



ENERGÍA ELÉCTRICA. CENTRAL HIDROELÉCTRICA

El pantano de Alarcón (Cuenca), tiene una capacidad de 1118 Hm^3 de agua embalsada y con un dique de contención de 71 m de altura. Ocupa una superficie de 6840 Ha. El pantano tiene una potencia eléctrica instalada de 281 MW. En noviembre del año 2012 el agua embalsada era de 558 Hm^3 , estando el nivel del agua frente al muro a una altura de 41 m. Si la central eléctrica asociada está funcionando con un caudal de $520 \text{ m}^3/\text{s}$, y el rendimiento de dicha central es del 78%, se pide: a) ¿Qué tipo de energía utiliza el pantano para obtener energía eléctrica? b) ¿Cómo se transforma esa energía en energía eléctrica? c) ¿Qué potencia eléctrica está generando?, d) ¿Cuál debe ser el desnivel de aguas arriba-aguas abajo para que la potencia eléctrica suministrada sea de 250 MW, manteniendo el mismo caudal? e) Ventajas e inconvenientes de este tipo de energía.

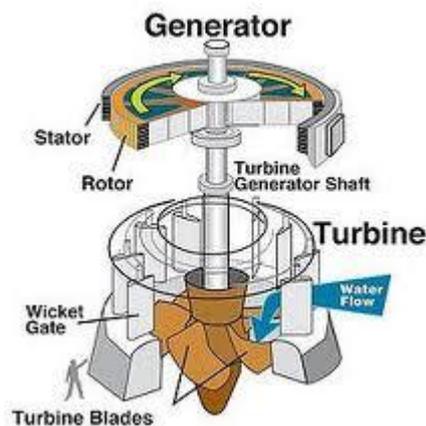
Datos : densidad del agua = 10^3 Kg/m^3 , $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Respuesta a la pregunta a) del problema: Una **central hidroeléctrica** utiliza la energía hidráulica para la generación de energía eléctrica, tal y como hacían los antiguos molinos que aprovechaban la corriente de los ríos para mover una rueda. En nuestro caso, se trata de utilizar la **energía potencial gravitatoria** que posee una masa de agua de un cauce natural por la existencia de un desnivel (**salto geodésico**). Así se puede obtener energía eléctrica de un salto de agua (cascada) y, en los pantanos por el hecho de producir un desnivel entre aguas arriba y aguas abajo en un río al interrumpir su cauce mediante un muro de contención.

El tipo de energía que se transforma en energía eléctrica, es, pues, **energía potencial gravitatoria de un volumen dado de agua.**

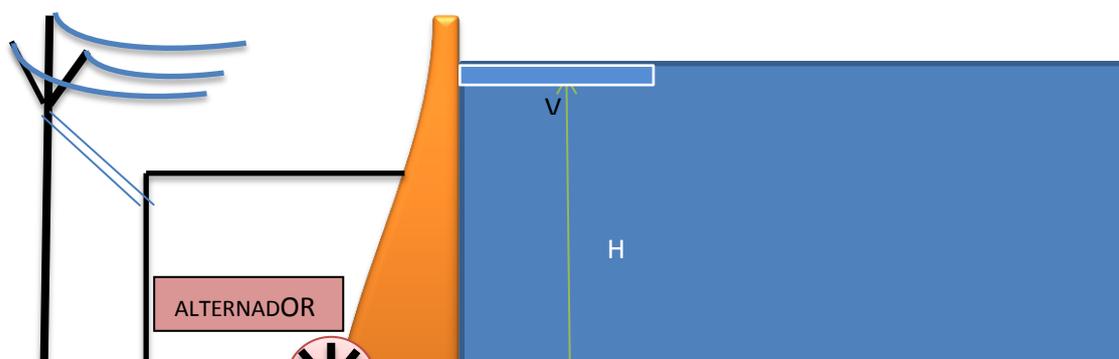


En la pregunta b) del problema, se nos pregunta cómo se transforma esa energía en energía eléctrica. En primer lugar, en el salto de agua o en el pantano, la energía potencial gravitatoria, se convierte en energía cinética que, puede mover una **turbina**, la cual a su vez, puede mover un generador de energía eléctrica, es decir un **alternador**, al estar acoplada con él. Luego se utiliza un **transformador**, para elevar la tensión de la corriente alterna producida en el alternador, ya que, para largos transportes de energía eléctrica, se obtienen mejores rendimientos a elevada tensión (de unos 200.000 V o mayores) utilizando los cables de alta tensión



En nuestro caso concreto, el rendimiento de la central es del 78%, lo cual incluye, el rendimiento de la turbina, el alternador, el acople de ambos, y el transformador o elevador de tensión.

Para contestar a la pregunta c) del problema, debemos servirnos de un esquema del propio pantano, y considerar el desnivel del agua arriba del pantano y aguas abajo en el río.



Transformador

Consideremos la presión sobre el muro que produce el agua embalsada, que como sabemos es proporcional a la profundidad:

$$P = d \cdot g \cdot h$$

La presión, a una profundidad H, será:

$$P = d \cdot g \cdot H$$

Como la presión es una fuerza por unidad de superficie S (área de la sección del canal que va a dejar salir el agua):

$$\frac{F}{S} = d \cdot g \cdot H$$

La fuerza (dibujada en el esquema) será:

$$F = d \cdot g \cdot H \cdot S$$

El trabajo que realiza al desplazarse unos metros "e", se convierte en energía cinética del volumen "V" de agua, que supondremos se transforma en energía cinética de la turbina (suponiendo que el rendimiento de la instalación es del 100%), luego:

$$F \cdot e = d \cdot g \cdot H \cdot S \cdot e = d \cdot g \cdot H \cdot V$$

Ya que "S.e" es el volumen de agua que ha pasado en el tiempo "t". Luego, en ese tiempo, el incremento de energía cinética de la turbina será:

$$\Delta E_c = d \cdot g \cdot H \cdot V$$

La potencia proporcionada, será el incremento de energía por unidad de tiempo por tanto:

$$\frac{\Delta E}{t} = d \cdot g \cdot H \cdot \frac{V}{t}$$

Como el volumen de agua que atraviesa el canal, por unidad de tiempo, es el caudal "Q", tendremos:

$$Pot = d \cdot g \cdot H \cdot Q$$

Si llamamos μ al rendimiento de la instalación del pantano, la potencia eléctrica que estará proporcionando será:

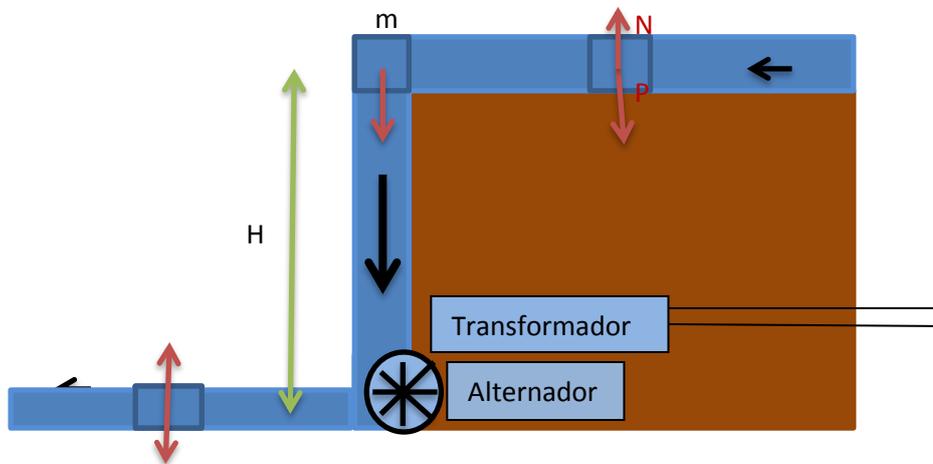
$$Pot = \mu . d . g . H . Q$$

Con lo que, en nuestro caso concreto, la potencia eléctrica suministrada será:

$$Pot = 0'78 . 10^3 . 9'8 . 41 . 520 = 1'63 . 10^8 W = 163 MW$$

Ya que la densidad del agua es $1000 \frac{Kg}{m^3}$ y, gravedad $g = 9'8 \frac{N}{Kg}$.

La situación hubiera sido la misma, si se tratase de un salto de agua de 41 m de altura con un caudal de $520 m^3/s$ y la instalación eléctrica tuviese un rendimiento del 78%. Lo veremos en el siguiente dibujo.



En el siguiente salto de agua, la energía potencial de la masa “m” de agua, se transforma en energía cinética de la misma al llegar “aguas abajo”. Si esta energía cinética se comunica íntegramente a la turbina en forma de energía cinética de rotación y en el alternador se convertirá en energía eléctrica, que se elevará la tensión en el transformador. Según esto:

$$E_p = m . g . H = V . d . g . H = E_c$$

La energía cinética comunicada al conjunto turbina-alternador-transformador, por unidad de tiempo, será la potencia eléctrica producida, si el rendimiento del conjunto es del 100%.

$$Pot = \frac{E_c}{t} = \frac{V}{t} \cdot d \cdot g \cdot H = Q \cdot d \cdot g \cdot H$$

Si el rendimiento de la instalación es μ , la potencia eléctrica suministrada por el salto de agua será:

$$Pot = \mu \cdot d \cdot g \cdot H \cdot Q$$

Lo mismo que en el caso del pantano.

Para contestar a la pregunta d) del problema sobre la diferencia de nivel aguas-arriba, aguas-abajo, para que la potencia eléctrica suministrada sea de 250 MW, utilizaremos la misma expresión anterior:

$$Pot = \mu \cdot d \cdot g \cdot H \cdot Q$$

Con lo que:

$$2'5 \cdot 10^8 = 0'78 \cdot 10^3 \cdot 9'8 \cdot H \cdot 520$$

De donde:

$$H = \frac{2'5 \cdot 10^8}{0'78 \cdot 10^3 \cdot 9'8 \cdot 520} = 63 \text{ m}$$

Esto supondría tener que embalsar unos 300 Hm³ más de agua, con lo cual, el pantano estaría al 77 % de su capacidad, y no como en noviembre del 2012 que se encuentra al 50%.

En el apartado e) del problema nos piden las ventajas y los inconvenientes de este tipo de energía hidroeléctrica.

VENTAJAS

Los pantanos regulan el régimen del río evitando avenidas.

No contamina la atmósfera emitiendo CO₂

No produce residuos radiactivos

Genera espacios ambientales útiles para la pesca y los deportes náuticos.

Los pantanos pueden utilizarse para amplios regadíos y transvases.

INCONVENIENTES

Producen impactos ambientales irreversibles, debido al anegamiento de amplísimas zonas que pueden contener pueblos enteros.

Algunas presas presentan fallos o errores de construcción.

Ante grandes avalanchas de agua pueden derrumbarse y anegar amplias zonas agrícolas como ocurrió con el pantano de Tous (Valencia) en 1981.

Su potencia eléctrica depende los Hm^3 de agua embalsada debida fundamentalmente a las lluvias y al deshielo. Puede haber temporadas de mucha sequía con el correspondiente descenso del nivel de los pantanos.