

Producción y distribución de la energía

Versión 1.0

Índice:

1. Introducción a la energía eléctrica	1
2. La central térmica	3
3. La central nuclear	5
4. La central hidroeléctrica	7
5. La central termosolar	9
6. Energía solar fotovoltaica	11
7. La central eólica	13
8. La central mareomotriz	15

1. Introducción a la energía eléctrica

1.1. Energía eléctrica

La utilización de energía eléctrica es algo muy reciente en la historia humana. La primera central eléctrica con éxito comercial fue construida por Edison en 1882, en la ciudad de Nueva York. La central ofrecía electricidad a las casas y negocios del barrio, algo que no había pasado hasta entonces en ningún otro lugar del mundo. Poco a poco los vecinos, las tiendas, los talleres fueron conectándose a la central para disfrutar de la iluminación eléctrica recién desarrollada. Fue el inicio de la electrificación, cuyo éxito sería enorme.

1.2. ¿Qué es la energía?

Los físicos definen energía como la capacidad de producir trabajo. Se consume energía realizando un trabajo, como mover un objeto, iluminar una habitación o calentar un alimento. Como sabrás por tus estudios de ciencias, la unidad de medida de la energía en el sistema internacional es el julio o joule (J). Pero cuando se trata de energía eléctrica, los técnicos utilizan el kilovatio hora (kWh). Para calcular la energía eléctrica consumida por un electrodoméstico en kilovatios hora basta con multiplicar su potencia (en kilovatios) por el tiempo que está encendido (en horas). Ejemplo: una plancha de 1,5 kW de potencia, encendida durante 1 h, consume 1,5 kWh de energía. Si está encendida durante 2 h consume 3 kWh.

Si miras una factura de la electricidad de tu casa podrás ver los kWh totales que se han consumido en un periodo de dos meses. También hay un gráfico con el consumo comparado de las últimas facturas. Para determinar la cantidad de energía que se ha consumido se utiliza un contador eléctrico, cuya unidad de medida, lógicamente, también es el kilovatio hora.

1.3. Fuentes de energía renovables y no renovables

La energía que consume nuestra sociedad proviene de la naturaleza. Llamamos fuente de energía a todo aquello de donde podemos extraer energía aprovechable. Las principales fuentes de energía son: el sol, el viento, los ríos, las mareas, las plantas, el calor interno de la Tierra, el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio.

Las fuentes de energía se pueden clasificar en renovables y no renovables. Una fuente de energía es renovable si no se agota con el tiempo, si se regenera de forma natural, y no es renovable si se agota al consumirse toda la energía que había disponible inicialmente. El petróleo, por ejemplo, es una fuente de energía no renovable, ya que las reservas de petróleo son limitadas. El sol es un ejemplo de energía renovable. Por mucho que utilicemos su energía no lo agotamos, cada día nos llega la misma cantidad de energía solar a la Tierra.

ENERGÍA RENOVABLE: Solar, Eólica, Hidráulica, Mareomotriz, Biomasa, Geotérmica.

ENERGÍA NO RENOVABLE: Carbón, Petróleo, Gas natural, Uranio.

1.4. Energía primaria y energía secundaria

Llamamos energía primaria a la que se encuentra directamente en la naturaleza sin ninguna transformación. Algunas energías primarias, como la del carbón, pueden utilizarse directamente: podemos quemar el carbón para calentarnos. Normalmente la energía contenida en una fuente de energía primaria no se utiliza como tal, sino que se transforma de alguna manera para facilitar su consumo o se convierte en otro tipo de energía más útil. La energía resultante se denomina energía secundaria. La mayor parte del carbón, por ejemplo, se quema para obtener electricidad. La electricidad obtenida es una energía secundaria. Otro ejemplo de energía secundaria es la que contiene la gasolina, que se obtiene refinando petróleo crudo (una energía primaria).

1.5. Generación de energía eléctrica. Centrales eléctricas

Como hemos visto, la electricidad es una energía secundaria ya que no se encuentra directamente en la naturaleza: es necesario obtenerla a partir de otras energías primarias. Esta conversión de energías se lleva a cabo en instalaciones industriales llamadas centrales eléctricas. Hay muchos tipos de centrales eléctricas en función del tipo de energía primaria y de la tecnología que utiliza para producir electricidad. En otras miniunidades estudiaremos los tipos de centrales eléctricas más importantes.

1.5. Generación de energía eléctrica. Generadores eléctricos

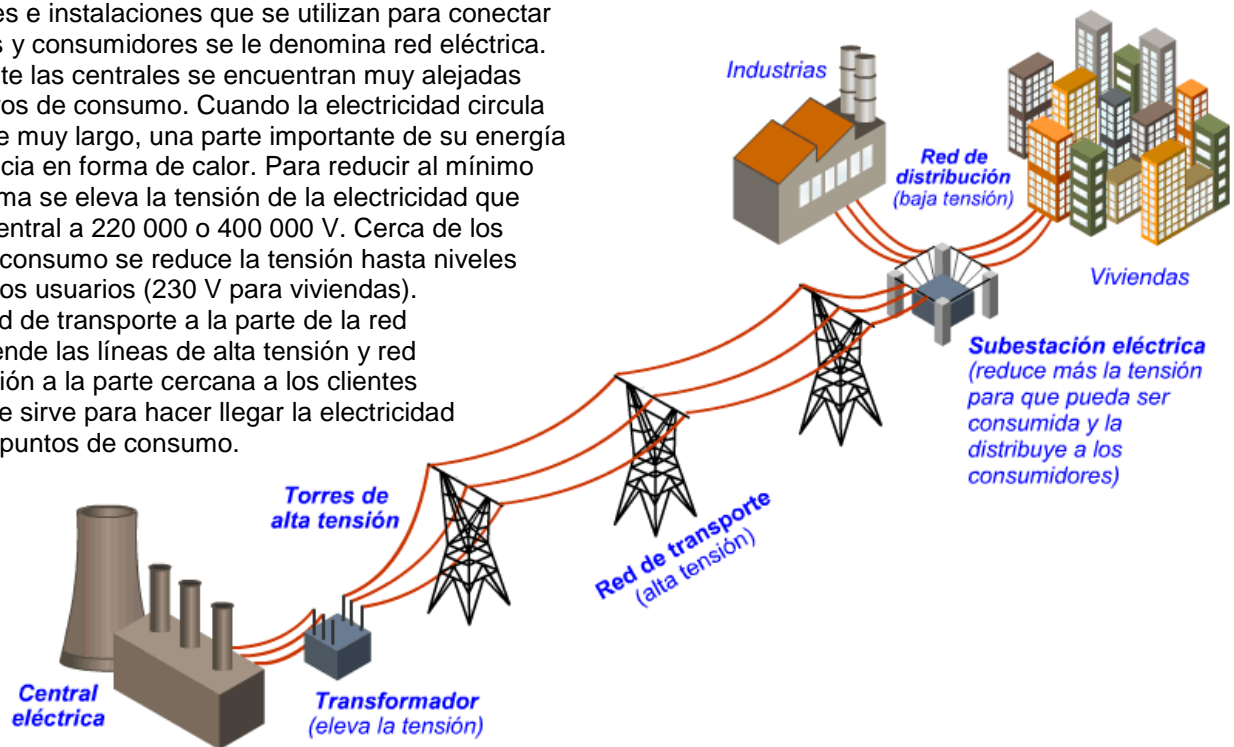
Casi todas las centrales eléctricas generan electricidad haciendo girar a gran velocidad un generador eléctrico rotativo. El ejemplo más sencillo de generador eléctrico es el que tienen algunas bicicletas. Consiste en una bobina de hilo conductor y un imán giratorio. El imán está unido, mediante un eje, a una rueda de fricción. Cuando la rueda de fricción se pone en contacto con el neumático de la bicicleta, gira a gran velocidad y hace rotar al imán. El imán en rotación produce un campo magnético fluctuante que induce corriente eléctrica en la bobina. Los generadores de las centrales eléctricas son mucho más grandes y complejos, pero el funcionamiento básico es el mismo.

1.5. Generación de energía eléctrica. Generadores y turbinas

El esquema general de los diferentes tipos de generadores es siempre el mismo: se utiliza una fuente de energía primaria para hacer girar una turbina, una rueda con paletas, como una turbina eólica (las paletas serían las aspas, que son impulsadas por el viento). La turbina está unida a un generador, de forma que cuando gira la turbina también gira el generador. La rotación del generador genera corriente eléctrica. El proceso consigue transformar la energía primaria utilizada (eólica, hidráulica, carbón, petróleo, etc.) en energía eléctrica.

1.6. Transporte y distribución de la energía eléctrica

La energía que producen las centrales se hace llegar a los consumidores finales a través de cables eléctricos. Al conjunto de los cables e instalaciones que se utilizan para conectar productores y consumidores se le denomina red eléctrica. Normalmente las centrales se encuentran muy alejadas de los centros de consumo. Cuando la electricidad circula por un cable muy largo, una parte importante de su energía se desperdicia en forma de calor. Para reducir al mínimo este problema se eleva la tensión de la electricidad que genera la central a 220 000 o 400 000 V. Cerca de los núcleos de consumo se reduce la tensión hasta niveles útiles para los usuarios (230 V para viviendas). Se llama red de transporte a la parte de la red que comprende las líneas de alta tensión y red de distribución a la parte cercana a los clientes finales y que sirve para hacer llegar la electricidad a todos los puntos de consumo.



1.6. Transporte y distribución de la energía eléctrica. Transformadores

A la salida de las centrales eléctricas se instala un transformador, cuya función es elevar la tensión de la corriente eléctrica. También hay transformadores que reducen la tensión, como los que se utilizan en los cargadores de los teléfonos móviles. Los transformadores son dispositivos formados por dos bobinas de cable aislado enrolladas alrededor de un núcleo de hierro. Cuando por una de las bobinas (la bobina de entrada) se hace pasar corriente, en la otra bobina (la bobina de salida) se genera una corriente inducida (la corriente de salida). Si hay más vueltas de cable (espiras) en la bobina de salida, la tensión que sale del transformador será más alta que la que entra, y viceversa. A continuación lo veremos un poco mejor. Los transformadores solo funcionan con corriente alterna.

1.6. Transporte y distribución de la energía eléctrica. Transformadores

Cómo cambia la tensión de salida de un transformador (V_s) si variamos el número de espiras de la bobina de entrada (N_e) o de la bobina de salida (N_s).

$$V_s = \frac{N_s \cdot V_e}{N_e}$$

Nota: en un transformador también cambia la intensidad de salida cuando cambia la tensión. Para calcularla se utiliza la fórmula: $V_e \cdot I_e = V_s \cdot I_s$ (la tensión de entrada por la intensidad de entrada es igual a la tensión de salida por la intensidad de salida.)

1.6. Transporte y distribución de la energía eléctrica. El sistema eléctrico

El esquema que hemos visto de transporte y distribución de la electricidad es una simplificación: solamente hay una central que da suministro a un conjunto de clientes. Se parece a los primeros sistemas eléctricos, como la primera central de Edison, pero no a la red eléctrica actual. Un sistema así es muy vulnerable, cualquier incidencia en la central (averías, mantenimiento, etc.) deja sin suministro eléctrico a los clientes. En la época de Edison estar sin electricidad unas horas era tolerable, ya que la gente estaba acostumbrada a iluminarse con otros medios y la economía todavía no estaba basada en el uso de energía eléctrica, pero hoy no lo es.

Actualmente el sistema eléctrico es mucho más complejo. Está formado por centenares de puntos de producción y millones de puntos de consumo. Para evitar que cualquier punto de consumo quede sin servicio por algún problema técnico los puntos de producción están conectados entre sí en paralelo. Nos podemos imaginar que forman un anillo. Los puntos de consumo se conectan a este anillo. Si una de las centrales falla, las otras centrales aseguran el suministro.

La cantidad de energía generada por las centrales tiene que ser igual a la que solicitan los consumidores en cada momento. Si la demanda baja en un momento determinado (por la noche, por ejemplo), se deberá parar algunas de las centrales conectadas al anillo. Si la demanda sube, se tendrá que volver a ponerlas en marcha o aumentar la potencia de las que ya estaban funcionando. Este sistema necesita un centro de coordinación centralizado que

supervise el comportamiento de la red y ordene a las centrales qué deben hacer en cada momento. En España esta tarea la realiza el Cecoel (Centro de control eléctrico), situado en Alcobendas (Madrid). La empresa que lo gestiona es Red Eléctrica de España (REE).

2. La central térmica

2.1. Centrales térmicas

Las centrales térmicas generan electricidad a partir de energía calorífica, obtenida normalmente quemando un combustible como el carbón, el fuel oil (un derivado del petróleo) o el gas natural.

Las centrales térmicas clásicas, que funcionan con carbón o con fuel oil, son fáciles de reconocer por la presencia de chimeneas de gran altura, necesarias para dispersar la contaminación que generan. Las torres de refrigeración son comunes a otros tipos de centrales eléctricas.

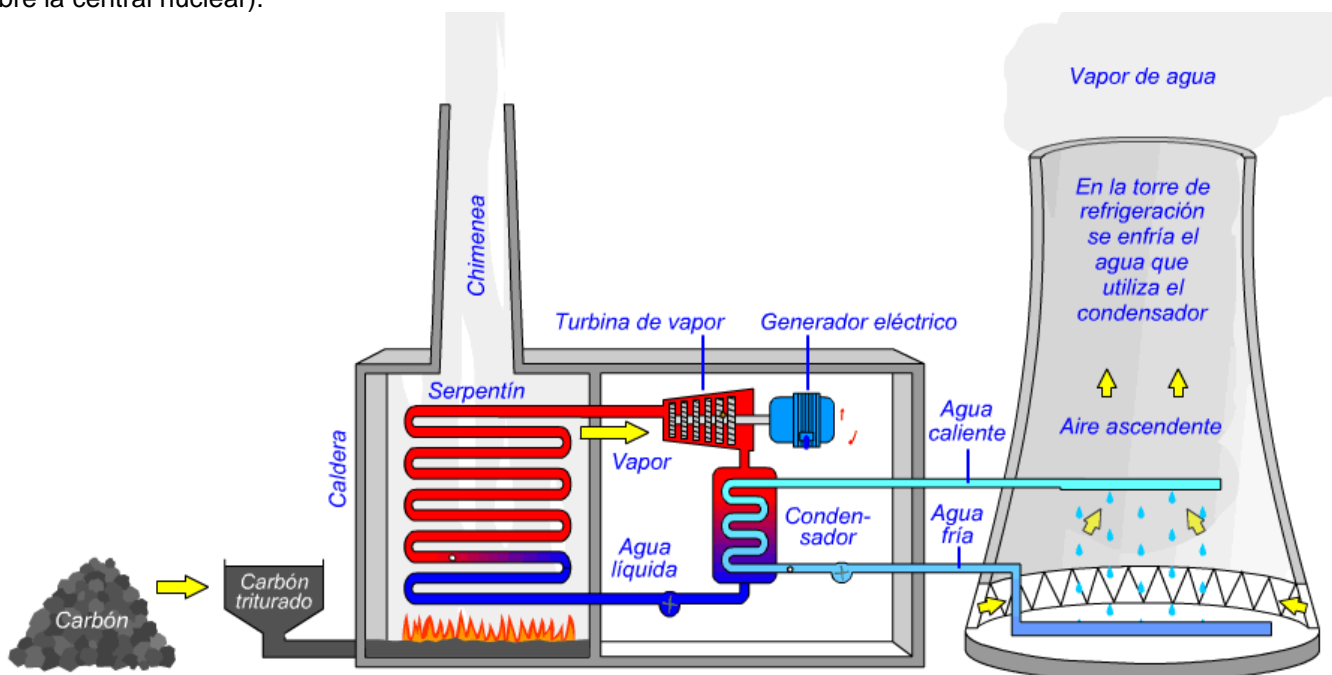
Como vimos en la miniunidad anterior, la primera central eléctrica en tener éxito comercial fue una central térmica construida por Edison en el año 1882. Todavía hoy son centrales de gran importancia, más del 40 % de la energía eléctrica consumida en España proviene de centrales térmicas convencionales.

2.2. Centrales térmicas clásicas. Funcionamiento

En una central térmica clásica se quema carbón o fuel oil en una caldera, un recipiente que tiene en su interior tuberías en forma de serpentín. Por un extremo del serpentín entra agua líquida. Gracias al calor de los gases calientes de la combustión, el agua se calienta rápidamente hasta hervir y salir en forma de vapor de agua a gran presión.

El vapor se conduce hasta una turbina, que comparte eje con un generador eléctrico. La presión del vapor hace girar a la turbina y el generador produce electricidad.

El vapor que sale de la turbina ya no tiene energía. Es necesario condensarlo (convertirlo en agua) para volver a utilizarlo en la caldera y cerrar el ciclo. Se hace mediante un condensador, un recipiente que tiene un serpentín de agua. Una torre de refrigeración enfría el agua que utiliza el condensador (veremos cómo funciona en la miniunidad sobre la central nuclear).



2.2. Centrales térmicas clásicas. La turbina de vapor

En la sala de turbinas de una central térmica hay grupos turbina de vapor-generador. El rotor de una turbina está formado por varios discos con paletas (llamadas álabes). Los álabes son como aspas de un molino: cuando sobre ellos impacta vapor de agua a presión, ejercen una fuerza tangencial sobre el eje del rotor, obligándolo a girar.

2.3. Turbinas de gas. Introducción

En algunas centrales térmicas se utilizan turbinas de gas, en lugar de turbinas de vapor. Las turbinas de gas son motores de combustión interna. Queman un combustible en su interior y funcionan (producen rotación en su eje) gracias a la presión que ejercen los gases generados en la combustión sobre una turbina. Tienen una gran ventaja: generan mucha potencia con un peso y un tamaño muy reducidos.

Un tipo de turbina de gas que seguramente conoces son los motores de los aviones a reacción. Las turbinas de gas usadas en las centrales son prácticamente como motores de avión, pero inmovilizados en el suelo.

2.3. Turbinas de gas. Funcionamiento

Un compresor (formado por discos con álabes) toma aire del exterior y lo comprime en unas cámaras de pequeño tamaño, las cámaras de combustión. En las cámaras de combustión se inyecta gas natural, que se quema inmediatamente. En la combustión se crean gran cantidad de gases que salen a alta velocidad de las cámaras de combustión. Antes de salir del motor hacia la chimenea, los gases pasan a través de una turbina, a la que hacen girar. La turbina está unida en el mismo eje al compresor y a un generador, de modo que, al girar, hace que el compresor comprima más aire y que el generador produzca electricidad.

1. Compresor. Succiona aire y lo comprime en las cámaras de combustión.
2. Cámara de combustión. En su interior se quema gas natural y se crean gases de escape que hacen girar la turbina
3. Turbina. Impulsa el generador y el compresor.
4. Chimenea. Evacua los gases de escape
5. Generador. Impulsado por la turbina, produce electricidad

2.4. Centrales de ciclo combinado. Introducción

Las centrales térmicas más avanzadas son las de ciclo combinado. Reciben este nombre porque funcionan combinando dos tipos de turbinas: una de gas y una de vapor.

Son centrales muy eficientes. Mientras que una central clásica aprovecha un 35 % de la energía (el 35 % de la energía contenida en el carbón o en el fuel oil se transforma en electricidad), en una central de ciclo combinado se aprovecha un 55 %. Necesitan menos combustible para generar la misma cantidad de energía que una central clásica, lo que tiene dos consecuencias:

1. Contaminan menos: emiten menos cantidad de CO₂ y otros contaminantes que una central clásica, aunque siguen contaminando de forma importante.
2. Son muy rentables para las empresas energéticas: es necesario comprar menos combustible para vender la misma cantidad de electricidad. Además son centrales más baratas y rápidas de construir.

Por estas dos razones, en los últimos años se han construido decenas de centrales de ciclo combinado en España, centenares en todo el mundo.

2.4. Centrales de ciclo combinado. Funcionamiento

Las centrales de ciclo combinado disponen de dos turbinas: una de gas y una de vapor. En la turbina de gas se quema el combustible, normalmente gas natural. El rendimiento de esta turbina es del 35 %. En una central clásica el resto de la energía, el 65 %, se perdería por la chimenea en forma de calor. En las centrales de ciclo combinado se aprovecha el calor de los gases calientes que salen de la turbina de gas para calentar agua y generar más electricidad mediante una turbina de vapor. Los gases calientes se hacen pasar a través de un intercambiador de calor, una tubería en forma de serpentín por donde circula agua. Entra agua fría y sale vapor de agua a gran presión, que va a parar a una turbina de vapor unida a un generador. La combinación de los dos ciclos, el ciclo de gas y el ciclo de vapor, da como resultado que un 55 % de la energía se convierte en electricidad>.

2.5. Cogeneración

En muchas industrias, hospitales o grandes complejos hoteleros se necesita generar una cantidad importante de calor para llevar a cabo un proceso industrial o para calefacción. En lugar de instalar una caldera y obtener calor directamente, se puede optar por poner una pequeña planta eléctrica, como un generador diésel o una turbina de gas, y aprovechar el calor residual que genera. Una parte de la electricidad que produce la planta es consumida por el productor y el resto se vende, inyectándose a la red eléctrica. Esto es lo que se conoce como cogeneración, es decir, generar simultáneamente electricidad y calor.

Los beneficios de la cogeneración son enormes ya que se consigue aprovechar hasta un 90 % de la energía contenida en el combustible (un 35 % para producir electricidad y un 55 % para generar calor), disminuyendo la contaminación generada y la necesidad de importar combustible.

2.6. Centrales térmicas en España

Alrededor de un 43 % de la electricidad consumida en España proviene de la quema de un combustible fósil (fundamentalmente gas natural, carbón y fuel oil) en centrales térmicas. El 23 % de la energía eléctrica consumida en el año 2010 se obtuvo mediante centrales térmicas de ciclo combinado. La cogeneración produjo cerca del 11 % del total y las centrales térmicas clásicas, que utilizan carbón y fuel oil, un 9 %.

2.7. Ventajas e inconvenientes de las centrales térmicas

VENTAJAS:

- Son centrales relativamente baratas de construir, especialmente las modernas centrales de ciclo combinado.
- A diferencia de otras centrales, se pueden encender y apagar en cualquier momento, lo que permite adaptar su producción a la demanda eléctrica.
- Son las centrales eléctricas más rentables desde el punto de vista económico.

INCONVENIENTES:

- Generan gases contaminantes que afectan seriamente al medio ambiente. El dióxido de carbono que desprende la quema de combustibles fósiles contribuye al calentamiento global. Las centrales de carbón pueden producir deforestación a consecuencia de la lluvia ácida.

- España tiene muy pocos yacimientos de combustibles fósiles. Una parte importante de la riqueza del país se va diariamente en la compra de combustible a otros países.

2.8. Otros tipos de centrales térmicas

Además de las que hemos estudiado, hay otros tipos de centrales que funcionan transformando energía calorífica en energía eléctrica, y que, por lo tanto, también son centrales térmicas:

Las centrales nucleares consiguen la energía calorífica que necesitan gracias a la fisión de átomos de uranio y plutonio.

Las centrales termosolares toman el calor de la radiación solar.

Las centrales geotérmicas extraen energía calorífica del interior de la tierra inyectando agua líquida y captando vapor de agua a gran presión.

Las centrales de biomasa queman combustibles de origen biológico, como restos de poda, paja de cereales o astillas de madera provenientes de aserraderos o de la industria del mueble.

3. La central nuclear

3.1. Introducción

Las centrales nucleares son un tipo especial de central termoeléctrica. A diferencia de éstas, sin embargo, no extraen energía del calor producido al quemar un combustible fósil como el petróleo o el carbón, sino de la fisión de átomos de uranio. Algunas centrales también utilizan el plutonio, aunque son menos comunes, no las estudiaremos en esta miniunidad.

Es fácil reconocer una central nuclear por la presencia de un edificio de grandes dimensiones en forma de cúpula (aunque a veces tiene forma cúbica). Se trata del edificio de contención, donde se halla el reactor nuclear, el lugar en el que se produce la fisión nuclear.

3.2. La fisión del uranio

Antes de ver cómo funciona una central nuclear es necesario estudiar el proceso básico de donde sale la energía en este tipo de centrales: la fisión del uranio. Repasemos primero algunos conceptos sobre el átomo.

Como ya sabes por tus estudios de ciencias, la materia está formada por átomos. En el centro del átomo, el núcleo, hay dos tipos de partículas: los protones (partículas de carga positiva) y los neutrones (partículas sin carga). Los electrones, unas partículas más pequeñas con carga negativa, giran alrededor del núcleo. Los electrones son responsables de la forma de energía que denominamos electricidad y también de la energía química, del núcleo podemos obtener la energía nuclear.

Los núcleos de algunos átomos, como el uranio, son inestables. Esto significa que, de forma natural y en un periodo de tiempo más o menos largo, acaban rompiéndose para formar otros átomos diferentes que tienen núcleos más pequeños. Este fenómeno, la rotura del núcleo de los átomos para formar átomos más pequeños, se denomina fisión nuclear. Cuando se produce la fisión de un núcleo atómico se desprende una gran cantidad de energía que antes era utilizada por el núcleo para mantenerse unido.

El uranio, el elemento utilizado en las centrales nucleares, se fisiona rompiéndose en dos y formando átomos de criptón y de bario. En el proceso también se emiten 2 o 3 neutrones y se libera energía.

Para aprovechar la energía de los núcleos atómicos no basta con un solo átomo, es necesario que se produzca la fisión de muchos átomos al mismo tiempo.

Si ponemos suficiente cantidad de uranio junto se producirá lo que se denomina reacción en cadena. Los neutrones que salen de las fisiones chocan contra los núcleos de átomos próximos y hacen que se rompan. De cada fisión salen dos neutrones libres, lo que hace que el número de núcleos que se rompen vaya en aumento.

En una reacción en cadena se libera una cantidad muy grande de energía calorífica que se puede aprovechar para generar electricidad.

La rotura de los átomos (fisión) va acompañada de la emisión de partículas de gran energía. A esta emisión se le denomina radioactividad o también radiación. Existen tres tipos:

- RADIACIÓN ALFA (α): Núcleos de helio
- RADIACIÓN BETA (β): Electrones
- RADIACIÓN GAMMA (γ): Partículas de luz no visible de gran energía

PELIGROS DE LA RADIOACTIVIDAD

La exposición a la radioactividad es muy peligrosa para todos los seres vivos. Las radiaciones, al impactar contra los tejidos vivos, pueden provocar desde quemaduras hasta la muerte en poco tiempo, la aparición de cáncer o el nacimiento de niños con malformaciones. Por esta razón las centrales nucleares deben disponer de mecanismos de seguridad para evitar cualquier emisión de radioactividad al exterior.

3.3. La central nuclear

Ahora que ya hemos visto los fundamentos básicos de la fisión del uranio, vamos a ver cómo funciona una central nuclear por dentro.

En el interior del edificio de contención se halla el reactor nuclear y todos los elementos que están en contacto con la radioactividad. Está hecho con paredes de hormigón muy gruesas para evitar cualquier posible fuga radioactiva.

El reactor es un recipiente muy resistente hecho de acero donde se introduce el combustible nuclear (normalmente uranio) y tiene lugar la fisión.

El uranio se coloca en forma de barras muy delgadas de unos 4 m de longitud, las barras de combustible, se necesitan centenares de estas barras. El hecho de poner mucho uranio junto hace que comience una reacción en cadena que liberará una gran cantidad de energía calorífica.

Para controlar el calor generado por la fisión del uranio, y por tanto la potencia de la central, se colocan entre las barras de combustible otras barras de un material que absorbe los neutrones (normalmente una aleación de boro, cadmio o hafnio), son las denominadas barras de control.

Las barras de control se pueden introducir más o menos en el reactor. Cuanto más se introducen menor es la potencia generada. Si se introducen totalmente acaban deteniendo la reacción en cadena y, por tanto, la central se para.

Dentro del reactor circula agua impulsada por bombas. Esta agua sirve para refrigerar el reactor y para extraer el calor generado hacia el exterior. Al salir del reactor el agua está a unos 300° C, no está en forma de vapor ya que se mantiene a alta presión.

El agua que sale del reactor va a parar a un aparato denominado generador de vapor y después vuelve nuevamente al reactor, a este recorrido se le denomina circuito primario. En el generador de vapor se transferirá parte de su energía calorífica a moléculas de agua de otro circuito, el circuito secundario.

El agua del circuito secundario se transforma en vapor al recibir el calor del circuito primario. Este vapor viaja a gran velocidad por unas tuberías hasta la turbina y la hace girar. El generador está unido a la turbina por lo que también gira, produciendo electricidad.

El vapor que sale de la turbina no tiene energía cinética. Es necesario enfriarlo y convertirlo en agua (condensación) para usarlo de nuevo. Esta función la realiza un aparato denominado condensador haciendo pasar una tubería con agua fría en el recipiente donde está el vapor.

El condensador necesita agua fría para funcionar. Muchas veces se coge agua directamente de un río o del mar. En otras ocasiones se utiliza una torre de refrigeración. En el interior de la torre se forma una corriente de aire frío que entra por la parte inferior y sale por arriba. Este aire enfría el agua del condensador que se hace caer como si fuera una ducha.

El resultado de todo este proceso es la transformación del calor de la fisión nuclear en electricidad. Como en todas las centrales eléctricas, se eleva la tensión de la corriente que se ha producido y se inyecta a la red eléctrica.

Cuando el combustible se gasta se convierte en un residuo radioactivo muy peligroso que es necesario tratar con mucho cuidado. Al principio se guarda en las mismas centrales, pero más adelante es necesario buscarle un lugar definitivo durante miles de años hasta que deje de ser radioactivo.

3.4. Energía nuclear en España

En España existen en la actualidad 8 centrales nucleares en funcionamiento: Almaraz I y Almaraz II (Cáceres), Sta. María de Garoña (Burgos), Trillo (Guadalajara), Ascó I y Ascó II (Tarragona), Vandellòs II (Tarragona) y, Cofrentes (Valencia).

La primera central nuclear en construirse fue la de José Cabrera (o central de Zorita), en la provincia de Guadalajara, en 1968. En 2006 expiró su licencia de explotación y se cerró. Ahora está en proceso de desmantelamiento. La última en construirse fue la de Trillo, también en Guadalajara, en 1988.

La central de Vandellòs I, en Tarragona, sufrió un incendio en 1989, en la parte no nuclear de la central que hizo necesario su cierre. Está en proceso de desmantelamiento.

ALGUNOS DATOS SOBRE LAS CENTRALES NUCLEARES

Las centrales nucleares suponen un 8 % de la potencia eléctrica instalada en España. Se caracterizan por ser centrales muy potentes (unos 1000 MW). Son centrales de base, lo que quiere decir que prácticamente siempre están funcionando, razón por la cual su contribución a la generación de energía eléctrica es bastante elevada, un 22 % del total.

No existen proyectos para construir más centrales nucleares en los próximos años. Se prevé mantener en funcionamiento las que hay en la actualidad hasta que acaben su vida útil, que es de unos 40 años.

3.5. Energía nuclear en el mundo

En la actualidad hay 440 centrales nucleares funcionando en el mundo. Estas centrales producen el 17 % de la electricidad consumida a nivel mundial, el 33 % en la Unión Europea.

NÚMERO DE CENTRALES NUCLEARES POR PAÍSES: Estados Unidos (104), Francia (58), Japón (50), Rusia (32), India (20), Reino Unido (19), Canadá (18), Alemania (17), Corea del S. (17), Ucrania (15), China (14), Suecia (10), España (8), Bélgica (7), Rep. Checa (6), Suiza (5), Eslovaquia (4), Finlandia (4), Hungría (4) y Pakistán (3).

Además de los países indicados, hay 9 más que tienen 1 o 2 centrales nucleares: Argentina, Brasil, Bulgaria, México, Sudáfrica, Armenia, Holanda, Rumania y Eslovenia.

Desde el año 1986, en el que hubo un terrible accidente en la central ucraniana de Chernóbil, que afectó a miles de personas, la energía nuclear es cuestionada por una parte importante de la ciudadanía. Esta desconfianza se ha acentuado tras el accidente en la central japonesa de Fukushima, ocurrido en marzo de 2011.

La postura que tienen los diferentes estados, sin embargo, es muy diversa. Desde los que consideran que es

demasiado peligrosa y han renunciado a la energía nuclear o lo harán en los próximos años, como Alemania, Italia, Austria o Suiza, a otros que creen que se trata de una tecnología segura y que es mejor tener centrales nucleares que importar mucho petróleo del exterior. En esta postura destaca Francia, que produce casi el 80 % de su electricidad con centrales nucleares.

Algunos países defienden la energía nuclear para cumplir el protocolo de Kyoto (reducción de gases de efecto invernadero) argumentando que no producen emisión de dióxido de carbono.

Otro aspecto polémico de esta energía es su relación con las armas nucleares, ya que disponer de centrales nucleares permite obtener las materias primas (plutonio o uranio enriquecido), la tecnología y el personal cualificado necesario para fabricar bombas atómicas. Algunos países que quieren poseer este tipo de armamento están interesados en instalar centrales nucleares más bien por cuestiones militares que por cuestiones energéticas.

3.6. Ventajas e inconvenientes de la energía nuclear

VENTAJAS:

- Las centrales nucleares no emiten gases contaminantes a la atmósfera, y por tanto no contribuyen al efecto invernadero
- Son centrales muy potentes

INCONVENIENTES:

- En caso de accidente nuclear las consecuencias pueden ser catastróficas
- Se generan residuos radioactivos que son peligrosos durante miles de años
- Son centrales muy caras de construir
- Se tardan muchos años en construir una central nuclear

4. La central hidroeléctrica

4.1. La energía del agua

Seguro que alguna vez has llevado un cubo lleno de agua. Habrás notado que hace falta mucha energía para elevarlo (cada litro de agua pesa 1 kg, un cubo entero pesa unos 8 kg). Si esto es así para un simple cubo de agua, imagina qué cantidad de energía hay en los miles de litros que bajan cada segundo por un río. Una parte de la electricidad que consumimos proviene de un tipo de centrales eléctricas, las centrales hidroeléctricas, que aprovechan la energía del movimiento del agua de los ríos. La estudiaremos a continuación.

4.2. La energía hidráulica es un tipo de energía solar

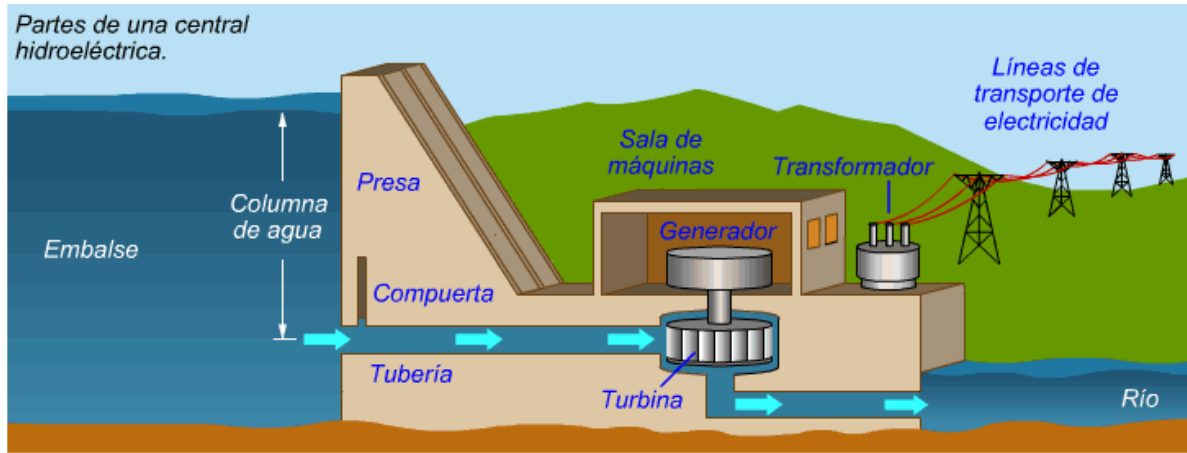
La energía que contiene el agua que baja por una pendiente se denomina energía hidráulica y en realidad es un tipo de energía solar. Dos tercios de la superficie de nuestro planeta están cubiertos de agua. El Sol calienta el agua de los océanos y la evapora, formando nubes. El agua que transportan las nubes cae en forma de lluvia, creando ríos que conducen el agua de nuevo al mar, cerrando el ciclo, el llamado ciclo hidrológico. Sin el Sol, el ciclo se pararía.

4.3. Ruedas hidráulicas

La energía del agua se ha aprovechado desde hace miles de años mediante el uso de ruedas hidráulicas. Una rueda impulsada por una corriente de agua inferior podía servir para mover un molino de trigo (obtención de harina para hacer pan). Una rueda movida por una corriente de agua superior se podía utilizar para impulsar una sierra en un aserradero para troncos. Las ruedas hidráulicas son las precursoras de las modernas turbinas hidráulicas que veremos más adelante.

4.4. La central hidroeléctrica. Esquema general

Las centrales hidroeléctricas son instalaciones donde se aprovecha la energía del agua para generar electricidad. Su funcionamiento es sencillo. Se construye un muro, la presa, que retiene el agua de un río. Se toma agua embalsada y se conduce mediante una tubería hasta una turbina. Gracias a la presión que ejerce la columna de agua por encima de la tubería, el agua llega a la turbina a gran velocidad y la hace girar rápidamente. La turbina comparte eje con un generador eléctrico por lo que, al girar, también hace girar al generador, que produce electricidad. Para transportar la electricidad hasta las zonas de consumo, viviendas e industrias lejanas, es necesario elevar su tensión hasta varios centenares de miles de voltios, que se hace mediante un transformador.



4.4. La central hidroeléctrica. Situación

La presa de una central hidroeléctrica es un enorme muro de hormigón muy difícil y caro de construir. Para que la presa necesaria sea lo más pequeña posible, debe ubicarse en una zona estrecha del río. Hay básicamente dos tipos: de gravedad y de bóveda. La elección de un tipo u otro depende de las características geológicas del terreno.

4.4. La central hidroeléctrica. Presas de gravedad

Si el terreno donde se debe instalar la presa es poco consistente, los ingenieros deciden construir presas de gravedad. Este tipo de presas tienen sección triangular y una gran masa, por lo que se necesita una gran cantidad de hormigón para construirlas. Resisten la presión del agua embalsada gracias a su peso.

4.4. La central hidroeléctrica. Presas de bóveda

Si el terreno es suficientemente resistente, como en gargantas y cañones de paredes rocosas, los ingenieros deciden construir presas de bóveda. Este tipo de presas tiene forma curvada y resisten la presión del agua embalsada gracias a que transmiten la fuerza a las paredes de roca de los laterales. No se necesita tanto hormigón para construirlas, por lo que son más económicas que las de gravedad.

4.4. La central hidroeléctrica. Sala de máquinas

En la base de la presa acostumbra a estar la sala de máquinas, el edificio donde se encuentran las turbinas y los generadores.

4.4. La central hidroeléctrica. Turbinas

Aunque las turbinas empleadas en las modernas centrales hidroeléctricas son las descendientes de las antiguas ruedas hidráulicas, poco tienen que ver con ellas ya. Las turbinas actuales son máquinas calculadas al milímetro para extraer toda la energía posible del agua. Las tres turbinas más utilizadas: la turbina Pelton, la Francis y la Kaplan. Son tan diferentes entre sí porque están diseñadas para funcionar a diferentes presiones de agua o, lo que es lo mismo, en embalses de diferentes alturas. *Turbina Pelton (alta presión), Turbina Francis (media presión), Turbina Kaplan (baja presión).*

4.5. Energía hidroeléctrica en España

Las centrales hidroeléctricas generan alrededor del 16 % de la energía eléctrica consumida en España. El potencial hidroeléctrico de la Península Ibérica no es muy grande ya que es un territorio, en general, de clima seco y de precipitaciones no uniformes. La mayor parte del potencial hidroeléctrico de los grandes ríos se ha utilizado ya. Queda todavía algo de espacio para la minihidráulica, unas centrales hidroeléctricas de pequeño tamaño que aprovechan la energía de pequeños ríos de montaña y que se caracteriza por tener un bajo impacto ambiental.

4.6. Ventajas e inconvenientes de las centrales hidroeléctricas

VENTAJAS:

- No contaminan ni generan ningún residuo peligroso.
- Es una energía renovable, se regenera de forma natural.
- La fuente de energía es gratuita.
- Acumulan agua potable, asegurando el suministro a toda la población.
- Las presas regulan el caudal de los ríos, evitando inundaciones catastróficas.
- Los embalses permiten establecer nuevas tierras de regadío.

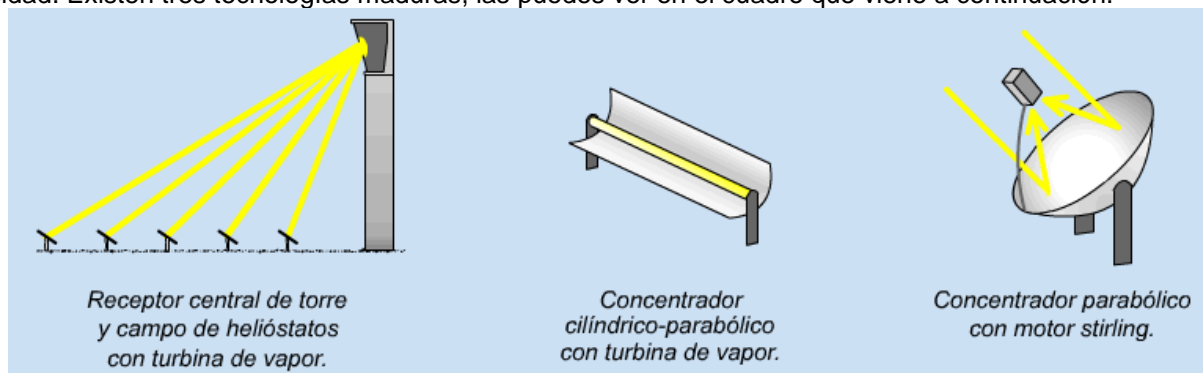
INCONVENIENTES:

- La construcción del embalse puede inundar poblaciones, suponiendo el desplazamiento y desarraigo de muchas personas.
- Se inundan tierras agrícolas fértiles.
- Se inundan valles llenos de fauna y vegetación, a veces de gran valor ecológico.
- La construcción de una central hidroeléctrica es un proceso caro y lento.
- La rotura de una presa puede suponer una catástrofe.

5. La central termosolar

5.1. Centrales termosolares

Seguramente estarás familiarizado con las células solares, que se utilizan en las calculadoras, los coches solares o en casas aisladas para generar electricidad. Se trata de la energía solar fotovoltaica, una forma de obtener electricidad que cada vez se utiliza más. Sin embargo, existen otras tecnologías para obtener electricidad del sol que no son tan conocidas, pero que podrían tener un gran futuro en el siglo XXI, las centrales termosolares. En ellas, la energía del sol se transforma en energía calorífica, que se utiliza para hacer girar un generador eléctrico y producir electricidad. Existen tres tecnologías maduras, las puedes ver en el cuadro que viene a continuación.



5.2. Centrales termosolares de torre

Una central termosolar de torre está compuesta por una gran extensión de espejos planos, los heliostatos, que reflejan la luz del sol en un receptor situado en lo alto de una torre.

Los heliostatos son grandes espejos planos instalados sobre un soporte orientable. Dos motores eléctricos van girando poco a poco el heliostato para que siempre refleje la luz del sol en el receptor de la torre.

En el receptor situado en lo alto de la torre se concentra toda la energía solar captada por el campo de heliostatos. La intensidad de luz solar en el receptor es de cerca de 1000 veces la normal y se alcanza una temperatura de más de 500° C. En el interior del receptor hay una caldera por donde circula un fluido que se calienta al recibir los rayos del sol.

El resto de la central es prácticamente igual que una central termoeléctrica clásica, como las que funcionan con carbón o gas natural. La diferencia más importante es que la energía calorífica necesaria para producir electricidad no proviene de quemar un combustible, sino de la luz del sol, lo que hace que sean centrales no contaminantes.

El fluido del circuito primario (vapor de agua, sodio, aceite, sales de nitratos, etc.) calienta el agua del circuito secundario, generando vapor a gran presión. El vapor hace girar la turbina y ésta al generador eléctrico. El vapor exhausto que sale de la turbina se enfría, mediante una torre de refrigeración, para licuarlo y volverlo a utilizar.

El resultado de todo el proceso es la transformación de la energía solar (energía radiante) en energía eléctrica. De forma intermedia, la energía solar se convierte en energía calorífica, de aquí el nombre de centrales termosolares. Este tipo de centrales tiene un rendimiento del 20 % (transforman un 20 % de la energía solar que reciben en energía eléctrica).

Solar Two (California, EE UU) es uno de los primeros ejemplos de centrales de torre. Fue una central experimental que estuvo en funcionamiento entre 1996 y 1999. Sirvió para demostrar que el concepto de central de torre es tecnológica y económicamente viable. La tecnología desarrollada se ha utilizado para construir centrales más modernas, algunas en España.

Solar Two tenía 1818 heliostatos de 39 m² y 108 de 95 m², en total una superficie de espejos planos de 81 162 m². Con esta superficie de captación solar generaba una potencia eléctrica de 10 MW, suficiente para hacer funcionar a la vez 100 000 bombillas de 100 W.

La energía solar (energía radiante) captada por los heliostatos se concentraba en el receptor, en lo alto de una torre de 91 m de altura situada en el centro del campo de heliostatos. Este sistema permite una gran concentración de la radiación solar, unas 800 veces la intensidad luminosa sin concentración, alcanzándose una temperatura de 565° C o más.

Las torres de refrigeración de Solar Two. Utilizaba tres torres de tiro forzado. En este tipo de torres de refrigeración, unos potentes ventiladores crean una corriente de aire que enfría el agua utilizada en el condensador, son más pequeñas y baratas de construir que las de tiro natural, sin embargo consumen más energía para funcionar.

¿CÓMO HACER FUNCIONAR UNA CENTRAL SOLAR SIN SOL?

La mayor limitación de las centrales solares es que no pueden producir energía de noche ni durante los días nublados. Para paliar este inconveniente se han desarrollado sistemas de acumulación de la energía calorífica. Solar Two utilizaba sales de nitratos fundidas como fluido receptor del calor del sol en el circuito primario. Las sales calientes se acumulan en un depósito de gran tamaño, lo que permite utilizarlas para producir electricidad cuando el cielo se nubla o incluso por la noche (3 horas de autonomía en esta central).

5.3. Centrales de colectores cilíndrico-parabólicos

Otro tipo de central solar es el que utiliza colectores cilíndrico-parabólicos. Estos colectores concentran la luz solar en un tubo central. Por el tubo circula un fluido, normalmente aceite térmico, que se calienta a una temperatura de unos 300° C, suficiente para producir vapor de agua y generar electricidad. Este tipo de colectores también se utiliza en la industria para calentar fluidos.

Los colectores cilíndrico-parabólicos se agrupan y se conectan entre sí para formar centrales solares.

El funcionamiento de las centrales de colectores cilíndrico-parabólicos es muy parecido al de las centrales de torre. El fluido calentado en el campo de colectores se envía al edificio de turbinas, donde se utiliza para producir vapor de agua, hacer girar una turbina de vapor y generar electricidad. Algunas centrales solares son híbridas, lo que quiere decir que tienen asociada una caldera auxiliar que funciona con gas natural. Poniendo en marcha la caldera se puede producir electricidad en días nublados o por la noche.

Vistas desde lejos todas las centrales solares se caracterizan por su gran tamaño. La energía de la radiación solar es difusa, por lo que se necesita una gran superficie para captar una cantidad de energía importante. Normalmente se instalan en desiertos o lugares donde el suelo es barato.

En un colector cilíndrico-parabólico los rayos solares captados por el espejo curvo son concentrados en el tubo receptor. La estructura que sostiene los espejos dispone de motores hidráulicos o eléctricos que le permiten mantener el colector siempre orientado hacia el sol.

Una central está compuesta por muchos colectores conectados entre sí. El tubo receptor de una hilera de colectores va a parar al principio de otra hilera de colectores (están conectados en serie), de esta manera el fluido (aceite térmico) se va calentando poco a poco hasta alcanzar unos 390° C.

5.4. Concentradores parabólicos con motores stirling

Por último, veremos los sistemas disco-stirling, la asociación de un motor stirling (un tipo de motor de combustión externa) y de un espejo parabólico. El espejo concentra la luz solar que recibe en un punto, el foco, donde se sitúa un motor stirling. Gracias al calor del sol, el motor gira y acciona un generador eléctrico, que produce electricidad.

El motor stirling es un motor térmico de combustión externa que se basa en el calentamiento y enfriamiento cíclico de un gas encerrado en un cilindro. Es un motor muy silencioso, su principal aplicación en la actualidad es impulsar submarinos y lanchas militares. Fue inventado en 1816 por el ingeniero escocés Robert Stirling.

Calentando y dejando enfriar alternativamente un cilindro que contiene un gas (aire, helio, hidrógeno, etc.), podemos conseguir que se desplace un pistón como consecuencia de la expansión y contracción del gas, ésta es la base del funcionamiento de un motor stirling. A este mecanismo se podría aplicar un generador eléctrico para producir electricidad. En los motores stirling utilizados en energía solar la fuente de calor es el sol y la refrigeración se hace utilizando el aire circundante a temperatura ambiente.

Un disco-stirling con un espejo de diámetro 8,5 m produce una potencia de 9,8 KW. Tiene un rendimiento del 21,6 %. Algunos discos-stirling han conseguido rendimientos del 30 %, el mayor de cualquier tecnología solar (incluidas las células fotovoltaicas).

Una de las ventajas del sistema de discos-stirling es que es escalable. Se podría instalar una máquina para suministrar electricidad a una casa aislada, por ejemplo, o agrupar miles de máquinas para formar una central eléctrica.

Al ser pequeñas unidades idénticas, también es posible su fabricación industrial en serie.

5.5. Centrales termosolares en España y el mundo

El petróleo es cada vez más escaso y caro. Los combustibles fósiles son fuente de conflictos internacionales y de degradación del medioambiente. Las centrales nucleares generan residuos radioactivos y suponen un gran peligro en caso de accidente. En este contexto las centrales termosolares pueden tener mucho futuro en el siglo XXI.

España es uno de los principales líderes a nivel internacional en la investigación y aprovechamiento comercial de la electricidad de origen termosolar. Nuestro país cuenta con un laboratorio internacional de gran experiencia, la Plataforma Solar de Almería (PSA), y ya dispone de numerosas centrales termosolares operativas y en construcción.

5.6. Ventajas e inconvenientes de las centrales termosolares

VENTAJAS:

- No emite ningún contaminante ni genera ningún residuo peligroso.
- Es una energía renovable, se regenera de forma natural.
- La fuente de energía es gratuita.
- Es una tecnología por explotar, las empresas que desarrollen sistemas económicamente viables tendrán un gran mercado.

INCONVENIENTES:

- Necesitan una superficie muy grande.
- Su producción es discontinua aunque, como hemos visto, se están desarrollando tecnologías para almacenar la energía solar.
- El coste de la energía solar todavía es mayor que la de origen convencional (petróleo, carbón o gas natural).

6. Energía solar fotovoltaica

6.1. La célula solar

Los sistemas fotovoltaicos se basan en dispositivos denominados células solares o células fotovoltaicas.

Una célula solar funciona gracias al efecto fotovoltaico, por el cual la energía de los fotones (partículas de luz) se transforma directamente en energía eléctrica.

Las células solares utilizan materiales semiconductores, especialmente el silicio.

Es fácil comprobar cómo las células solares producen corriente conectándolas a un motor eléctrico y exponiéndolas a la luz solar o a una fuente de luz artificial.

6.2. Partes de una célula solar

Las células solares más utilizadas son cuadradas. Tienen la apariencia y la fragilidad de un vidrio muy fino (menos de 0,5 mm de grosor). El cuerpo de la célula está formado por silicio dividido en dos capas diferentes: la capa n (negativa) y la capa p (positiva). La unión entre ambas capas se denomina unión p-n.

Las dos caras tienen grabadas electrodos, laminillas de material conductor, que tienen como función permitir la circulación de la corriente generada. Los electrodos son muy estrechos en la cara iluminada para no tapar la luz.

6.3. Tipos de células solares

Las células que encontramos en el mercado están basadas en el silicio (Si). Existen tres tecnologías, que se diferencian por la forma de fabricación, las características finales y el precio:

1. Silicio monocristalino: toda la célula es un único cristal, lo que permite obtener unos rendimientos bastante elevados (15-18 %).

2. Silicio policristalino: una célula está formada por multitud de pequeños cristales fusionados entre sí. El intercambio de electrones entre átomos no es tan eficiente y el rendimiento baja un poco (12-14 %). Se pueden construir con técnicas y materiales más baratos y por tanto su precio final es menor.

3. Silicio amorfo: las partículas del semiconductor se depositan sobre un vidrio transparente en una capa muy fina. Esta técnica permite construir células de cualquier tamaño y hace que el precio final sea más económico. Su rendimiento es bastante bajo, entre un 5 y un 8 %.

Además de las células de silicio, en aplicaciones espaciales (satélites y sondas planetarias) se utilizan células de arseniuro de galio (AsGa) que, a pesar de tener un gran rendimiento (alrededor de un 25%), tienen un precio tan elevado que hace inviables las aplicaciones terrestres.

6.4. ¿Cómo funciona una célula solar?

Un fotón de luz que choca contra un átomo de silicio puede hacer que uno de sus electrones tenga suficiente energía para deshacerse de la atracción del núcleo del átomo. Este electrón puede moverse entonces de una manera aleatoria entre los átomos del semiconductor, se dice que es un electrón libre.

La capa de silicio tipo n (negativa) tiene electrones en exceso y a la capa p (positiva) le faltan electrones. Si ponemos en contacto una capa n y una capa p, se forma una unión p-n, un campo eléctrico que induce a los electrones libres a moverse hacia la capa n.

Cuando iluminamos una célula, en la capa n se van acumulando cargas negativas y en la capa p, debido a la ausencia de electrones, cargas positivas. Si conectamos un cable entre las dos capas, los electrones que se encuentren en exceso en la capa n se mueven hacia la capa p generando corriente eléctrica que puede ser utilizada para realizar un trabajo útil, por ejemplo hacer funcionar una bombilla.

6.5. El panel solar

Normalmente las células solares no se utilizan solas sino agrupadas en un panel o módulo solar.

La función de los paneles es proteger a las células de los agentes exteriores (lluvia, viento, etc.) y permitir una fácil instalación. Están formados por un conjunto de células (a veces medias células) emparedadas entre varias capas de materiales protectores. Un marco de aluminio da rigidez al conjunto y permite la fijación a cualquier estructura.

Las células solares producen corriente continua. La tensión de salida de una célula individual es de unos 0,5 V. En el interior del panel las células están conectadas en serie para conseguir una tensión más elevada.

En el mercado hay una gran variedad de paneles solares de diferentes medidas, potencia y tensión de salida.

6.6. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Hay dos tipos de sistemas fotovoltaicos:

1. Sistemas aislados: Son instalaciones que tienen total autonomía energética. Por motivos económicos, técnicos o medioambientales no es posible o conveniente hacer llegar la red de distribución eléctrica. La energía eléctrica que generan los paneles se utiliza para alimentar directamente a los receptores. La energía sobrante se almacena en baterías. Estos sistemas se utilizan en casas rurales aisladas, sistemas de señalización, satélites, vehículos solares, aplicaciones agrícolas, etc.

2. Sistemas conectados a la red: En este tipo de instalaciones la energía eléctrica producida por los paneles solares se inyecta a la red eléctrica (se vende). No disponen de baterías. Si se trata de un edificio que también necesita consumir electricidad, esta electricidad se toma de la red de distribución (se compra).

6.6.1. Sistemas fotovoltaicos aislados. Calculadoras

El sistema fotovoltaico aislado más sencillo y con el que estamos más familiarizados es una calculadora solar. Su sistema eléctrico consiste únicamente en una célula solar conectada directamente al circuito electrónico de la calculadora, no necesita batería. Usa células de silicio amorfo.

6.6.1. Sistemas fotovoltaicos aislados. Casas aisladas

Una de las aplicaciones más comunes de las células solares es la de dar suministro eléctrico a casas aisladas. Llevar una línea eléctrica a una casa alejada de la red de distribución es muy caro. En estos casos resulta más económico un sistema fotovoltaico autónomo.

6.6.1. Sistemas fotovoltaicos aislados. Carreteras y autopistas

Otro ámbito en el que encontramos muchas aplicaciones es en carreteras y autopistas. Los sistemas fotovoltaicos son ampliamente utilizados para alimentar equipos aislados como cámaras, señales, puntos de socorro, etc. También podemos encontrar sistemas fotovoltaicos en la ciudad, donde la red eléctrica está muy próxima, como en parquímetros o en alumbrado público. En estos casos la energía solar resulta más económica que realizar las obras (zanjas, canalizaciones, pavimentación, etc.) necesarias para tener acceso a la red.

6.6.1. Sistemas fotovoltaicos aislados. Vehículos

Una aplicación espectacular de la energía solar fotovoltaica son los coches solares, como el Despertaferro, diseñado por alumnos de la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya). En otros vehículos, como pequeños barcos a vela o caravanas, se utiliza para cargar las baterías de los sistemas eléctricos.

6.6.1. Sistemas fotovoltaicos aislados. Satélites

En el espacio, donde es necesaria una fuente de energía autónoma y fiable, se utilizan frecuentemente las células solares. Es el caso de los satélites y otros ingenios espaciales, como la Estación Espacial Internacional, un centro de investigación situado en órbita terrestre.

6.6.2. Sistemas fotovoltaicos conectados. Fachadas

La Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró (Barcelona) es un buen ejemplo de edificio con una fachada fotovoltaica conectada a la red eléctrica.

6.6.2. Sistemas fotovoltaicos conectados. Pérgolas

Otra configuración utilizada en sistemas conectados son las pérgolas fotovoltaicas. La idea es crear un espacio sombreado en zonas públicas a la vez que se genera electricidad no contaminante que se inyecta a la red.

6.6.2. Sistemas fotovoltaicos conectados. Instalaciones de particulares

Un ejemplo de un piso con paneles solares conectados a la red de distribución. Los avances en células fotovoltaicas y otros sistemas de producción eléctrica a pequeña escala hacen pensar a algunos ingenieros que en el futuro la generación de electricidad no se producirá solamente en unas pocas centrales de gran potencia, como fundamentalmente pasa ahora, sino también en miles de pequeños puntos de producción conectados a la red eléctrica y coordinados informáticamente. Es lo que se conoce como generación distribuida.

6.6.2. Sistemas fotovoltaicos conectados. Centrales

Las centrales fotovoltaicas conectadas a la red son las instalaciones más potentes. De momento son centrales eléctricas de pequeña o mediana potencia (las mayores tienen algunas decenas de megavatios), pero cada vez es más probable que, dado el encarecimiento del petróleo, el aumento de los problemas medioambientales y el abaratamiento de las células solares, en un futuro cercano haya centrales fotovoltaicas de gran potencia.

6.7. Energía fotovoltaica en España y el mundo

En los últimos años el número de instalaciones fotovoltaicas ha crecido enormemente y la previsión es que continúe haciéndolo. En el año 2009 la potencia total instalada en el mundo era de 22 878 MW. España es uno de los países con mayor energía fotovoltaica instalada, con 3337 MW en del 2009, la potencia de 3 centrales nucleares. No obstante, la contribución de la energía fotovoltaica a la producción de electricidad en España es todavía muy pequeña, alrededor de un 2% del total.

6.8. Ventajas e inconvenientes de las centrales fotovoltaicas

VENTAJAS:

- No emiten ningún contaminante ni generan ningún residuo peligroso.
- Utilizan una energía renovable.
- La fuente de energía es gratuita.
- El coste de mantenimiento es muy bajo.

INCONVENIENTES:

- Necesitan una superficie muy grande.
- Su producción es discontinua.

- El coste de la energía solar todavía es mayor que la de origen convencional.
- El rendimiento de las células solares no es muy alto.

7. La central eólica

7.1. Introducción

La utilización de la energía eólica, es decir, el aprovechamiento de la fuerza del viento, es muy antigua. La primera aplicación fue el uso de velas en los barcos. Posteriormente, hace unos dos mil quinientos años, aparecieron en la antigua Persia (el actual Irán) los primeros molinos de viento, que se utilizaban para moler cereales y hacer harina o para extraer agua de pozos. Desde Persia los molinos de viento se extendieron por todo el mundo. En Europa se utilizan desde la Edad Media, especialmente en el Mediterráneo y en el Norte. En España son muy conocidos los molinos de La Mancha (cerca de Toledo y Cuenca) y de las Islas Baleares. Durante el siglo XX se desarrollaron molinos para producir electricidad, su principal utilización en la actualidad.

7.2. Tipos de molinos de viento

Los molinos de viento más utilizados son los siguientes:

CLASIFICACIÓN DE LOS MOLINOS DE VIENTO MÁS UTILIZADOS			
Tipos	Características	Usos	
AEROMOTORES	Transforman la energía cinética del viento en energía mecánica	Bombeo de agua de pozos	
AEROGENERADORES	Transforman la energía cinética del viento en energía eléctrica	De pequeña potencia	Casas de campo, viviendas aisladas, veleros, etc.
		De gran potencia	Se agrupan formando centrales eólicas. Producen electricidad para la red eléctrica.

7.2.1. Aeromotores

- Transforman la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación.
- Se utilizan para mover otras máquinas, normalmente bombas de agua que extraen agua de pozos.
- La mayoría de aeromotores tienen el diseño que se llama molino multipala americano.
- Fue desarrollado en el siglo XIX y se puede encontrar por todo el mundo.

7.2.2. Grandes aerogeneradores

- Transforman la energía cinética del viento en electricidad.
- Tienen un tamaño muy grande.
- Se pueden instalar solos, pero lo más común es verlos en grupos formando lo que se llama un parque eólico o central eólica.
- La energía eléctrica que producen se inyecta en la red eléctrica y va a parar a las viviendas y las industrias.

7.2.3. Pequeños aerogeneradores

- Transforman la energía cinética del viento en electricidad.
- Su tamaño es modesto, el rotor tiene entre 1 y 7 m de diámetro.
- Se utilizan en casas de campo, instalaciones aisladas y pequeños veleros.
- Tienen muy poca potencia, entre 200 W y 10 KW.
- La energía eléctrica que producen se almacena en baterías.
- Se complementan con energía solar o un generador diésel.

7.3. Grandes aerogeneradores

Los grandes aerogeneradores son las máquinas que más se han desarrollado en los últimos años y han permitido que la energía eólica se convierta en una energía competitiva desde el punto de vista económico. A partir de ahora nos centraremos en su estudio.

PARTES EXTERIORES DE UN GRAN AEROGENERADOR

- Palas: Están construidas con materiales ligeros y a la vez resistentes, normalmente plásticos como el poliéster o el epoxi reforzados con fibra de vidrio. Tienen un perfil similar al del ala de un avión. Las palas de los grandes molinos son de paso variable, lo que quiere decir que pueden girar sobre su eje para conseguir la mayor potencia posible en función de la velocidad del viento.
- Rotor: Se llama rotor al conjunto de todas las palas. Normalmente los grandes aerogeneradores tienen un rotor de 3 palas (son tripalas), algunos modelos solamente tienen 2 (bipalas).

- **Góndola:** La góndola es la estructura que soporta y protege de los agentes atmosféricos al generador eléctrico y a los elementos de control del aerogenerador.
- **Torre:** Está hecha de chapas de acero dobladas en forma prácticamente cilíndrica. Su función es mantener el rotor elevado para hacer que aproveche mejor el viento.
- **Freno aerodinámico:** Si el viento es demasiado lento o demasiado rápido hay que parar el rotor. Para hacerlo se utiliza el freno aerodinámico. Las puntas de las palas se giran y, de la misma manera que cuando sacamos la palma de la mano por la ventana de un coche, el aire hace una gran fuerza de resistencia al avance, lo que hace que el rotor se pare.
- **Cimientos:** Un gran molino está sometido a fuerzas que tienden a tumbarlo. De la misma manera que un árbol necesita raíces para sostenerse, un aerogenerador necesita de unos cimientos que le permitan sujetarse firmemente al terreno.
- **Sensores:** Los grandes aerogeneradores son máquinas inteligentes que necesitan captar información del exterior para adaptar su funcionamiento a las características del viento, esta tarea la hacen los sensores. Los más importantes son la veleta y el anemómetro. El anemómetro mide la velocidad del viento y la veleta mide la dirección del viento.

¿Cómo funciona un gran aerogenerador?

El componente interior más importante es el generador. Haciendo girar rápidamente el eje del generador se produce electricidad. Es el encargado de transformar la energía mecánica de la rotación del molino en energía eléctrica. La electricidad producida por el generador es extraída del aerogenerador a través de unos cables que bajan por el interior de la torre.

El generador está unido al rotor a través de dos ejes: el eje principal y el eje secundario. Estos ejes transmiten el movimiento del rotor hasta el generador. El primero es muy grueso ya que tiene que sostener al rotor y soportar grandes esfuerzos. El eje secundario es más delgado, es el que hace que gire el generador.

Entre los dos ejes está el multiplicador. El rotor gira poco a poco, alrededor de 20 veces por minuto. El generador, en cambio, necesita girar muy rápidamente para producir corriente, unas 1500 veces por minuto. El multiplicador es una caja de engranajes que hace que el eje del generador gire más rápidamente.

Se necesita un freno de seguridad para parar el generador cuando hay que repararlo o cuando hay algún problema de funcionamiento. Esta función la realiza un freno mecánico.

Cuando el viento cambia es necesario que la góndola gire horizontalmente para poner las palas de cara al viento. Para hacerlo dispone de un mecanismo de giro accionado por un motor eléctrico.

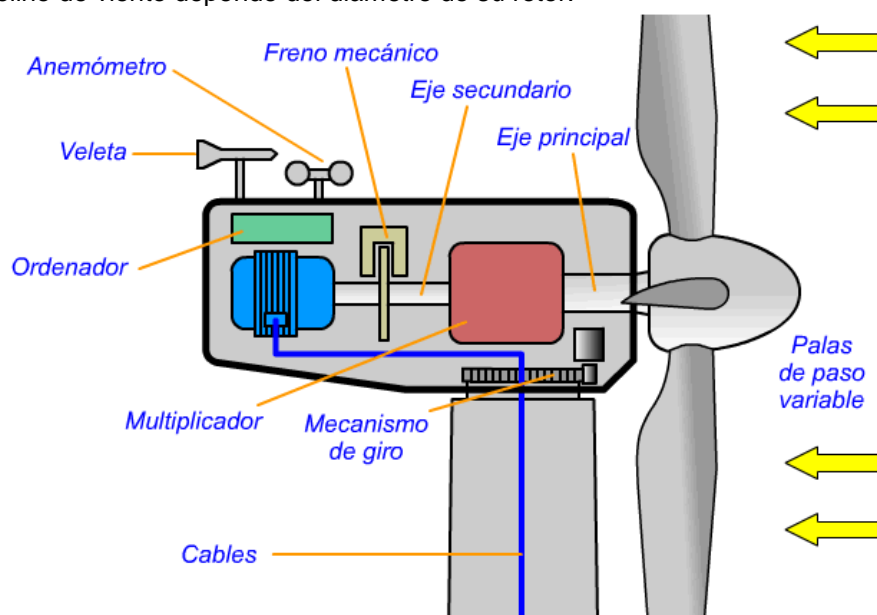
El elemento que decide hacia dónde hay que orientar el molino es un ordenador situado en el interior de la góndola. Un sensor exterior, la veleta, le indica cuál es la dirección del viento en cada momento.

El ordenador también necesita saber la velocidad del viento. Esta información le es suministrada por otro sensor: el anemómetro.

Si el viento es muy débil el molino no se puede conectar a la red. Si el viento es demasiado fuerte puede estropearse. En estas situaciones el ordenador frenará el molino accionando el freno aerodinámico de las palas.

Recuerda que las palas de los grandes aerogeneradores son de paso variable, es decir, pueden girar sobre su eje para adaptarse mejor al viento que sopla y obtener más energía. También es una función del ordenador determinar cuál es el ángulo adecuado en cada momento.

La potencia de un molino de viento depende del diámetro de su rotor.



7.4. La central eólica

Los grandes aerogeneradores se agrupan formando centrales eólicas. Otro nombre que reciben es el de parques eólicos. Normalmente hay entre 30 y 100 molinos, aunque puede haber centenares. Buscar un emplazamiento para

una central es complejo ya que hacen falta lugares ricos en viento (normalmente zonas de montaña) pero donde no se cree un impacto ambiental, especialmente visual, demasiado grande.

La electricidad generada por los molinos de una central eólica se inyecta en la red eléctrica y se distribuye a las casas y las industrias. Antes de que salga de la central se eleva la tensión para poder transportarla. Desde el centro de control un equipo de técnicos y ordenadores gobierna la central.

7.5. Energía eólica en España

España es el cuarto productor mundial de energía eólica, detrás de China, Estados Unidos y Alemania. La potencia total instalada hasta el año 2010 era de 19 813 MW, suficiente para dar suministro eléctrico a casi diez millones de familias. Esta cantidad no para de crecer y se prevé que en el 2020 será de unos 36 000 megavatios.

Algunas comunidades autónomas han llegado a una producción eólica considerable. Castilla y León, por ejemplo, generó en el año 2009 un 76 % de la potencia total eléctrica gracias a la energía eólica. Además de Castilla y León destacan Castilla-La Mancha, Galicia, Andalucía y Aragón.

7.6. Energía eólica en el mundo

La energía eólica es la forma de energía que más está creciendo a nivel mundial en la actualidad. Las causas son la reducción de los precios de producción gracias al desarrollo tecnológico y que muchos países están haciendo políticas para favorecer este tipo de energía no contaminante. Los principales productores son China, Estados Unidos, Alemania, España y la India.

7.7. Ventajas e inconvenientes de la energía eólica

VENTAJAS:

- No emite ningún contaminante ni genera ningún residuo peligroso.
- Es una energía renovable, se regenera de forma natural.
- Tiene un coste competitivo, similar al de otras energías no renovables.
- Las centrales eólicas se construyen en poco tiempo.

INCONVENIENTES:

- Puede provocar un gran impacto visual en ciertos emplazamientos.
- Su producción es discontinua.

8. La central mareomotriz

8.1. Energía mareomotriz

En la mayoría de las costas del mundo aparece el fenómeno de las mareas, es decir, el ascenso y descenso periódico del nivel del agua del mar (no hay que confundirlo con las olas). El Mont Saint-Michel, en el norte de Francia, es famoso por sus mareas. Se trata de un montículo situado en la orilla del mar que queda completamente rodeado de agua cuando las mareas son suficientemente altas.

Durante una marea se mueve una cantidad muy grande de agua. Toneladas y toneladas de agua se elevan para después volver a bajar. Se necesita una cantidad de energía enorme para elevar toda esa masa, y además sucede en tan sólo unas horas. Aprovechar esta energía para producir electricidad es el objetivo de las centrales mareomotrices.

8.2. ¿Cómo se forman las mareas?

Las mareas se forman gracias a la atracción del agua del mar por la Luna y el Sol, especialmente por la primera. La Ley de la Gravitación Universal de Newton dice que todos los cuerpos se atraen entre sí. La fuerza de atracción es mayor si la masa de los cuerpos es grande y están próximos. La Luna atrae el agua del mar que, al ser líquida, se deforma un poco en la dirección de la Luna. Puesto que la Tierra da una vuelta cada 24 h y su eje de giro está inclinado respecto a la Luna, el agua del mar en un punto determinado experimenta fuerzas de atracción que fluctúan a lo largo del día, lo que hace que el nivel de las aguas suba o baje.

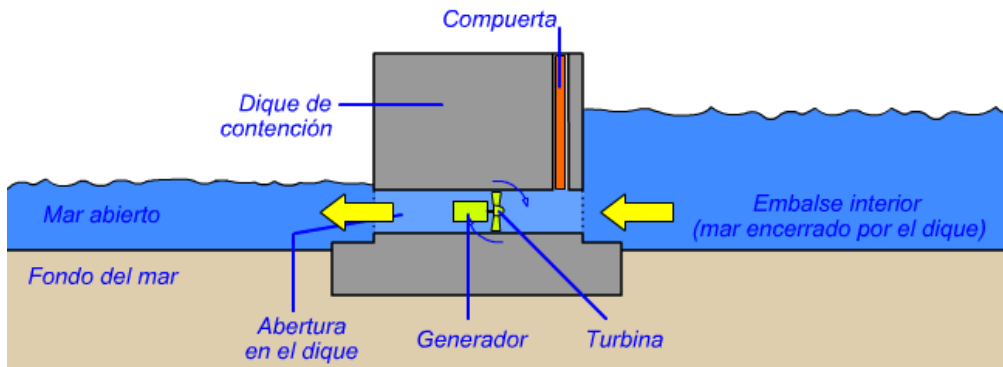
8.3. Un ejemplo de marea: el puerto de Saint-Malo

Muy a menudo las mareas se presentan en ciclos de 12 horas, aunque depende de la zona geográfica y de la época del año. La amplitud de la marea, la diferencia entre plenamar (altura del agua del mar en el momento de la marea alta) y bajamar, va variando a lo largo del año en función de la posición relativa de la Tierra, la Luna y el Sol. En el puerto francés de Saint-Malo, por ejemplo, en una marea durante un día de finales de verano, la diferencia entre la altura máxima del agua y la mínima es de más de nueve metros.

8.4. ¿Cómo funciona una central mareomotriz?

Una central mareomotriz es muy parecida a una central hidroeléctrica convencional. Se construye un dique (muro para retener agua o proteger alguna cosa del efecto del agua) que encierra un trozo de mar, normalmente un estuario (desembocadura amplia de un río), en una zona donde las mareas son de gran altura. En este dique se hacen unas aberturas cerradas con compuertas (estructura metálica que retiene o deja pasar agua) donde se colocan turbinas con generadores. La forma más habitual de generación de electricidad es la siguiente: cuando sube

la marea se deja pasar el agua del mar a través de las compuertas. Cuando el nivel de agua es máximo se cierran las compuertas. Al bajar la marea se abren las compuertas y el flujo de agua saliente mueve las turbinas y los generadores produciendo electricidad.



1. La marea comienza a subir.
2. El nivel de agua llega al máximo. Se cierran las compuertas.
3. Baja la marea. El nivel del embalse interior no baja porque la compuerta está cerrada.
4. Cuando la marea llega al mínimo (bajamar) se abre la compuerta.
5. El agua del embalse interior comienza a salir hacia el mar abierto. El flujo de agua hace girar la turbina y se produce electricidad.
6. Cuando los niveles de agua interior y exterior se equilibran hay que esperar a que suba de nuevo la marea para comenzar el ciclo.

8.5. Energía mareomotriz en el mundo

La energía mareomotriz todavía no está desarrollada. Solo existen dos centrales mareomotrices de tamaño relativamente grande en funcionamiento, la central de La Rance (Francia) y la de Sihwa (Corea del Sur). Hay también varias centrales de pequeño tamaño en Canadá, China, Rusia y Reino Unido. Las tres centrales más grandes: La Rance, Sihwa y Annapolis Royal (Canadá).

Annapolis Royal: situada en la Bahía de Fundy (Canadá), el lugar donde se producen las mareas más grandes del mundo, hasta 18 m. Fue construida en 1984 y tiene una potencia de 20 MW (megavatios), suficiente para dar suministro eléctrico a unas 27 000 personas.

La Rance: situada en el norte de Francia, en Saint-Malo. Entró en funcionamiento en 1966 y es la central mareomotriz más veterana, con más de 40 años de funcionamiento y la única de gran tamaño hasta la construcción de la central coreana de Sihwa. Tiene una potencia de 240 MW (megavatios), la potencia necesaria para dar suministro eléctrico a una ciudad de unos 223 000 habitantes.

Sihwa: situada en Corea del Sur. Se acabó de construir en el año 2011. Es la central mareomotriz más moderna y también la más potente (254 megavatios).

La energía mareomotriz puede tener un gran potencial en el futuro ya que hay muchas zonas en el mundo con mareas de hasta 18 m, como en la Bahía de Fundy en Canadá. Los países con más posibilidades son Rusia, India, China, Corea, Australia, Francia, Reino Unido, Argentina, Chile, México, Canadá y EE UU.

En España prácticamente no hay energía mareomotriz aprovechable. En el Mediterráneo, como en todos los mares cerrados, las mareas son muy pequeñas, de menos de 50 cm. En el Cantábrico y en el Atlántico las mareas son más importantes, pero inferiores a los 5 m que se consideran necesarios para tener un aprovechamiento energético económicamente viable.

8.6. La central mareomotriz de La Rance

La central mareomotriz de La Rance funciona desde hace más de 40 años y es, junto con la de Sihwa (Corea del Sur), la única de un tamaño considerable. Está formada por un dique de 700 m de longitud y 15 m de altura (la marea más alta llega a los 13,5 m en esta zona). El embalse interior tiene una superficie de 22 km². La central tiene 24 turbinas con generadores eléctricos capaces de producir una potencia de 240 MW (megavatios). La producción anual de energía es de 600 000 000 kWh anuales, la necesaria para dar suministro eléctrico a unas 223 000 personas.

8.7. Ventajas e inconvenientes de la central mareomotriz

VENTAJAS:

- No emite ningún contaminante ni genera ningún residuo peligroso.
- Se trata de una energía renovable, se regenera de forma natural.
- El coste de mantenimiento es bajo.

INCONVENIENTES:

- Se necesita una inversión muy elevada para construir una central mareomotriz.
- La producción de energía no es continua, sino sólo durante unas horas al día.
- Se puede producir un impacto ambiental importante en la zona donde se instala. Sólo se pueden aprovechar lugares donde el impacto ambiental sea reducido.