

## UNIDAD 4. LA ENERGÍA HIDRÁULICA

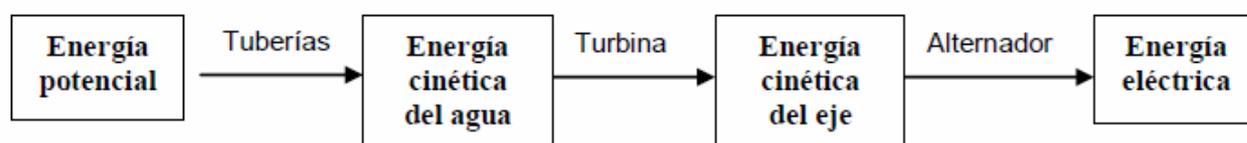
### 1. INTRODUCCIÓN

La energía hidráulica es la energía potencial que posee el agua de los ríos, almacenada en los embalses y la energía cinética del agua que se mueve a través de los cauces. En cierto modo es energía solar, pues es el Sol el que evapora y eleva el agua de lagos y océanos que después cae como lluvia o nieve y se puede embalsar o hacer discurrir por los ríos.

Desde la antigüedad se ha aprovechado la energía hidráulica transformándola en energía mecánica que se aprovechaba en norias, molinos, forjas, etc.

### 2. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

A partir del siglo XX la energía hidráulica se emplea para producir energía eléctrica en las centrales hidroeléctricas. La transformación energética que tiene lugar es:



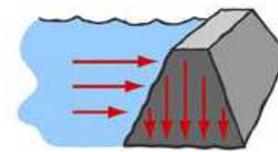
Las partes principales de una central hidroeléctrica son:

#### 2.1.- La presa

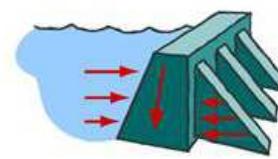
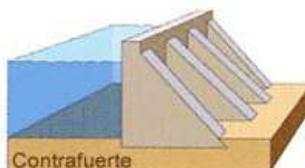
Es una estructura de hormigón encargada de almacenar el agua y elevar su nivel para poder encauzarla para su uso hidroeléctrico. Cuando el río es de caudal variable también permite regular el caudal de agua que circula por el río y conseguir una producción regular de energía.

Los principales tipos de presas son:

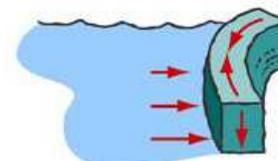
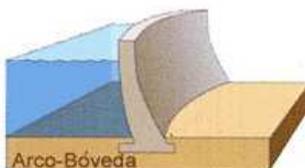
- **De gravedad:** su propio peso contrarresta el empuje del agua. Son de sección triangular o trapezoidal. Tienen el inconveniente de que requieren gran cantidad de material.



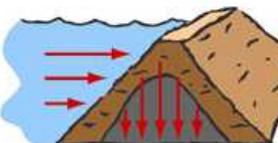
- **De contrafuertes:** formada por un muro aguas arriba y contrafuertes resistentes para su estabilidad.



- **De arco-bóveda:** tienen forma de arco con su parte convexa hacia el lado del agua. Requieren menos material que las de gravedad, pero se precisa que el terreno sea bastante sólido pues estas presas transmiten el empuje del agua a los laterales donde se apoyan.



- **De tierra o escollera:** formada por una acumulación de materiales de los cuales al menos uno es impermeable y que puede estar formando parte del núcleo, de una pantalla situada hacia el lado del agua o bien formando todo el cuerpo de la presa.

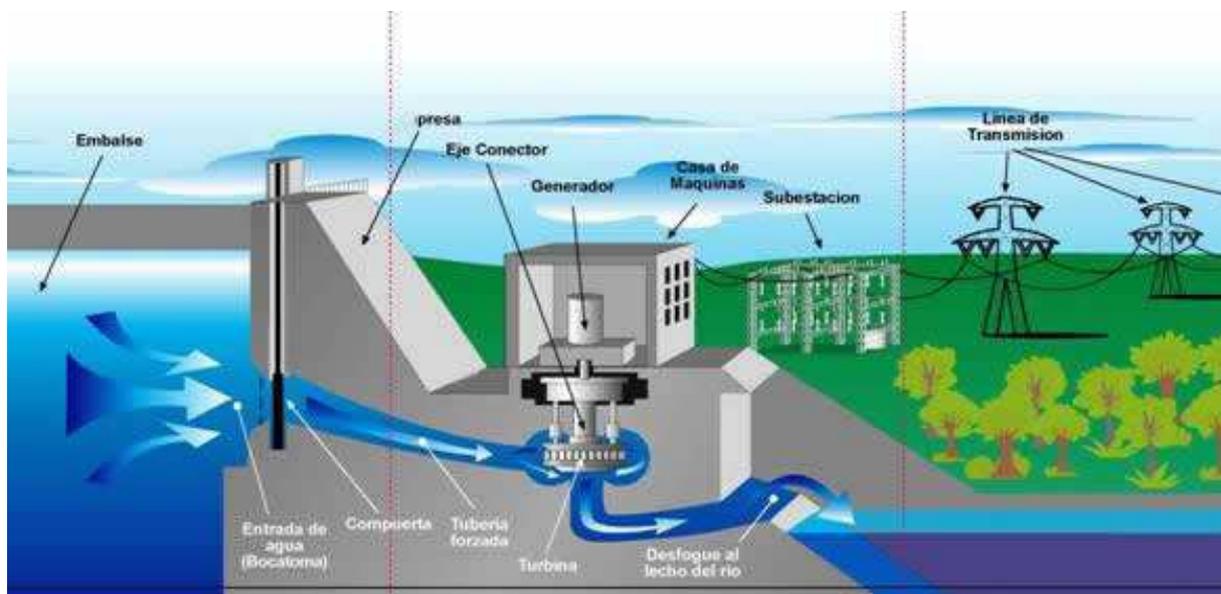




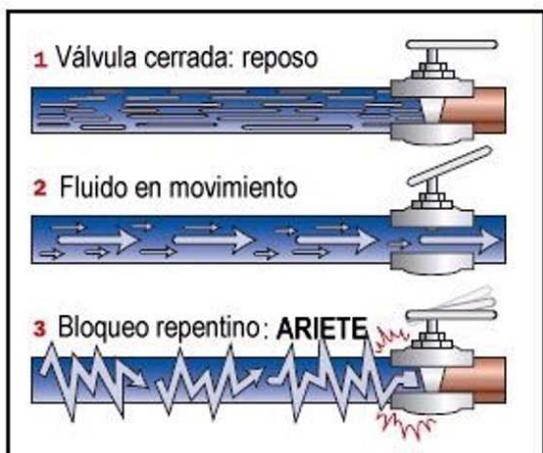
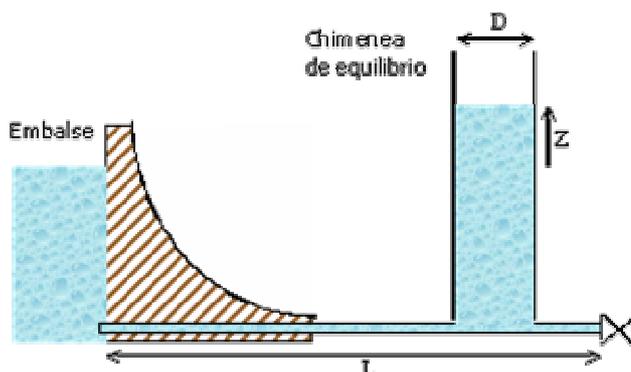
En toda presa debe asegurarse que, una vez alcanzada la cota máxima para la que está calculada, el agua excedente pueda salir libremente, ya sea por encima (rebose), por **aliviaderos** (normalmente controlados por compuertas) o mediante **pozos** y **túneles de desagüe** que comunican el interior del embalse con el exterior aguas abajo de la presa.

## 2.2.- La tubería de presión o tubería forzada

Es un conducto por el que fluye el agua, aumentando su velocidad, hasta llegar a la sala de turbinas. En el inicio de la tubería una rejillas y unas compuertas regulan el caudal de agua y actúan como filtro para evitar que lleguen a las turbinas cuerpos extraños que puedan deteriorarlas (troncos, ramas, etc.).



A la tubería de presión va conectado un dispositivo denominado **chimenea de equilibrio**, cuya misión es amortiguar las variaciones bruscas de presión que se producen por las fluctuaciones de caudal de agua provocadas por la regulación del caudal a la entrada de las turbinas. Estas variaciones bruscas son las que se conocen como **golpe de ariete**.



### 2.3.- La cámara de turbinas y alternadores

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 del eje en energía eléctrica.

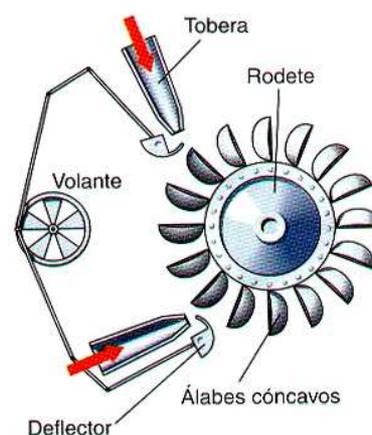
Las turbinas empleadas en las centrales hidroeléctricas pueden ser de dos tipos:

- **Turbinas de acción:** son aquellas que aprovechan únicamente la velocidad del agua (energía cinética). La más habitual es la turbina **Pelton**.
- **Turbinas de reacción:** son las que aprovechan tanto la velocidad del agua como la presión que le resta a la corriente en el momento del contacto con la turbina. Las más utilizadas son la turbina **Francis** y la turbina **Kaplan**.

#### 2.3.1.- La turbina Pelton

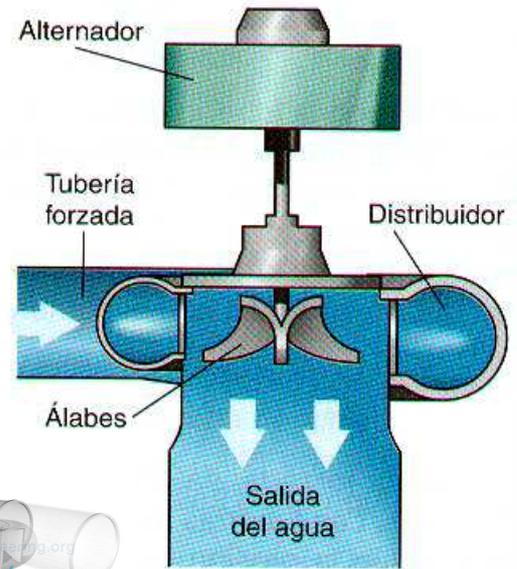
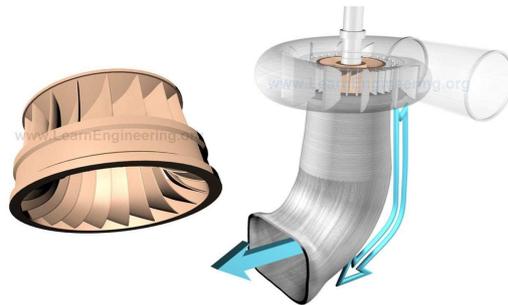
Se emplea para centrales de escaso caudal y con un salto de agua elevado. Consta de un eje horizontal y un disco circular o rodete que tiene montados unos álabes o cucharas de doble cuenca a los que llega el agua impulsada por inyectores que regulan el caudal. Puede desarrollar velocidades de giro de 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. Requiere un salto de agua mínimo de 25 m.



### 2.3.2. La turbina Francis

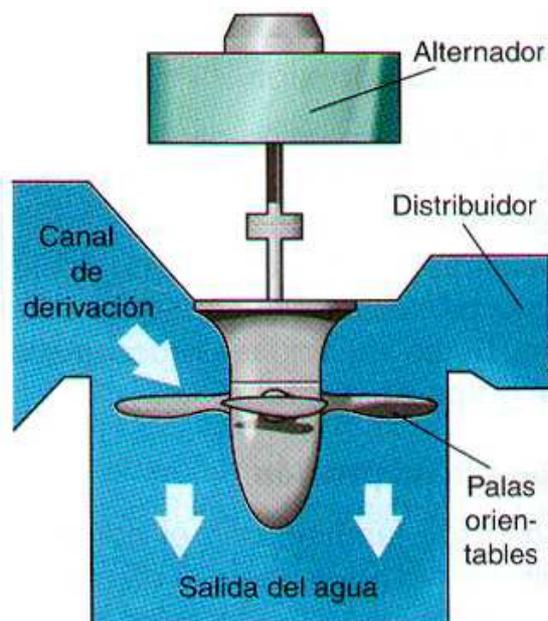
La turbina **Francis** está totalmente sumergida en agua. Se utiliza en centrales con altura de salto de 15 a 400 m y es apropiada para saltos y caudales medianos. Dispone de un eje vertical y su rodete está constituido por paletas alabeadas. El agua es conducida hasta la periferia del rodete por un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



### 2.3.3. La turbina Kaplan

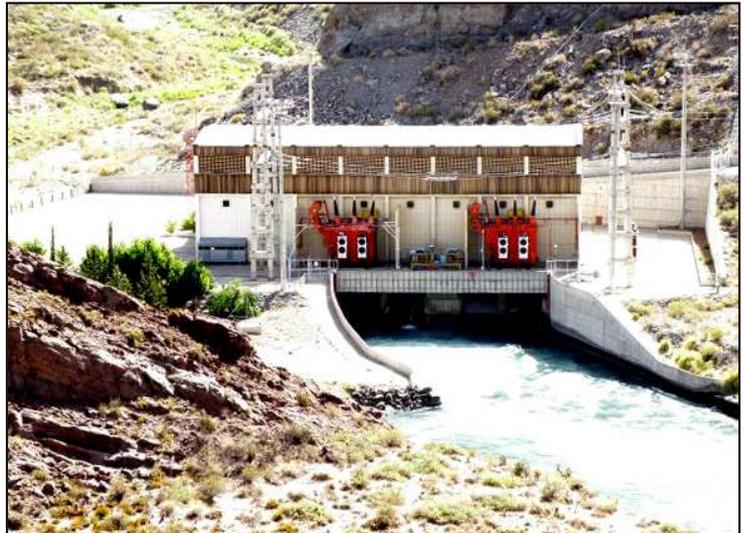
La turbina **Kaplan** se utiliza para saltos pequeños y grandes caudales, pueden tener el eje horizontal, vertical o inclinado, diferenciándose de la turbina Francis principalmente en el rodete. Su rodete está formado por una hélice de palas orientables, (generalmente 4 ó 5) lo que permite mejorar su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

Las turbinas Kaplan se utilizan en caídas de unos 60 m.



## 2.4.- 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.



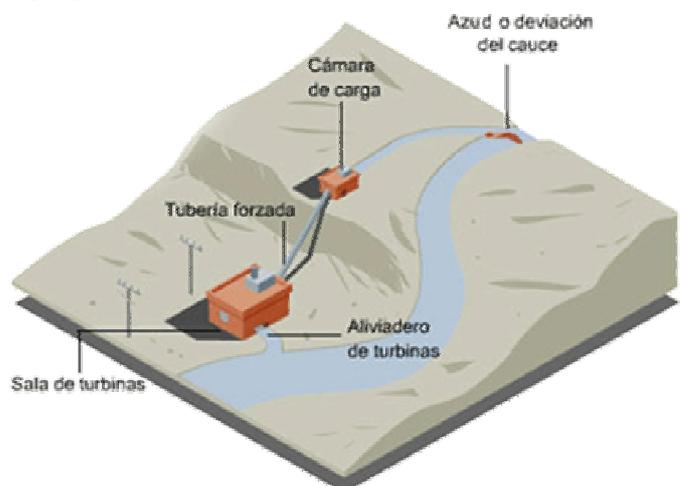
## 2.5.- Parque de transformadores

Los alternadores actuales generan energía eléctrica a una tensión inferior a 20.000 V. En estas condiciones se producirían pérdidas importantes de potencia en el transporte a largas distancias, Para evitarlas, 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.

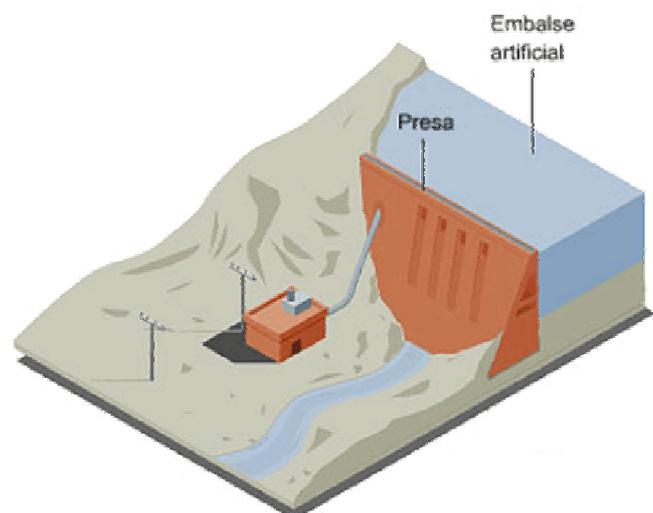
## 3. TIPOS DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Según la forma de aprovechamiento del agua las centrales hidroeléctricas se puede clasificar:

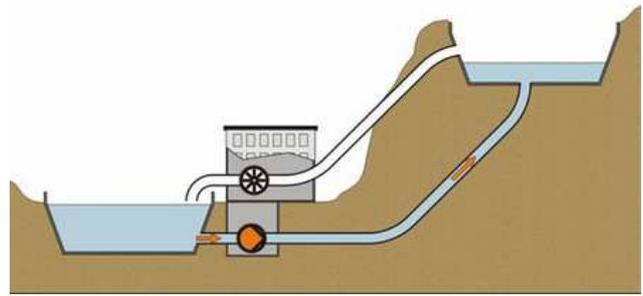
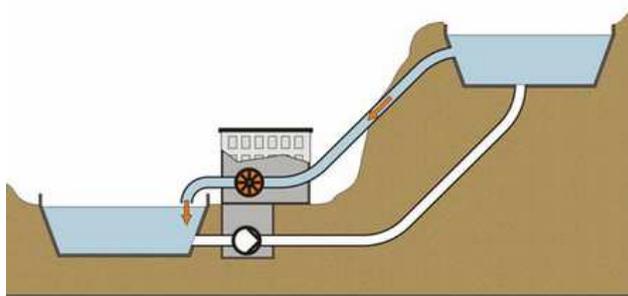
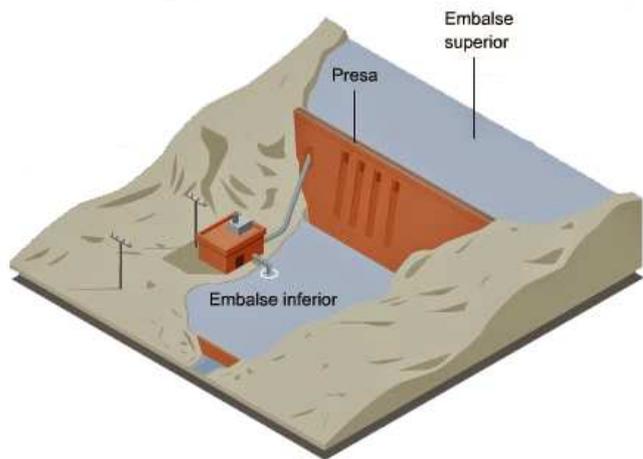
a) **Centrales de aprovechamiento por derivación:** Por medio de una pequeña **presa de derivación** se desvía una porción del agua del río hacia un **canal** que la conduce hacia una **cámara de carga**, desde la cual se dirige a través de una **tubería forzada** hasta la **sala de turbinas**. Tras mover la turbina, el agua se vuelve al río por un **canal de desagüe** o aliviadero.



b) **Centrales de aprovechamiento por acumulación:** en una zona apropiada del río se construye una presa donde se acumula el agua. A mitad de altura se coloca la toma de agua hacia la sala de máquinas. Una vez usada, el agua vuelve al cauce del río.



c) **Centrales de bombeo:** disponen de dos embalses. El superior almacena el agua del río que se conduce hacia las turbinas. Una vez que pasa por las turbinas el agua se deriva al embalse inferior. Cuando la demanda de energía eléctrica es baja, la energía eléctrica sobrante se emplea para bombear agua desde el embalse inferior al superior. El bombeo puede realizarse mediante los propios grupos turbina-alternador de la central (si están diseñados para funcionar de forma reversible) o bien por medio de un grupo motor-bomba adicional.



Según su potencia, podemos distinguir:

a) **Minicentrales hidráulicas:** tienen una potencia menor a los 10 MW. Aprovechan saltos de agua en pequeños ríos y fueron muy utilizadas para abastecer de electricidad a pequeños pueblos.



b) **Centrales hidroeléctricas:** generan una potencia superior a los 10 MW. Se sitúan en ríos caudalosos. Las grandes tienen una potencia instalada enorme, como la de Itaipú (Paraguay-Brasil) de 14 GW o la presa de las tres gargantas (China) con 22,5 GW.

## 4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA

### 4.1.- Ventajas

- El proceso de transformación de la energía hidráulica en eléctrica es limpio, es decir, no produce residuos ni da lugar a la emisión de contaminantes.

- Las presas que se construyen permiten a su vez regular el caudal del río, evitando inundaciones en épocas de crecidas y haciendo posible el riego de las tierras bajas en los periodos de escasez de lluvias.
- El agua embalsada puede utilizarse para el abastecimiento a ciudades durante largos periodos de tiempo.
- Los embalses se usan como zonas de recreo y esparcimiento (pesca, remo, vela, etc.)

#### 4.2.- Inconvenientes

- Los embalses anegan extensas zonas de terreno fértil y, en ocasiones, de gran valor ecológico. Incluso en algunas ocasiones, se han inundado pequeños núcleos de población cuyos habitantes han tenido que ser trasladados.
- Las presas retienen las arenas que arrastra la corriente y que son las que forman los deltas en las desembocaduras de los ríos. De esta forma altera el equilibrio biológico de la zona.
- Al interrumpirse el curso natural del río, se producen alteraciones en la flora y fauna fluvial.
- Si aguas arriba del río existen vertidos industriales o de alcantarillado, se pueden producir acumulaciones de materia orgánica en el embalse, lo que repercutirá en la salubridad de sus aguas.
- Una eventual rotura de la presa puede dar lugar a una catástrofe (como ocurrió con la presa de Tous en la provincia de Valencia en 1982).
- La energía hidráulica tiene una gran dependencia respecto a las lluvias, pues en épocas de sequía es necesario reservar parte del agua embalsada para otros usos no energéticos.



#### 5. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

La energía potencial del agua almacenada se transforma en energía cinética del agua que se dirige a las turbinas, que se convierte en energía eléctrica en los alternadores.

La potencia del agua, se puede expresar como:

$$P = Q \cdot d \cdot g \cdot h \quad P = \frac{1}{2} Q \cdot d \cdot v^2$$

- Q = Caudal de agua (m<sup>3</sup>/s)
- d = densidad del agua (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- g = aceleración de la gravedad (9,8 m/s<sup>2</sup>)
- h = salto de agua (m) desde la superficie del embalse hasta la posición de las turbinas.
- v = velocidad del agua (m/s)
- η = rendimiento (no toda la energía se aprovecha debido a pérdidas de carga en el transporte, rendimiento de turbinas y alternadores).

