos sentidos.

La secuencia de funcionamiento durante un ciclo pleamar – bajamar es la siguiente:

- ✓ Al subir la marea, el agua penetra en el embalse y acciona los grupos turbina-alternador, con los que se obtiene energía eléctrica
- ✓ Al final de la pleamar, las turbinas actúan como bombas y provocan el sobrellenado del embalse
- ✓ Cuando baja la marea, el agua regresa de nuevo al mar, vuelve a accionar los grupos turbina-alternador y de nuevo se obtiene energía eléctrica
- ✓ Al final de la bajamar, las turbinas actúan otra vez como bombas y provocan un sobrevaciado del embalse.

Los álabes de las turbinas, pueden variar su posición y dejar paso libre al agua en caso de necesidad.



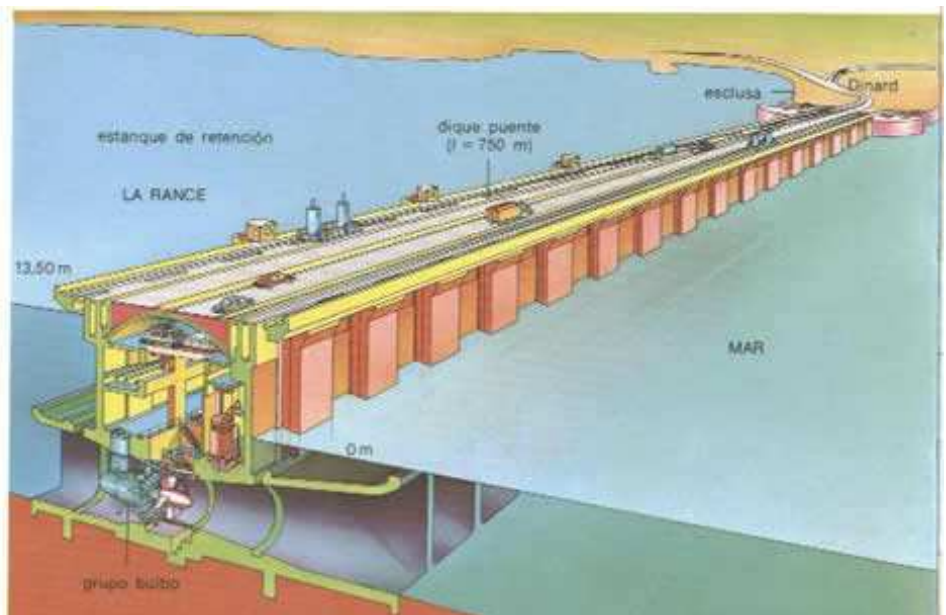
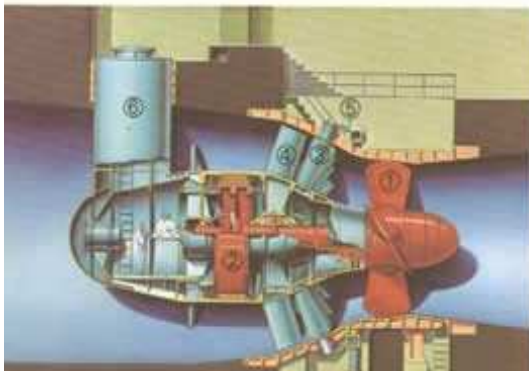
Esquema de funcionamiento de una central mareomotriz

La única central mareomotriz operativa en la actualidad es la del estuario de La Rance, en Francia, inaugurada en 1967. Otros proyectos abandonados por problemas técnicos son: Bahía de Fundy en Canadá, o Estuario del río Severn en Gran Bretaña.

En España, hay un proyecto para la costa de Santoña, en Cantabria. La planta podría atender al consumo doméstico anual de unos 2.500 hogares.

De lado, la central mareomotriz de la Rance (500 000 kWh/año). La electricidad se produce a la vez en el vaciado y llenado del estanque (22 km<sup>3</sup>) por el grupo de turbinas «bulbos» reversibles.

Debajo, uno de los 24 grupos bulbos.  
1. Turbina hélice. 2. Alternador. 3. Directriz delantera. 4. Directriz. 5. Mecanismo de orientación. 6. Pozo de acceso y salida de los cables eléctricos.



### 6.1.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Ventajas	Desventajas
Fuente de energía renovable	Impacto visual
Disponibilidad todo el año	Depende de la diferencia de amplitud de las mareas
Apto para aquellas zonas en las que no llega el suministro de manera convencional	Impacto en los ecosistemas de la zona
	Alto coste de las instalaciones.

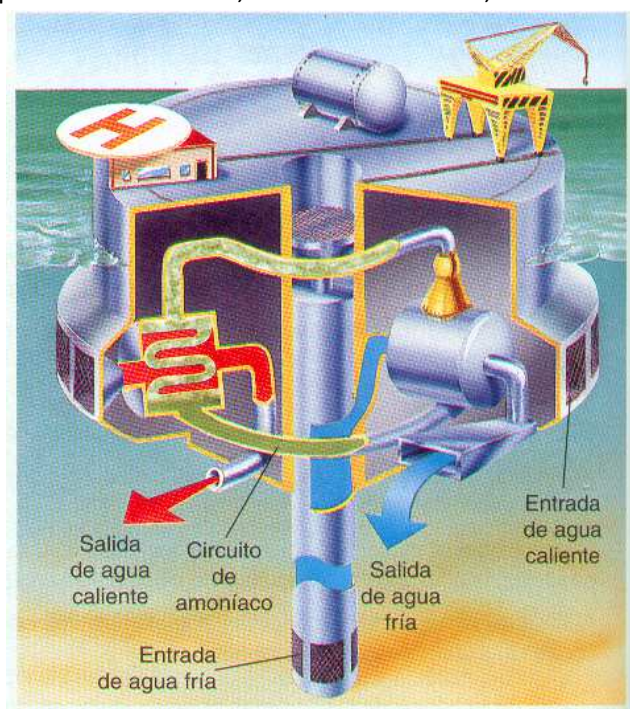
### 6.2. ENERGIA MAREMOTÉRMICA.

La absorción de energía solar por el mar, da lugar a que el agua de la superficie posea un nivel térmico superior al de las capas inferiores, pudiendo variar hasta 25°C desde la superficie (25 – 30°C) a 1000 m de profundidad (4°C), siendo esta diferencia de temperatura constante a lo largo del año.

Para aprovechar este gradiente térmico se emplean los motores térmicos, que funcionan entre dos focos de calor; el foco caliente a la temperatura del agua superficial ( $T_c$ ) y el foco frío o punto a menos temperatura ( $T_f$ ).

La transformación de la energía térmica en eléctrica, se lleva a cabo por medio del ciclo de "Rankine" (ciclo termodinámico en el que se relaciona el consumo de calor con la producción de trabajo), en el que un líquido se evapora para pasar luego a una turbina. El ciclo puede ser abierto o cerrado.

- **Abierto:** Utilizan directamente el agua del mar. El agua de la superficie se evapora a baja presión y acciona las turbinas. Posteriormente se devuelve al mar donde se licúa de nuevo.
- **Cerrado:** Se utilizan fluidos de bajo punto de ebullición, como el amoníaco, el freón o el propano. El calor de las aguas superficiales es suficiente para evaporarlos. El vapor generado se utiliza para mover las turbinas, y posteriormente es enfriado utilizando agua de las capas profundas, con lo que el ciclo vuelve a comenzar.



Los componentes principales de una planta maremotérmica, son:

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

Problemas principales:

- Escasa diferencia de temperatura
- Necesaria energía para bombear el agua de las profundidades
- Problemas de corrosión.

Usos de una planta maremotérmica:

- Producción de energía eléctrica
- Producción de agua potable en los sistemas de ciclo abierto
- Generación de hidrógeno
- Acuicultura, utilizando el agua de las profundidades, más rica en nutrientes, para desarrollar diferentes especies marinas

### 6.2.1. VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Ventajas	Desventajas
Fuente de energía renovable	Impacto visual
Disponibilidad todo el año	Depende de la diferencia de temperatura
	Impacto en los ecosistemas de la zona
	Alto coste de las instalaciones.

### 6.3. ENERGÍA DE LAS OLAS (UNDIMOTRIZ).

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 éstos constantes ni en velocidad ni en dirección, las olas producidas no son regulares, por lo que es bastante complicado determinar y aprovechar la energía que transportan. Como aproximación, una ola de 3 m de altura es capaz de suministrar entre 25 y 40 kW por metro de frente.

El aprovechamiento es difícil y complicado, y el rendimiento obtenido es muy bajo, a lo que hay que añadir el impacto ambiental que sufriría la zona.

Los captadores de olas, todos aún en fase experimental, pueden ser de dos tipos:

- **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.



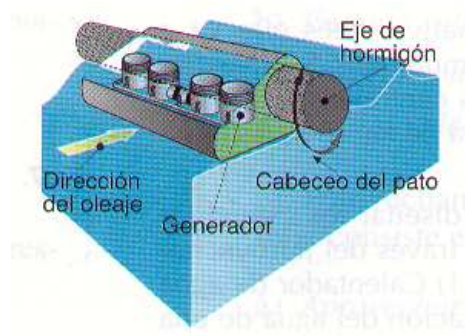
Captador pasivo

Se pueden aprovechar tres fenómenos básicos que se producen en las olas:

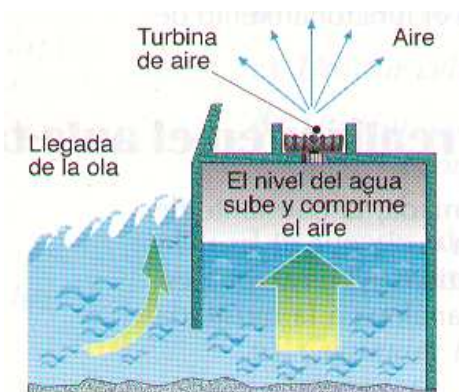
- Empuje de la ola
- Variación de la altura de la superficie de la ola
- Variación de la presión bajo la superficie de la ola.

Los absorbedores más rentables se caracterizan en tres grupos:

- **Totalizadores:** Situados perpendicularmente a la dirección de la ola incidente, es decir, paralelo al frente de ola para captar la energía de una sola vez (Rectificador Russel, Pato Salter, Balsa Cockerell)

Pato Salter  
(35%)

- **Atenuadores:** Largas estructuras con su eje mayor colocado paralelo a la dirección de propagación de las olas, para absorber la energía de un modo progresivo (Buque Kaimei, Bolsa de Lancaster)
- **Absorbedores puntuales:** Captan la energía de la porción de ola incidente y la de un entorno más o menos amplio. Suelen ser cuerpos de revolución, por lo que no importa la dirección (Boya Masuda, Convertidor de Belfast)



*Boya Masuda  
(se incorpora a boyas que generan su propia luz 70 – 120 w)*



*El movimiento del cilindro se transmite a las bombas, situadas en la base de los tubos de anclaje. Éstas succionan agua y la bombean a elevada presión a una turbina. La electricidad generada se transmite hasta la orilla por medio de cables submarinos. El cilindro de hormigón tiene una longitud de 45 m y 11 m de diámetro*

*Cilindro oscilante de Bristol*

En España aún no se aprovecha este tipo de energía de forma comercial, solamente en Cantabria y el País Vasco existen dos centrales piloto, una en Santoña y otra en Mutriku (Guipúzcoa). También existe un proyecto para instalar una planta en Granadilla (Tenerife). Se están realizando nuevas instalaciones en Galicia.

En la costa Portuguesa, se inauguró parte de una planta en septiembre de 2008, pero se cerró en marzo de 2009 por problemas técnicos y financieros.

**6.3.1. VENTAJAS E INCONVENIENTES.**

Ventajas	Desventajas
Fuente de energía renovable	Impacto visual
Disponibilidad todo el año	Depende del oleaje
	Impacto en los ecosistemas de la zona
	Alto coste de las instalaciones.
	Problemas en épocas de temporal