

Energía hidráulica

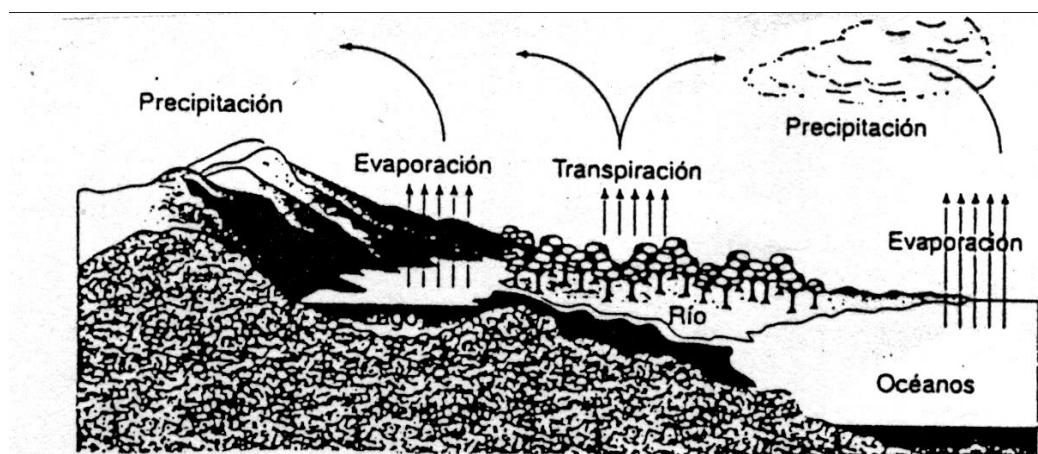
- I. Introducción.
- II. Constitución de una central hidroeléctrica
- III. Principios de funcionamiento
- IV. Clasificación
- V. Emplazamiento de sistemas hidráulicos
- VI. Impacto ambiental
- VII. Anexo. Potencia de una central hidroeléctrica



Energía hidráulica

I. Introducción

La energía del agua o energía hidráulica, es esencialmente una forma de energía solar. El Sol comienza el ciclo hidrológico evaporando el agua de lagos y océanos y calentando el aire que la transporta. El agua caerá en forma de precipitación (lluvia, nieve, etc.) sobre la tierra y la energía que posee aquella por estar a cierta altura (energía potencial) se disipa al regresar hacia lagos y océanos, situados a niveles más bajos.



Ciclo del agua

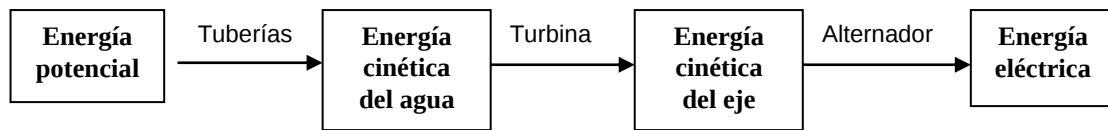
La energía hidráulica, es la energía que tiene el agua cuando se mueve a través de un cauce (energía cinética) o cuando se encuentra embalsada a cierta altura (es decir, en forma de energía potencial). En este momento toda la energía hidráulica del agua estará en forma de energía potencial. Cuando se deje caer, se transformará en energía cinética, que puede ser aprovechada para diversos fines. Se trata de una energía renovable.

Desde hace unos dos mil años, toda la energía hidráulica se transformaba en energía mecánica que, posteriormente, tenía aplicaciones específicas en norias, molinos, forjas,...

A partir del siglo XX se empleó para obtener energía eléctrica. Son las **centrales hidroeléctricas**.

Se caracteriza porque no es contaminante y puede suministrar trabajo sin producir residuos (rendimiento 80%).

Toda central hidroeléctrica transforma la energía potencial del agua acumulada en el embalse en energía eléctrica a través del alternador. Las diferentes transformaciones de energía que se producen son:



En las **tuberías**, la energía potencial del agua se convierte en cinética. En las **turbinas**, la energía cinética del agua se transforma en energía cinética de rotación del eje de las turbinas, y por último en el **alternador**, la energía cinética de rotación del eje se convierte en energía eléctrica.

II. Constitución de una central hidroeléctrica

Las partes principales de una central hidráulica son:

- Presa
- Toma de agua
- Canal de derivación
- Cámara de presión
- Tubería de presión
- Cámara de turbinas
- Canal de desagüe
- Parque de transformadores.

Presa: Es la encargada de almacenar el agua y provocar una elevación de su nivel que permita encauzarla para su utilización hidroeléctrica. También se emplea para regular el caudal de agua que circula por el río y aumentar el potencial hidráulico.



Presa de Itaipú (río Paraná, frontera entre Paraguay y Brasil)

Todo dique debe permitir el escape del exceso de agua para evitar accidentes. El excedente de agua se puede eliminar a través de un aliviadero (por debajo de la cima de la presa), mediante un pozo de desagüe (interior del embalse) o por un túnel de desagüe (bordeando el dique)



Presa de Itaipú (Fuente: ingenieriaeycomputacion.blogspot.com.es)

Canal de derivación: Es un conducto que canaliza el agua desde el embalse. Puede ser abierto (canal), como los que se construyen siguiendo la ladera de una montaña, o cerrado (tubo), por medio de túneles excavados.

Las conducciones deben ser lo más rectas y lisas posibles para reducir al mínimo las pérdidas por fricción, necesitando además un sistema para regular el caudal (compuertas o válvulas)

Tiene menos pendiente que el cauce del río. Si el salto es inferior a 15 m, el canal desemboca directamente en la cámara de turbinas.

En su origen dispone de una o varias tomas de agua protegidas por medio de rejillas metálicas para evitar que se introduzcan cuerpos extraños

Cámara de presión: Es el punto de unión del canal de derivación con la tubería de presión. En esta cámara se instala la chimenea de equilibrio. Este dispositivo consiste en un depósito de compensación cuya misión es evitar las variaciones bruscas de presión debidas a las fluctuaciones del caudal de agua provocadas por la regulación de su entrada a la cámara de turbinas. Estas variaciones bruscas son las que se conocen como golpe de ariete.

Tubería de presión: También llamada tubería forzada, se encarga de conducir el agua hasta la cámara de turbinas. Las tuberías de este tipo se construyen de diferentes materiales según la presión que han de soportar: palastro de acero, cemento-amianto y hormigón armado

Cámara de turbinas: Es la zona donde se instalan las turbinas y los alternadores. Además de las turbinas, existen otros dispositivos captadores: las ruedas hidráulicas

La turbina es una máquina compuesta esencialmente por un rodete con álabes o palas unidos a un eje central giratorio (velocidad de giro superior a 1000 r.p.m). Su misión es transformar la energía cinética del agua en energía cinética de rotación del eje. El alternador, cuyo eje es la prolongación del eje de la turbina, se encarga de transformar la energía cinética de rotación de éste en energía eléctrica.

Los elementos básicos de una turbina son:

- Canal de admisión: Conducto por donde penetra el agua
- Distribuidor: Paredes perfiladas que permiten encauzar el agua hacia el elemento móvil
- Rodete: Dispositivo portador de los álabes, perfilados para que absorban con la mayor eficacia posible la energía cinética del agua

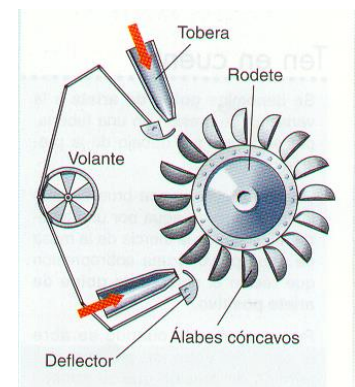
Las turbinas empleadas en las centrales hidráulicas se dividen en dos tipos:

- **Turbinas de acción**
- **Turbinas de reacción**

Las **turbinas de acción** son aquellas que aprovechan únicamente la velocidad del agua, es decir su energía cinética.

El modelo más habitual es la turbina **PELTON**, se emplea para centrales de pequeño caudal y con un gran salto de agua, y consta de un eje horizontal y un disco circular o rodete que tiene montados unos álabes o cucharas de doble cuenca a los que llega el agua impulsada por inyectores que regulan el caudal. Puede desarrollar velocidades de giro de unas 1000 rpm. Para aumentar la potencia basta aumentar el número de chorros. Tiene una eficacia de hasta el 90%.

Cada tobera lleva un deflector para regular la presión del agua sobre los álabes. En cada rodete es posible montar hasta 4 toberas. Puede utilizarse en saltos de altura superior a 200 m, pero requiere una altura mínima de 25 m.



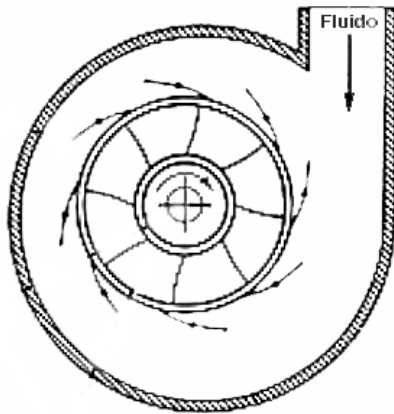
Turbina Pelton

Existen otros modelos de turbinas de acción como la **Turgo de inyección lateral** y la de **Ossberger** o **Banki-Michell de doble impulsión**.

Las **turbinas de reacción** aprovechan tanto la velocidad del agua como la presión que le resta a la corriente en el momento de contacto.

Las más utilizadas entre las de reacción son la turbina **FRANCIS** y la turbina **KAPLAN**. Estas suelen tener cuatro elementos fundamentales: carcasa o caracol, distribuidor, rodete y tubo de aspiración

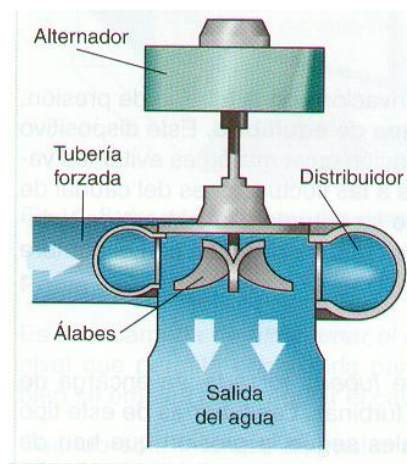
La turbina **Francis** está totalmente sumergida en agua, se utiliza en centrales con altura de salto de 15 a 400 m y es apropiada para saltos y caudales medianos. Dispone de un eje vertical y su rodete está constituido por paletas alabeteadas. El agua es conducida hasta la periferia del rodete por un distribuidor y se evacua por un canal que sale a lo largo del eje. Tiene un rendimiento del 90%



Esquema de la entrada de agua en una turbina Francis.



Rodete de una turbina Francis

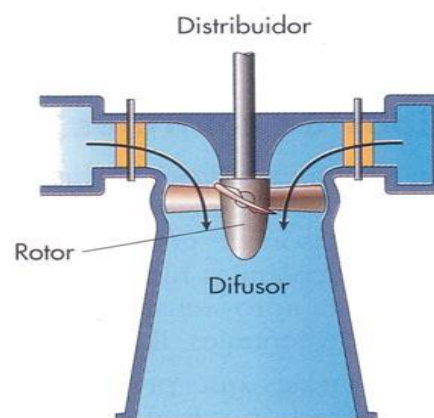


Turbina Francis

La turbina **Kaplan** se utiliza para saltos pequeños y grandes caudales, pueden tener el eje horizontal, vertical o inclinado, diferenciándose de la turbina Francis principalmente en el rodete. Su rodete está formado por una hélice de palas orientables, (generalmente 4 o 5) lo que permite mejorar su rendimiento y disminuir el tamaño del alternador. Tiene una eficiencia entre el 93 y el 95%.

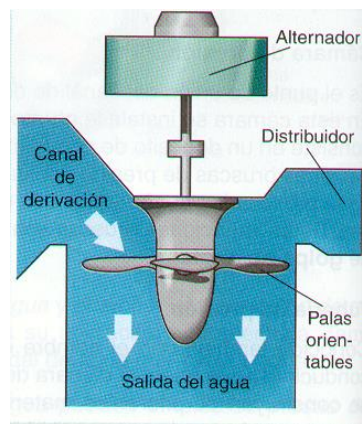


Rodete de una turbina Kaplan



Esquema de la entrada de agua

Turbina Kaplan



TURBINA PELTON ➡ TURBINAS DE ACCIÓN, NO SUMERGIDAS TOTALMENTE EN AGUA

TURBINA FRANCIS Y KAPLAN ➡ TURBINAS DE REACCIÓN, TOTALMENTE SUMERGIDAS EN AGUA

La tendencia en las turbinas hidráulicas modernas es utilizar caídas mayores y máquinas más grandes. Según el tamaño de la unidad, las turbinas Kaplan se utilizan en caídas de unos 60 m, y en el caso de las turbinas Francis de hasta 610 m.

La potencia de una central hidroeléctrica depende del caudal que pueda turbinar y del salto, es decir, de la diferencia de cotas del agua a la entrada y la salida de la central. En función de dichos parámetros (salto y caudal) se elegirá el tipo de turbina más adecuada. En los últimos años se han desarrollado turbinas con capacidades de hasta 700 MW.

Canal de desagüe: Se encarga de devolver el agua utilizada en las turbinas hasta el cauce del río. El agua sale a gran velocidad, por lo que se protege la salida y las paredes laterales con refuerzos de hormigón para evitar la erosión, que podría poner en peligro la propia presa.

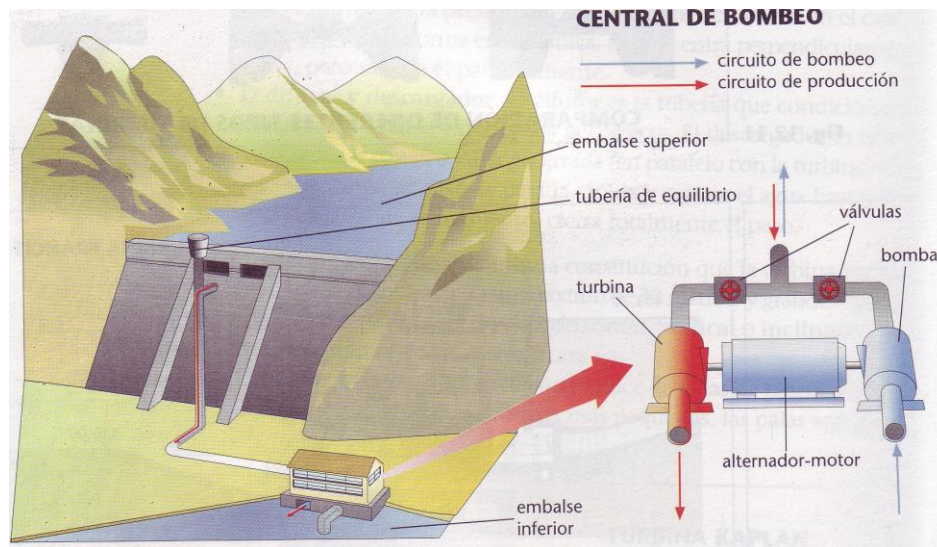
Parque de transformadores: Para evitar pérdidas de energía en el transporte a largas distancias, se hace necesario elevar la tensión a valores no inferiores a los 200 000 V. Este aumento de tensión se lleva a cabo en el parque de transformadores.

III. Principios de funcionamiento

Una presa sirve para contener el agua y formar tras de sí un embalse. El agua se libera por los desagües, que fluye por las *tuberías de conexión* (canal de derivación) hasta la sala de máquinas. A la entrada de la tubería, una serie de rejillas regulan el caudal de agua y actúan como filtro, impidiendo que lleguen a las turbinas elementos extraños. Al llegar a los grupos turbina-alternador el agua hace girar la turbina cuyo eje es solidario al del alternador, produciéndose en los terminales de éste una corriente eléctrica alterna de alta intensidad y tensión relativamente baja que, mediante transformadores se convierte en corriente de alta tensión e intensidad baja, lo más apropiado para su transporte. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas para adecuar el flujo de agua por las turbinas con respecto a la demanda de electricidad. El agua sale por los canales de descarga.

Se han diseñado turbinas que actúan como bombas cuando funcionan a la inversa, invirtiendo el generador eléctrico para que funcione como un motor. Dado que no es posible almacenar la energía eléctrica de forma económica, este tipo de bombas turbina se utiliza para bombear agua hacia los embalses, aprovechando la energía eléctrica generada por las centrales nucleares y térmicas durante las

horas de poco consumo. El agua embalsada se emplea de nuevo para generar energía eléctrica durante las horas de consumo elevado (**centrales de bombeo**).



IV. Clasificación de las centrales hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios:

- Según la forma de **aprovechar el agua**:

a) Aprovechamiento por derivación.- Por medio de una pequeña presa se desvía el agua del río hacia un canal ligeramente inclinado que la conduce hasta un depósito. Desde aquí el agua se dirige a través de una tubería hasta la sala de máquinas. Tras mover la turbina el agua se conduce de nuevo al río por medio de un canal de descarga.

b) Aprovechamiento por acumulación.- En una zona apropiada del río se construye una presa donde el agua se acumula. A mitad de altura, se encuentra la toma de agua hacia la sala de máquinas.

- Según el **caudal** del río:

a) Centrales de regulación.- El caudal es variable y es necesario acumular el agua para generar energía regularmente.

b) Centrales fluyentes.- El caudal es tan regular que se puede usar directamente o con un embalse reducido.

- Según su **potencia**:

a) Minicentrales eléctricas.- Tienen una potencia entre 250-5000 KW. y se usan para pequeños pueblos o industrias. Si se conectan a la red general se necesitan muchas para que sean rentables.

b) Grandes centrales o centrales hidroeléctricas.- Tienen potencia superior a los 5 MW y producen energía a gran escala. Las grandes tienen una potencia instalada de hasta 14GW como la de Itaipú (Paraguay-Brasil) ó 22'5 GW en la Presa de las Tres Gargantas (China).

- Por su **funcionamiento**:

a) Central sin bombeo.- Situada en el cauce de un río y con suficiente altura para generar energía.

b) Central de bombeo.- Presenta un embalse superior y otro inferior. El agua que genera corriente pasa del embalse superior al inferior pasando por la sala de máquinas, cuando hay gran demanda de

energía. Cuando la demanda de energía es baja, la energía sobrante se utiliza para bombear desde el embalse inferior al superior, y de esta forma se logra el máximo aprovechamiento del agua.

V. Emplazamiento de sistemas hidráulicos

Para evaluar el potencial extraíble, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El caudal de agua disponible, que se establece a partir de datos pluviométricos medios de largos periodos de tiempo
- El desnivel que se puede alcanzar, impuesto por el terreno

Un gran desnivel (100 – 150 m) obligará a utilizar largas canalizaciones, mientras que un pequeño desnivel (menor de 20 m), obligará a la construcción de un embalse para aumentarlo (necesario estudiar las conducciones y los diques).

Para conocer correctamente las características de determinado aprovechamiento, es necesario disponer de datos de, al menos, veinte años hidrológicos.

VI. Impacto ambiental

Ventajas	Inconvenientes
El proceso de transformación de la energía hidráulica en eléctrica es «limpio», es decir, no produce residuos ni da lugar a la emisión de gases o partículas sólidas que pudieran contaminar la atmósfera.	Los embalses de agua anegan extensas zonas de terreno, por lo general muy fértiles y en ocasiones de gran valor ecológico, en los valles de los ríos. Incluso, en algunos casos, han inundado pequeños núcleos de población, cuyos habitantes han tenido que ser trasladados a otras zonas: esto significa un trastorno considerable a nivel humano.
Las presas que se construyen para embalsar el agua permiten regular el caudal del río, evitando de esta forma inundaciones en épocas de crecida y haciendo posible el riego de las tierras bajas en los períodos de escasez de lluvias.	Las presas retienen las arenas que arrastra la corriente y que son la causa, a lo largo del tiempo, de la formación de deltas en la desembocadura de los ríos. De esta forma se altera el equilibrio, en perjuicio de los seres vivos (animales y vegetales) existentes en la zona.
El agua embalsada puede servir para el abastecimiento a ciudades durante largos períodos de tiempo.	Al interrumpirse el curso natural del río, se producen graves alteraciones en la flora y en la fauna fluvial.
Los embalses suelen ser utilizados como zonas de recreo y esparcimiento, donde se pueden practicar una gran cantidad de deportes acuáticos: pesca, remo, vela, etc.	Si aguas arriba del río existen vertidos industriales o de alcantarillado, se pueden producir acumulaciones de materia orgánica en el embalse, lo que repercutirá negativamente en la salubridad de sus aguas.
	Una posible rotura de la presa de un embalse puede dar lugar a una verdadera catástrofe (ejemplo: presa de Tous, en la provincia de Valencia).
	Gran dependencia de la energía hidráulica respecto a las precipitaciones, pues en épocas de sequía es necesario reservar parte del agua embalsada para otros usos no energéticos.

VII. Anexo. Potencia de una central hidroeléctrica

La potencia de una central hidroeléctrica depende, fundamentalmente, de dos parámetros: la altura del salto del agua y el caudal que incide sobre las turbinas.

$$P = 9,8 \cdot C \cdot h$$

$P \Rightarrow$ Potencia de la central en kW

$C \Rightarrow$ caudal del agua en m^3/s

$h \Rightarrow$ altura en m (desde la superficie del embalse hasta el punto donde está la turbina)

No toda la potencia es aprovechable, pues existen pérdidas debidas al transporte del agua y al rendimiento de turbinas y alternadores, por lo que para corregir el error se introduce un coeficiente de rendimiento estimado, η

$$P_{\text{útil}} = \eta \cdot P$$

La energía generada:

$$E = P \cdot t = 9,8 C \cdot h \cdot t$$

$E \Rightarrow$ Energía en kWh

$t \Rightarrow$ tiempo en horas

CUESTIONES

1. ¿En qué momento se comenzó a utilizar la energía hidráulica para obtener energía eléctrica?
2. Indica las transformaciones energéticas que se producen para transformar la energía hidráulica en eléctrica
3. Aspectos a tener en cuenta para instalar una central hidroeléctrica
4. Haz un esquema en el que se indiquen las partes principales de una central hidráulica
5. Diferencias entre los tres tipos de turbinas estudiados.
6. ¿Cuál es la función del parque de transformadores?
7. ¿Qué modificaciones deben hacerse a la corriente eléctrica generada para su posterior transporte?
8. ¿En qué casos es viable la construcción de una central de agua de derivación?
9. ¿Qué ventajas presenta una central de bombeo frente a una de agua embalsada?
10. Busca información sobre algún accidente producido por la rotura de una presa.

PROBLEMAS

11. Calcula en kW la potencia que genera una central hidroeléctrica a partir de un caudal medio de $10\text{ m}^3/\text{s}$ y una altura neta de salto de 30m si el coeficiente de rendimiento estimado es de del 30%. (Sol: 882 kW)
12. Calcula la potencia en kW y en CV que podría obtenerse en una central hidroeléctrica con un salto de 25 m a partir de un caudal de $15\text{ m}^3/\text{s}$, suponiendo un rendimiento del 35%. (Sol: 1286,25 kW; 1747,62 CV) (1CV = 736w)
13. Una central hidroeléctrica tiene $2,5\text{ Hm}^3$ de agua embalsada a una altura media de 120 m con relación a la turbina. ¿Cuál es la energía potencial en Kwh? (Sol: $E = 8,17 \cdot 10^5\text{ kWh}$) ($1\text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6\text{ J}$).
- a. Si el rendimiento de las instalaciones es del 65%. ¿Qué energía producirá en una hora si el agua cae con un caudal de $2\text{ m}^3/\text{s}$? (Sol: $E = 1528,8\text{ kWh}$)
- b. ¿Qué potencia tiene la central? (Sol: $P = 1528,8\text{ kW}$)
14. Calcula en kW y en CV la potencia que genera una central hidroeléctrica a partir de un caudal medio de $25\text{ m}^3/\text{s}$ y una altura neta de salto de 40m si el coeficiente de rendimiento estimado es de del 30%. (1cv = 736w)
15. Una central hidroeléctrica tiene $1,8\text{ Hm}^3$ de agua embalsada a una altura media de 100 m con relación a la turbina. ¿Cuál es la energía potencial en Kwh? ($1\text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6\text{ J}$). (Sol: $E_p = 4,9 \cdot 10^5\text{ kWh}$)
16. Si el rendimiento de las instalaciones del problema anterior es del 60%. ¿Qué energía producirá en una hora si el agua cae con un caudal de $2,5\text{ m}^3/\text{s}$? (Sol: $E = 1470\text{ kWh}$)
- a) ¿Qué potencia genera la central?

ENERGÍA DE LOS OCÉANOS

I. Introducción.

II. Energía mareomotriz

II.1. Mareas

II.2. Centrales mareomotrices. Características. Funcionamiento

II.3. Ventajas e inconvenientes

III. Energía maremotérmica

III.1. Ventajas e inconvenientes

IV. Energía de las olas (undimotriz).

IV.1. Ventajas e inconvenientes



ENERGÍA DE LOS OCÉANOS

I. Introducción.

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 maremotérmica)
- Olas (Energía undimotriz)

II. ENERGIA MAREOMOTRIZ

II.1. Mareas

1. En la mayoría de los lugares hay dos mareas altas y dos mareas bajas por día (cada 6 horas). (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

II.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

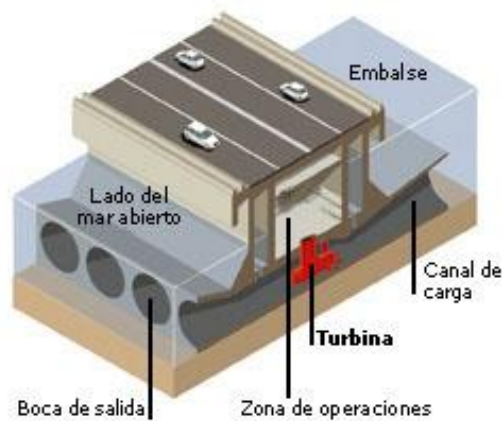
La construcción de una central mareomotriz requiere el *cerramiento de un estuario* o una *bahía* mediante un dique provisto de compuertas. En cada una de ellas se instala una turbina tipo bulbo (similares a las Kaplan) de baja presión y de palas orientables, conectada a un alternador.

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:

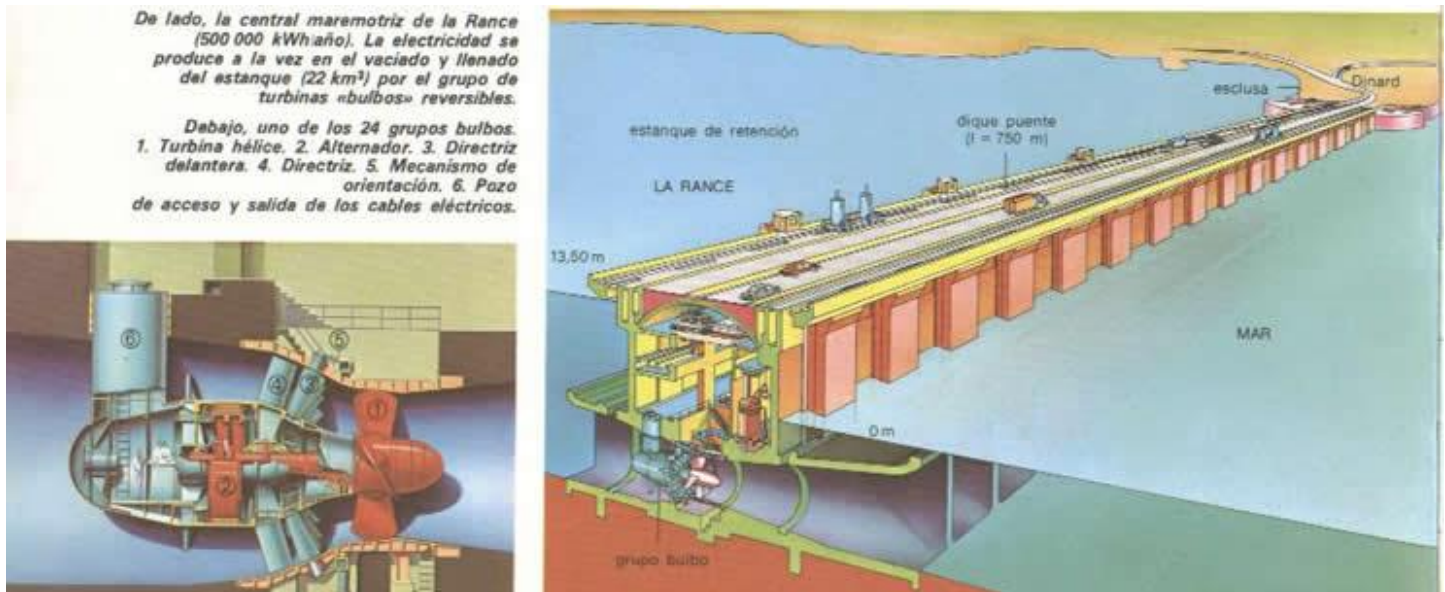
- ✓ Al subir la marea, el agua penetra en el embalse y acciona los grupos turbina-alternador, con los que se obtiene energía eléctrica
- ✓ Al final de la pleamar, las turbinas actúan como bombas y provocan el sobrellenado del embalse
- ✓ Cuando baja la marea, el agua regresa de nuevo al mar, vuelve a 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 con una potencia generada de 240MW. Otros proyectos abandonados por problemas técnicos son: Bahía de Fundy en Canadá, o Estuario del río Severn en Gran Bretaña.



II.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 (cambios de salinidad, subida de mareas, acumulación de tierras, metales pesados,...)
	Alto coste de las instalaciones.

III. ENERGIA MAREMOTÉRMICA

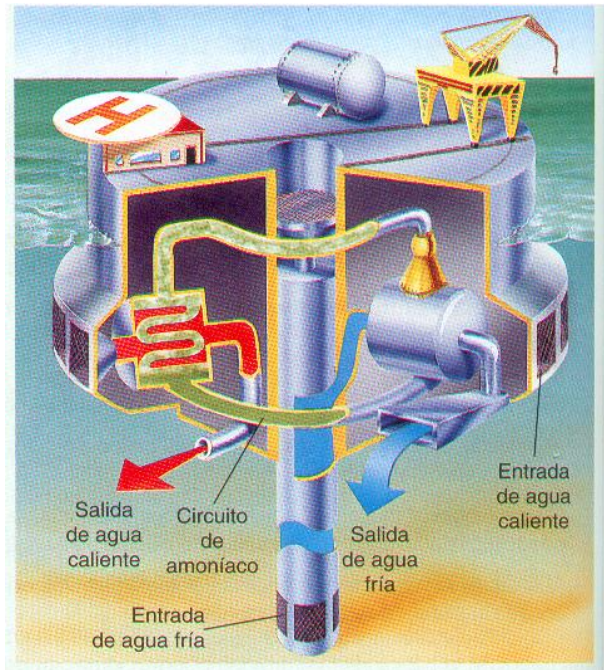
La absorción de energía solar por el mar, da lugar a que el agua de la superficie posea un nivel térmico superior al de las capas inferiores, pudiendo variar hasta 25°C desde la superficie (25 – 30°C) a 1000 m de profundidad (4°C), siendo esta diferencia de temperatura constante a lo largo del año.

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

III.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.

IV. 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.

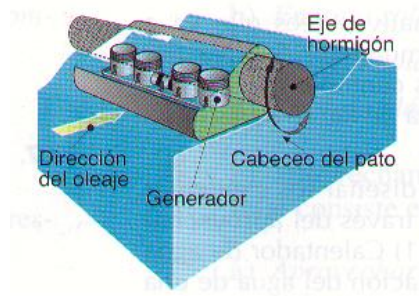


Se pueden aprovechar tres fenómenos básicos que se producen en las olas:

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

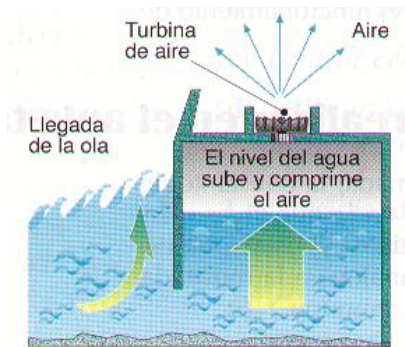
Los absorbedores más rentables se caracterizan en tres grupos:

- **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)



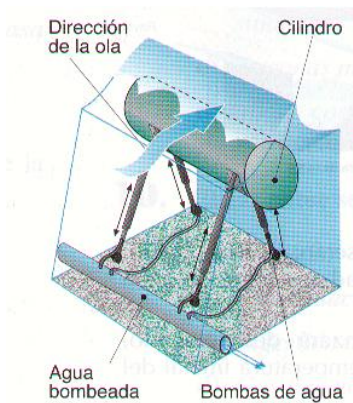
- **Atenuadores:** Largas estructuras con su eje mayor colocado paralelo a la dirección de propagación de las olas, para absorber la energía de un modo progresivo (Buque Kaimei, Bolsa de Lancaster)

- **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 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.

IV.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

CUESTIONES

1. Indica cuáles son las formas para obtener energía de los océanos.
2. La energía mareomotriz aprovecha las variaciones de la marea. ¿Qué efectos son los que dan lugar a estas variaciones? ¿Las mareas son iguales en todos los lugares del planeta?
3. ¿Qué características deben darse en una zona geográfica determinada para aprovechar la energía de las mareas?
4. En una central mareomotriz, ¿se aprovecha la pleamar o la bajamar?. Justifica tu respuesta.
5. Las turbinas que se instalan en una central mareomotriz se caracterizan por tres aspectos principales, ¿cuáles son?
6. Nombra dos lugares en los que haya instalada una central mareomotriz o al menos un proyecto de ella.
7. Para aprovechar el gradiente térmico de los océanos, deben cumplirse unas condiciones, ¿cuáles?
8. ¿Qué diferencias existen entre una central de ciclo abierto y cerrado?
9. ¿Cuáles son los problemas principales con los que se encuentra este tipo de aprovechamiento de la energía?
10. Indica cuáles son las aplicaciones principales de la energía maremotérmica.
11. Explica las diferencias entre un sistema captador de olas activo y uno pasivo.
12. ¿Qué aspectos de una ola se pueden aprovechar para obtener energía?
13. Grupos en los que se clasifican los absorbedores y pon un ejemplo de cada uno de ellos.
14. Elige un modelo de absorbedor, el que quieras, busca alguna imagen o dibújalo y explica detalladamente su funcionamiento. Indica qué dificultades y qué ventajas encuentras en su uso.
15. Haz una tabla en la que aparezcan dos ventajas y dos desventajas de cada una de las formas de aprovechar la energía de los océanos.

Energía geotérmica

- I. Introducción
- II. Yacimiento geotérmico. Tipos
- III. Explotación y utilización de yacimientos geotérmicos
- IV. Energía geotérmica en España.
- V. Ventajas e Inconvenientes



Energía geotérmica

I. Introducción

Se entiende como “geotermia” todo fenómeno que se refiere al calor almacenado en el interior de la Tierra, siendo la “energía geotérmica” la derivada de este calor (debido principalmente al vulcanismo y a la radiactividad natural de las rocas). El calor se transmite a través del subsuelo y llega a la superficie muy lentamente, por lo que la mayor parte queda almacenado en el interior de la tierra durante mucho tiempo. La temperatura del núcleo puede llegar hasta 4000°C, pero ésta varía con la profundidad, siendo el gradiente de 30°C/km (3°C/100m). Existen zonas de la tierra donde este gradiente es mucho mayor, del orden de 200°C/km, por lo que son los lugares idóneos para extraer el calor.

Generalmente las alteraciones geotérmicas de mayor magnitud presentan unas “**manifestaciones superficiales**” que indican su posible existencia, y que pueden ser:

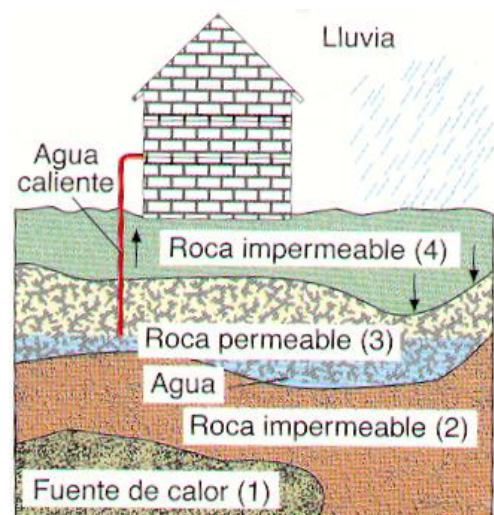
- Vulcanismo reciente
- Zonas de alteración hidrotermal
- Emanaciones gaseosas
- Fuentes termales y minerales
- Anomalías térmicas

II. Yacimiento geotérmico. Tipos

Se define como **yacimiento geotérmico** un volumen de roca con temperatura anormalmente elevada para la profundidad a que se encuentra, susceptible de ser recorrida por una corriente de agua que pueda absorber calor y transportarlo a la superficie. (Esta definición no implica que el agua se encuentre en el yacimiento a priori)

Según las características geológicas de los yacimientos, éstos pueden ser:

- **Sistemas hidrotérmicos:** Formado por una fuente de calor a profundidad relativamente pequeña (500 m – 10 km), que garantiza un elevado flujo térmico por un largo periodo de tiempo, recubierto de roca impermeable caliente que permite la transferencia de calor a la capa de roca permeable que hay por encima de ella conteniendo agua (acuífero), permitiendo la circulación de ésta cerca de la roca caliente. Sobre el acuífero se encuentra una capa de roca impermeable y algunas fallas que delimitan el yacimiento y permiten el aporte de agua a partir de las precipitaciones.



El agua adquirirá la temperatura del sistema geotérmico y se encontrará en estado líquido, en forma de vapor o como mezcla de líquido y vapor según las condiciones de P y T del yacimiento:

- ✓ Los sistemas en los que predomina el vapor se utilizan para producir energía eléctrica en turbinas de vapor, obteniéndose agua caliente como subproducto.
- ✓ Los sistemas en los que predomina el agua, a mayor o menor T, pueden presentar dificultades de uso pues contiene sales disueltas, gases corrosivos y partículas sólidas (corrosión de los álabes).

Son muy abundantes en EEUU, Italia, Japón e Islandia.

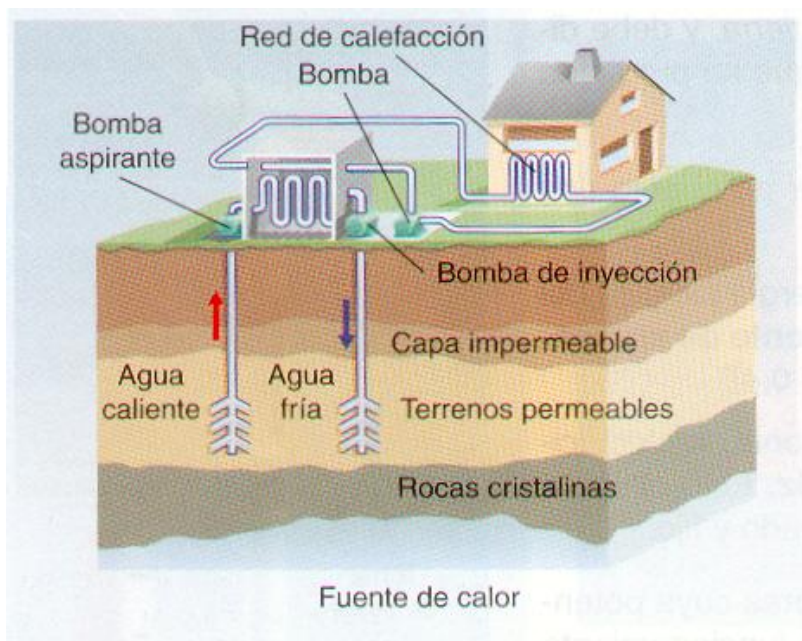
- **Sistemas geopresurizados:** Son similares a los anteriores pero se encuentran a mucha más profundidad, por lo que el líquido caloportador se encuentra sometido a grandes presiones, pudiendo alcanzar hasta 100 atm (1000 bares). En estas formaciones hay energía acumulada en tres formas: presión hidráulica, agua caliente y metano.

Se espera gran aprovechamiento en el futuro, pero actualmente no muy desarrollados.

- **Sistemas de roca seca caliente:** Formados por bolsas de rocas impermeables a muy alta temperatura (250 – 300°C) y sin fluido portador de calor (acuifero), por lo que es necesario aportar agua de forma artificial para poder extraer el calor (se hacen dos perforaciones; se introduce agua fría por una de ellas y se obtiene agua caliente por la otra. Problema, toda la roca es impermeable, con lo que el agua no pasa de un conducto a otro y si se ponen muy juntos no hay mucha transferencia de calor), además de la necesidad de crear grandes superficies de transmisión de calor fracturando la roca

Los sistemas explotados hasta ahora son los correspondientes a los **yacimientos hidrotérmicos** que, a su vez, según la temperatura del yacimiento pueden ser de:

- ❖ **Muy baja temperatura** (<30°C). El subsuelo almacena la energía del sol y, es capaz de mantener una temperatura constante a partir de unos 10m de profundidad. Este calor se puede aprovechar por medio de bombas de calor geotérmicas para calentar casas y edificios.
- ❖ **Baja temperatura** (<100°C ⇒ Uso doméstico, aplicación directa del calor por rentabilidad)

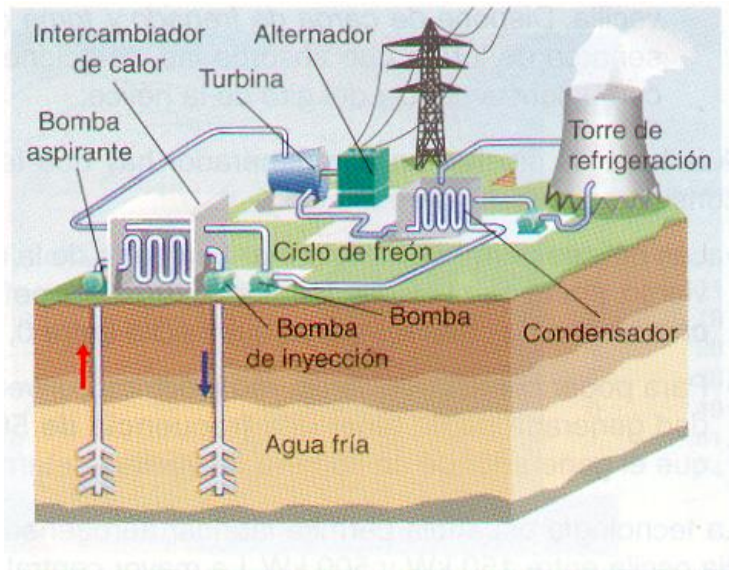


La temperatura del foco es inferior a los 100°C. Se utilizan para calefacción, invernaderos, balnearios, etc.

El agua fría a presión se introduce en las proximidades del foco de calor, donde se eleva su temperatura y luego se extrae.

El agua caliente puede utilizarse directamente o bien puede ceder el calor acumulado al fluido que circulará posteriormente por el circuito de calefacción.

❖ **Alta temperatura** (a partir de 150°C $\Rightarrow$ Producción de electricidad)



Se utilizan para la producción de electricidad.

Es necesario que existan capas de materiales permeables que permitan la circulación de los fluidos capaces de extraer el calor de la roca (1,5 – 2 km), y otras impermeables para evitar la disipación de calor

El agua inyectada se convierte en vapor sobrecalentado por efecto del foco de calor y posteriormente se extrae.

Este vapor cede su calor a un fluido, el freón, que se vaporiza.

El vapor generado mueve el grupo turbina-alternador y se genera la energía eléctrica.

Existe otro tipo de yacimientos, donde la **temperatura alcanzada varía entre $100 -150^{\circ}\text{C}$ (se pueden considerar de Media Temperatura)**, este tipo de sistemas también se utilizan para la producción de electricidad pero, en lugar de utilizar directamente el agua se utiliza un fluido intermedio

III. Explotación y utilización de yacimientos geotérmicos

Antes de proceder a la explotación de un yacimiento geotérmico es necesario conocer:

- Profundidad y espesor del acuífero
- Calidad, caudal y temperatura del fluido
- Permeabilidad y porosidad de las rocas

Una vez conocidos estos factores, la explotación se realiza mediante sondeos análogos a los petrolíferos (se realizan estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos). Sin embargo, para no agotar el agua se suele reinyectar ésta al acuífero mediante otro pozo. Asimismo, es necesario evitar la corrosión que suele producir el fluido geotérmico utilizando materiales no atacables lo que hace que, en general, este tipo de explotación precise de una inversión inicial muy elevada.

La energía geotérmica puede ser utilizada en dos campos, definidos por la temperatura que alcanza el fluido geotérmico: alta y baja temperatura. El límite práctico entre ambos no está claramente fijado, pero se puede situar entre 130 y 150°C .

Los yacimientos de alta temperatura se utilizan en la producción de energía eléctrica, cuyo coste suele ser casi la mitad que el de la electricidad producida en una central térmica convencional. Ahora bien, al ser la calidad de la energía geotérmica inferior a la de los combustibles convencionales, el rendimiento de conversión es muy pobre. Así con un fluido a 300°C enfriado hasta una temperatura ambiente de 20°C , el rendimiento real del proceso no supera el 30 %.

Por su parte, la mayor abundancia de los yacimientos de baja temperatura ha obligado a desarrollar nuevos procesos que permitan el aprovechamiento del agua caliente de los mismos, cuya temperatura no suele ser superior a los 100°C . Así los tres campos en los que la geotermia de baja temperatura puede encontrar aplicación son:

- Calefacción urbana
- Calefacción industrial
- Calefacción agrícola

Los principales obstáculos que se oponen a la geotermia de baja temperatura son básicamente:

- Grandes inversiones iniciales
- Bajo rendimiento
- Imposibilidad de transporte

IV. Energía geotérmica en España.

Tiene muy poco desarrollo y representa el 0'1% de la producción de energía renovable. Se usa en balnearios, invernaderos, para agua caliente, etc. Las zonas de mayor potencial son Cataluña, Andalucía, Madrid, Burgos y Canarias. En Lanzarote, a 3 m de profundidad se ha encontrado una temperatura de 485 °C, pero la tecnología actual no permite un aprovechamiento adecuado (relación coste-beneficio). La tendencia es hacia proyectos de baja temperatura de forma general.

V. Ventajas e Inconvenientes

Ventajas	Inconvenientes
Fuente renovable	Las zonas de aprovechamiento presentan una gran actividad geológica, tanto sísmica como volcánica, lo que encarece las instalaciones, que deben ser seguras.
Reduce el consumo de combustibles fósiles	impacto visual, alterando el ecosistema
Su suministro es regular, lo que permite efectuar previsiones de abastecimiento	Niveles de ruido (perforaciones y sistemas operativos de funcionamiento de la planta)
	Contaminación del aire (emisión de vapor geotérmico y gases no condensados)
	Uso y contaminación de las aguas del entorno (el agua que se extrae contiene sustancias nocivas)

CUESTIONES

1. Indica qué es la energía geotérmica y qué condiciones deben darse para que se pueda aprovechar.
2. ¿Cuál es el gradiente de temperatura "normal" cuando vamos hacia el interior de la tierra
3. Nombra tres manifestaciones superficiales que indiquen la posible existencia de un yacimiento geotérmico
4. Explica qué es un yacimiento geotérmico y nombra tres lugares en los que existan esos yacimientos y se estén aprovechando.
5. Los yacimientos se clasifican en tres grupos según sus características geológicas, ¿cuáles son?
6. Los sistemas hidrotérmicos, a su vez, pueden ser de varios tipos en función de la temperatura, ¿cuáles son y cuál es el límite de temperatura entre ellos?
7. Indica por qué los sistemas hidrotérmicos en los que predomina el agua pueden presentar dificultades de uso
8. Explica, ayudándote de un dibujo, cómo se podría aprovechar un sistema de roca seca caliente
9. ¿Cuáles son las aplicaciones principales de la energía geotérmica?
10. Enumera dos ventajas y dos inconvenientes del uso de la energía geotérmica.

ENERGÍA DE LA BIOMASA

- I. Introducción. Definición
- II. Fuentes de biomasa
- III. Tratamiento de la biomasa
 - III.1. Procesos Físicos
 - III.2. Procesos termoquímicos
 - III.3. Procesos bioquímicos
 - III.4. Procesos químicos
- IV. Residuos sólidos urbanos
- V. Ventajas e inconvenientes



ENERGIA DE LA BIOMASA

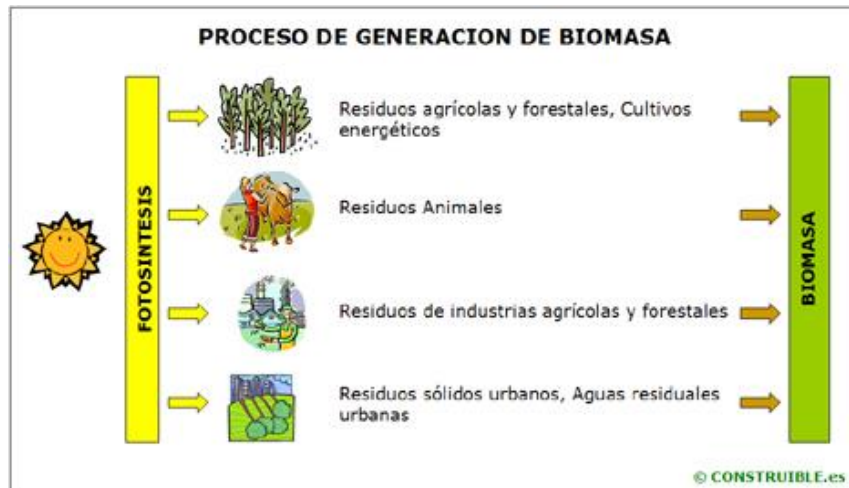
I. Introducción. Definición

Se conoce como biomasa a toda materia orgánica de origen vegetal o animal, y a la obtenida a partir de ésta mediante transformaciones naturales o artificiales.

Las plantas, y los animales a través de ellas, almacenan energía gracias a la fotosíntesis, que tiene lugar en presencia de la luz solar en combinación con agua, sales minerales y dióxido de carbono.

II. Fuentes de biomasa

- Residuos agrarios: Se transforman para obtener combustibles líquidos. Previamente deben ser tratados mediante un proceso que requiere energía previa
- Residuos animales: estiércol, purines, camas o, también, descomposición de animales muertos o restos de mataderos. Se transforman para obtener biogás del tipo metano, que se usa como combustible para producir electricidad.
- Residuos forestales
- Residuos industriales (carpinterías, ...): Proceden de la industria maderera y papelera, siendo utilizados como combustible dentro del mismo sector que los produce, de la agrícola y agroalimentaria: frutos secos, aceite de oliva, conserva de frutas,...
- Cultivos vegetales concretos para este fin:
 - ✓ Cultivos tradicionales: cultivos clásicos que se utilizan con fines alimenticios o industriales y se emplean para obtener energía con plantaciones del tipo leñoso: eucaliptos, álamos, sauces,...
 - ✓ Cultivos poco frecuentes: aquellos que han empezado a desarrollarse de forma masiva por su interés energético: cardos, helechos, girasol, piteras,...
 - ✓ Cultivos acuáticos: Algas y jacintos de agua
 - ✓ Combustibles líquidos: Plantas leñosas que son transformadas en combustibles alternativos semejantes a la gasolina, pero que apenas producen impacto ambiental: palma, caucho,...
- Residuos sólidos urbanos: Generados como consecuencia de la actividad humana: RSU y ARU (aguas residuales urbanas). Se tratan con varias técnicas: eliminación por vertedero: reciclaje-compostaje, e incineración con recuperación de energía.



III. Tratamiento de la biomasa

El tratamiento de la biomasa significa someterla a diferentes procesos que, en función del producto que queramos obtener, pueden ser:

III.1. Procesos físicos:

- Compactación o reducción de volumen para su tratamiento directo como combustible
- Secado para realizar posteriormente un tratamiento térmico

III.2. Procesos termoquímicos: Se trata de someter a la biomasa a temperaturas elevadas. Así se tiene

- Combustión directa de la biomasa con aire: al quemar la biomasa, se obtiene calor para producir vapor que mueva una turbina que arrastra un alternador que produce electricidad. También se aprovecha para calefacción. La biomasa debe ser baja en humedad.
- Pirólisis: Consiste en un calentamiento sin la presencia de oxígeno. La materia orgánica se descompone, obteniendo productos finales más energéticos.
- Gasificación: Oxigenación parcial o hidrogenación, que permite la obtención de hidrocarburos

III.3. Procesos bioquímicos: Ciertos microorganismos actúan sobre la biomasa transformándolos

- Fermentación alcohólica (aerobia): Es el proceso de transformación de la glucosa en etanol *por la acción de los microorganismos*. El resultado es el **bioalcohol**, un combustible para vehículos. En Brasil, uno de cada tres vehículos funciona con etanol extraído de la caña de azúcar.
- Fermentación anaerobia: Consiste en fermentar en ausencia de oxígeno y durante largo tiempo la biomasa. Origina productos gaseosos (**biogás**), que son principalmente metano y dióxido de carbono. Este biogás se suele emplear en granjas para activar motores de combustión o calefacción

III.4. Procesos químicos: En este caso en el proceso de transformación no intervienen microorganismos

- Transformación de ácidos grasos: Consiste en transformar aceites vegetales y grasas animales en una mezcla de hidrocarburos mediante procesos químicos no biológicos para crear un producto llamado **Biodiesel**, que sirve de combustible. Como materia prima se emplean, principalmente cereales, trigo, soja, maíz, ...

Tanto el bioalcohol, como el biogás y el biodiesel se llaman **biocombustibles**.

En definitiva, las **tres grandes aplicaciones de la biomasa** son:

- ✓ Para calefacción.
- ✓ Para mover turbinas-generadores, es decir, para obtener energía eléctrica
- ✓ Como combustible de vehículos.

IV. Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Este tipo de residuos, merece una mención aparte. Son aquellos residuos sólidos generados por la actividad doméstica en los núcleos de población o zonas de influencia. En España, se estima que se generan más de 500kg de residuos por habitante y año. Prácticamente el 50 % de esta cantidad es materia orgánica, correspondiendo también un porcentaje muy importante al papel y al cartón, el vidrio y al plástico.

El tratamiento de estos residuos se lleva a cabo mediante los siguientes métodos:

- **Incineración:** consiste en quemar los residuos combustibles, con la idea de obtener energía eléctrica o térmica o fermentar los residuos orgánicos para obtener biogás.
- **Vertido controlado:** en un terreno previamente preparado para ello, se almacenan los residuos sobre el terreno, cubriéndolos con material adecuado para evitar contaminación. (En muchos lugares que no están adecuadamente preparados, se depositan residuos, lo que se conoce como **vertido incontrolado**)
- **Compostaje:** Se hace fermentar los residuos de origen orgánico para, posteriormente, emplearlo como abonos.
- **Reciclado:** consiste en separar y clasificar los componentes que puedan ser utilizados como materia prima para fabricar otros productos: vidrio, papel, plástico,...

Para conseguir un reciclado total es importante producir el mejor residuo posible con el uso de materiales adecuados

En España, la composición media y la distribución de los RSU viene dada por:

Composición media		Distribución	
Materia orgánica:	49%	Vertido controlado:	45%
Papel y cartón:	20%	Vertido incontrolado:	23%
Vidrio:	7,8%	Compostaje:	20%
Metales	4%	Incineración:	12%
Otros:	19,2%		

V. Ventajas e inconvenientes

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Soluciona los problemas que acarrea la destrucción incontrolada de los residuos	Se corre el riesgo de que, por una falta de control, se lleven a cabo talas excesivas que agoten la masa vegetal de una zona
Disminuye el riesgo de incendios en los bosques	Rendimiento neto muy pequeño, 3 kg de biocombustible equivalen a 1kg de gasolina
Su uso significa una reducción en el consumo de otras fuentes de energía no renovables, tales como el carbón o el petróleo	El alto grado de dispersión de la biomasa da lugar a que su aprovechamiento no resulte, en ocasiones, económicamente rentable.
	El proceso de combustión de la biomasa genera dióxido de carbono, responsable principal del efecto invernadero, aunque en mucha menor medida que los combustibles fósiles.
	Al emplearse cereales para producir biocombustibles, ha aumentado la demanda de éstos, con lo cual sube el precio de los alimentos, perjudicando principalmente a los países menos desarrollados

CUESTIONES

1. Uno de los métodos usados en el tratamiento de R.S.U. de los siguientes no es correcto:
a) Pirólisis b) Compostaje c) Vertido d) Incineración
2. Explica qué diferencias existen entre el bioalcohol, el biogás y el biodiesel
3. Los RSU pueden ser sometidos a varios tipos de tratamientos, nómbralos e indica, a tu juicio, cuál presenta más inconvenientes y cuál menos. Justifica tu respuesta
4. Indica, de los tratamientos anteriores, cuáles se realizan en Canarias
5. ¿Crees que es necesaria la separación de residuos en origen para poder realizar una recuperación de los mismos de manera eficiente?
6. ¿Es lo mismo reutilización que reciclaje? Justifica tu respuesta.
7. Los cultivos vegetales utilizados especialmente para la obtención de energía, pueden dar lugar a problemas éticos y morales si no se utilizan de manera correcta. Explica a qué tipo de problemas se refiere la pregunta e indica a qué cultivos hace referencia.