

# ENERGÍA Y ENERGÍA RENOVABLE



---

## **1. ¿QUE ES ENERGIA?**

- 1.1 Energía renovable e irrenovable
- 1.2 Consumo a nivel mundial

---

## **2. FUENTES DE ENERGIA RENOVABLE**

- 2.1 Plantas hidroeléctricas
- 2.2 Plantas eólicas
- 2.3 Plantas geotérmicas
- 2.4 Energía solar
- 2.5 La biomasa
- 2.6 La energía del mar

---

## **3. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES**

---

## **4. CALCULOS ENERGETICOS**

---

## **5. COSTO DE LA ENERGIA**

---

# 1

## ¿QUÉ ES ENERGÍA?

Cada vez que sobre un sistema determinado se realiza un trabajo acompañado de una modificación, sea de su posición, de su movimiento propio, o incluso de su condición molecular, esta realización procura a dicho sistema la capacidad de hacer el trabajo, o sea, le suministra energía.

Todas estas energías pueden transformarse continuamente una en otra. Así la energía calorífica puede transformarse en energía cinética, lo mismo que la energía mecánica puede convertirse en energía térmica; el calor puede transformarse en reacción química y, a la inversa, una reacción química puede procurar calorías. La energía eléctrica se transforma continuamente en energía mecánica o en energía calorífica.

En la energía nuclear, únicamente, la desintegración del átomo engendra calorías, pero sin que lo contrario sea posible.

Cuando se transforma en trabajo, la energía utilizada pierde siempre cierto porcentaje de su capacidad: hay una pérdida en la modificación, el rendimiento no es integral. En el conjunto del universo existe degradación constante de la energía. Entre las energías básicas, potenciales, se distinguen principalmente:

- la energía mecánica
- la energía térmica o calorífica
- la energía eléctrica
- la energía nuclear o atómica
- la energía química

### CONCEPTOS DE ENERGÍA:

De definición física abstracta, la energía ha llegado a convertirse en una magnitud indicativa de primer orden, verdadera moneda universal que cuantifica el grado de desarrollo tecnológico y capacidad económica de los pueblos.

No entrando aquí en consideraciones socio-filosóficas acerca de si la constante utilización de cantidades cada vez mayores de energía es el camino adecuado, lo cierto es que ésta ha sido la tendencia de los últimos dos siglos, en los que la potencia de las máquinas utilizadas en beneficio (al menos en principio) del hombre ha ido aumentando en proporciones impresionantes.



## 1. ¿QUÉ ES ENERGÍA?

En el siglo pasado los beneficios sociales derivados del uso de la energía superaron cualquier objeción planteada por el impacto o repercusión en el medio ambiente que dicho uso suponía. No así en las últimas décadas, en especial en los últimos quince años, en los que surge en toda su magnitud el angustioso problema de la contaminación y degeneración ambiental causado por una utilización inadecuada e incontrolada de la energía.

Quizás la cuestión sea no cómo llegar a producir cada vez más energía, sino como evitar necesitar cada vez mayores cantidades de la misma, aprovechando eficaz y racionalmente las fuentes energéticas renovables que nos ofrece la Naturaleza.

### 1.1 ENERGIA RENOVABLE E IRRENOVABLE

Las fuentes irrenovables de energía como carbón, petróleo y gas llegaron al Triángulo de las Bermudas desde el punto de vista, disminución de reservas, alta demanda y destrucción del medio ambiente.

La energía nuclear falla al no tener soluciones para los desechos radiactivos. El potencial de peligro es tan alto, que solo el ser humano perfecto puede controlarlo. Y este ser humano no existe. La fuerza principal para el desarrollo de vida en este mundo en los 4500 millones años pasados era la energía del sol. Una pequeña parte de esa energía llegó en millones de años a capas de piedras profundas, donde formó un almacén de energía gigante en forma de carbón, petróleo y gas. Los seres humanos en el tiempo de industrialización, aprendieron usar este almacén de energía para la producción de artículos. De esta manera se liberaron de la cadena de solo estar contento con la energía solar, cual nos manda el sol diariamente. Para la civilización se abrieron nuevas posibilidades, pero solo con el alto precio de dejarse a una fuente de energía agotable. Según estudios científicos, las reservas para petróleo alcanzan para aproximadamente 40 años más, para gas 60 años más y para el carbón unos 120 años más. Estos son datos según estimaciones del consumo actual.

Estas fuentes de energía irrenovable limitado nos enseñan, que no podemos seguir de la misma manera, cuando queremos dejar una reserva de emergencia para nuestros hijos.

Sol, viento y agua son, desde el punto visto hoy día, las únicas fuentes de energía del futuro se dice, pero todavía dominan fuertemente las fuentes irrevocables como nuclear, combustible y gas en la producción de energía al nivel mundial. A pesar de esto, los gobiernos de la mayoría de los países promueven con fondos del estado 50 veces más las investigaciones en las tecnologías de las energías irrevocables. Hoy al día, me-



Tubos de petróleo en Saudiarabia.

nos de 1% del consumo total del mundo se produce por energía solar o energía eólica. Agua produce por lo menos 2.5% de la energía mundial y 15% de la producción de la energía eléctrica. Para los ingenieros las nuevas tecnologías en el sector de producción de energía renovable hace tiempo están sin límites, sol, viento y agua, cada uno de estas fuentes renovables podrían encargarse para la producción de energía en el mundo. En países con alta radiación solar durante todo el año se tendría que obligar a la población a utilizarla por ley, como se muestra en el ejemplo de Israel. En este país se estipula que para construcciones nuevas hasta de nueve pisos, la producción de agua caliente para uso doméstico tiene que ser a través de colectores solares. En una gran área de Australia, América Latina, EEUU y Africa (lugares donde hay alta radiación solar y temperaturas suaves) se producen los colectores agua caliente para un precio de 0.01 - 0.02 U\$/kWh.

### 1.2 CONSUMO A NIVEL MUNDIAL

El consumo total de energía primaria no renovable en el mundo se calcula en 90.000 millones de kWh/año. Esto significa que para los seis mil millones de habitantes en este mundo les tocaría 15000 kWh /año a cada uno. Los 15000 kWh /año equivalen a 1.7 kWh pro hora por persona. Pero el consumo promedio por persona varía fuertemente entre diferentes países. En la lista mundial de consumo de energía Los Estados Unidos con 11 kW / Persona ocupen el primer lugar. Alemania con 6 kW consume 4 veces más que el promedio. Países en desarrollo como China 800 W, India 300 W, o Bangladesh 80 W se quedan claramente debajo del promedio. Eso significa que los deudores de energía en los países industrializados ricos tendrían que bajar su consumo, o por lo menos ayudar a países en vías de desarrollo a través de la enseñanza de nuevas técnicas del uso racional de energía. Pero la triste realidad es que muchas veces se venden a estos países aparatos viejos, los cuales trabajan con una eficiencia energética muy baja con un consumo de combustible muy alto.



Los norteamericanos son campeones mundiales en consumo de energía.

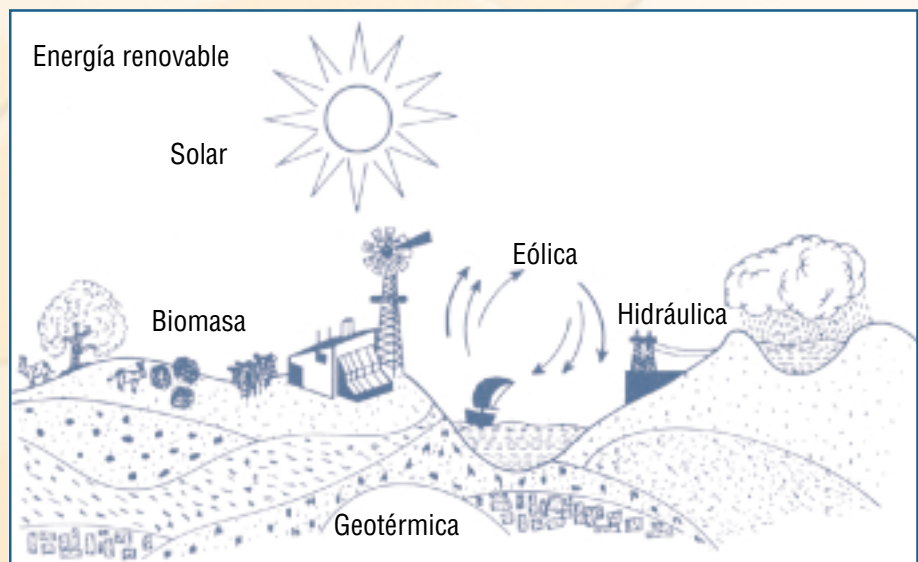


# 2

## FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

Las fuentes de energía renovables son aquellas que proceden del flujo de energía que recibe continuamente la Tierra, y que tiene su origen en el Sol, aunque en ciertos casos existe una cierta contribución de los campos gravitatorios terrestre y lunar.

La diferente distribución de la energía solar en la atmósfera influye a sí mismo en el movimiento de las masas de aire. Cuando el aire se calienta tiende a subir y es rápidamente sustituido por aire más frío, fenómeno que constituye el origen de los vientos. Por consiguiente, la energía eólica, o energía contenida en el viento es una forma indirecta de la energía solar y, por tanto de naturaleza renovable.



Otra parte de la energía solar que penetra en la atmósfera es absorbida por las plantas verdes para su crecimiento, que la almacenan en forma de energía química. Este es el primer eslabón de lo que se conoce como energía de la biomasa que se extiende posteriormente a todos los seres vivos e inevitablemente esta contenida en los diferentes residuos orgánicos que aquellos generan.

Por su parte la energía contenida en el interior de la Tierra o energía geotérmica tiene su origen remoto en el Sol. Muchas veces se considera esta fuente de energía como no renovable dado que no es debida al flujo energético continuo procedente del exterior de la Tierra. Sin embargo la continua disipación de la misma debida, entre otras razones a la fricción de las rocas internas de la corteza terrestre, hace que su flujo se puede considerar prácticamente inagotable por lo que se estudia como fuente renovable en diversas ocasiones.

Cuando el agua de mar absorbe la energía solar, se evapora y pasa a la atmósfera. Sin embargo, después de un cierto tiempo vuelve a caer en forma líquida o sólida acumulándose a diferentes alturas sobre la Tierra. La energía potencial que poseen estas masas de agua situadas a cierta altura

se transforma en energía cinética al precipitarse hacia más bajas. A la energía contenida por el agua en las condiciones citadas se le denomina energía hidráulica y se trata, evidentemente, de una fuente renovable de origen solar.

Finalmente la acción sobre los océanos de las fuerzas gravitatorias de la Luna, del calor solar y de los vientos origina, respectivamente, tres manifestaciones de la energía del mar: mareas, gradientes térmicas y olas que debido a los fenómenos implicados se pueden considerar a sí mismos energía renovable.

### 2.1 PLANTAS HIDROELÉCTRICAS:

La fuente más responsable y más fácil de manipular para la producción de energía eléctrica es el agua. Hace años las plantas hidroeléctricas podían competir con petróleo o la energía nuclear.

Existen dos tipos de plantas: Plantas directas que aprovechan el caudal directo del río y plantas con represas que forman un lago artificial. Como su nombre lo indica, la Planta Hidroeléctrica es la que aprovecha la energía hidráulica para producir energía eléctrica.

Sabemos que la energía se transforma, es decir, no se pierde. De igual manera, para obtener energía eléctrica debemos partir de alguna otra forma de energía para realizar el proceso de transformación.

Concentrando grandes cantidades de agua en un embalse se obtiene inicialmente energía potencial. Por la acción de gravedad, el agua adquiere energía cinética o de movimiento: pasa de un nivel superior a otro muy bajo, a través de las obras de conducción. A la energía desarrollada por el agua al caer se le denomina energía hidráulica.

Por su masa y velocidad, el agua produce un empuje que se aplica a las turbinas, las cuales transforman la energía hidráulica en energía mecánica. Esta se propaga a los generadores acoplados a las turbinas.

Los generadores producen energía eléctrica, la cual pasa a la subestación contigua o cerca de la planta. La subestación eleva la tensión o voltaje para que la energía llegue a los centros de consumo con la debida calidad.

Todo el proceso es conducido desde la Sala de Control de la Casa de Máquinas. Las partes constitutivas del complejo hidroeléctrico son:

- Fuentes de abastecimiento
- Obras de conducción
- Casa de Máquinas
- Subestación

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

### FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Es la que permite que la planta se mantenga en funcionamiento al suplir constantemente el agua con un caudal regulado.

La fuente está constituida por uno o varios ríos que aportan sus aguas a un embalse, el cual es fundamental para que el suministro de agua no se vea afectado por los frecuentes cambios del caudal del río o ríos. El embalse, pues, regula el caudal aprovechable; puede hallarse en el cauce de un río o en un sitio alejado de éste.

Para formar el embalse es necesario estudiar el área determinada de un río con un caudal preestablecido y definir el sitio para construir la presa.

La presa es una pared artificial que cierra un valle o depresión geográfica donde se almacena el agua.

En otros casos, la presa deriva un cierto caudal hacia las obras de conducción.

Para levantar la presa, se construye un túnel que desvía provisionalmente el cauce del río; por tal razón dicho túnel se llama Túnel de Desvío. En el área libre se construye la obra.

La presa puede incluir una estructura denominada Aliviadero o Vertedero, el cual permite que el agua excedente aportada al embalse sea liberada y fluya directamente al cauce natural aguas abajo.

Si la presa es vertedora, el caudal excedente vierte sobre ella una vez que ha superado el nivel máximo de embalse.

### OBRAS DE CONDUCCIÓN

Son las que realizan el traslado del agua desde el embalse hasta las turbinas.

Pueden ser canales, túneles o a veces una combinación de ambos y siempre rematan con Tubería de Presión o Tubería Forzada.

#### Canal

Es una obra de conducción de agua expuesta sobre la superficie del suelo. Se encuentra en la parte alta, generalmente entre el río y el embalse.

Puede incluir un desarenador, parte más profunda y ancha que el resto del canal. Su función es la de permitir el acumulamiento en el de arena y otros sólidos que el agua arrastra y que reducen el volumen de líquidos en el embalse.



### Túnel

Es un tramo de conducción bajo la superficie del suelo. Si se inicia en una de paredes del embalse, la entrada estará constituida por la Toma de Agua, la que tiene en el frente unas rejillas que evitan que objetos voluminosos y restos de plantas o animales penetren al túnel. En su extremo posterior, la Toma cuenta con una compuerta de acceso que permite o no que las aguas ingresen al túnel, según las necesidades. Generalmente está abierta.

### Tubería de Presión o Forzada

Es el tramo final de la conducción. Como su nombre lo especifica, es la que soporta las máximas presiones internas causadas por el agua. Cuenta con válvulas disipadoras de energía y de admisión para regular el flujo hacia las turbinas.

### Tanque de oscilación

Es una estructura de protección del túnel y de la tubería de presión.

En él se cumple el principio hidráulico de los vasos comunicantes, ya que el agua recupera dentro del mismo el nivel que haya en el embalse al cerrarse las válvulas de admisión de la Casa de Máquinas.

El tanque de oscilación absorbe la potentísima onda de choque, llamada Golpe de Ariete, producida por el cierre de válvulas. Esta onda incrementa considerablemente la presión interna de la tubería y se propaga hasta el tanque, el cual se ha llenado previa y muy rápidamente. El agua en él acumulada amortigua el Golpe de Ariete y así no se daña el túnel.

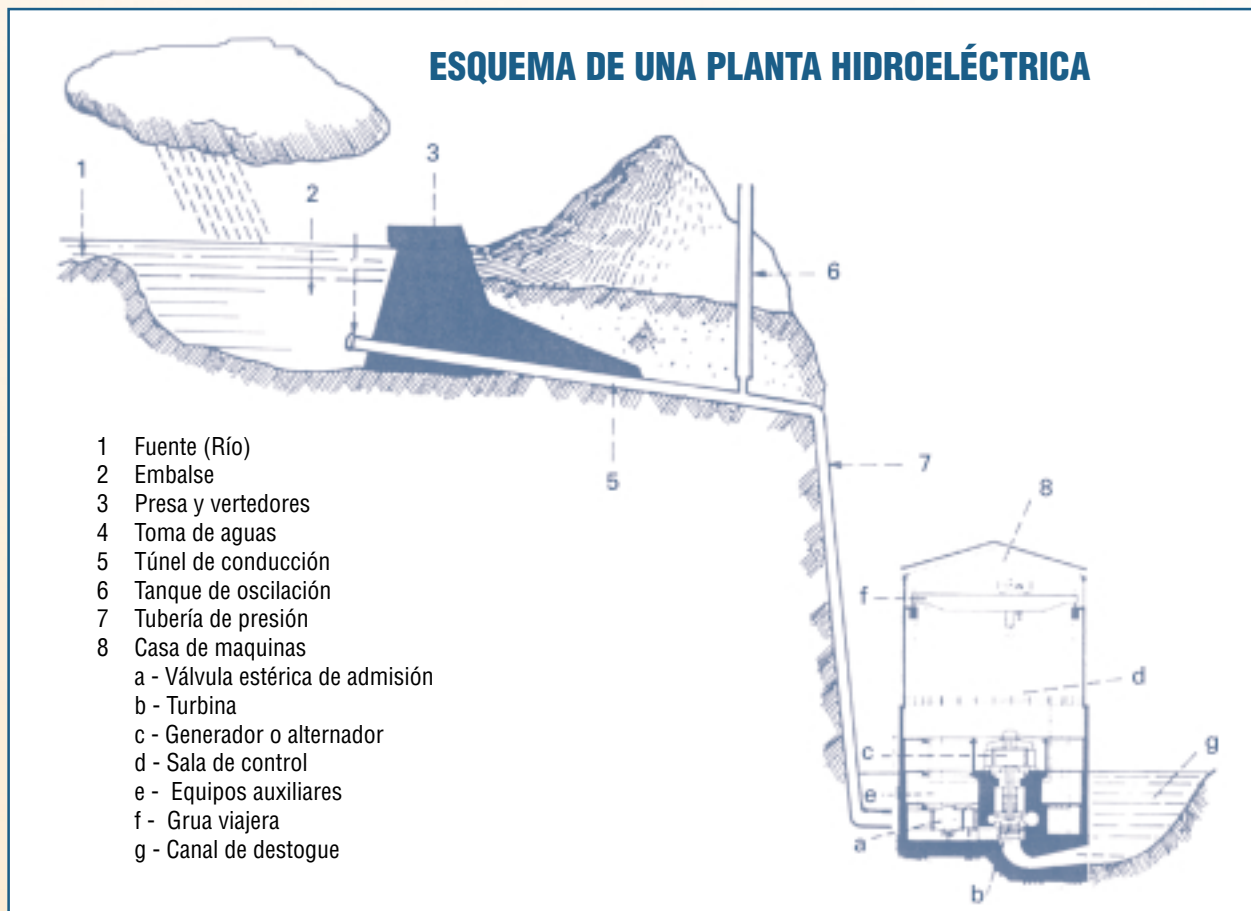
Al subir el agua dentro del Tanque, recupera gradualmente el nivel que tenía en el embalse.

Mientras se estabiliza, el agua oscila de nivel, de ahí el nombre del tanque. Simultáneamente, el recorrido del agua cesa. Además de asumir este rechazo de carga, el tanque de Oscilación cumple otra función cuando las válvulas se abren de nuevo.

Si no existiese el tanque, al abrirse las válvulas la succión producida aprovecharía el agua que haya en la Tubería de Presión, dejándola vacía. La presión interna sería nula ante la presión atmosférica, que podría dañar la Tubería.

El agua almacenada en el Tanque de Oscilación llena la tubería de presión mientras llega un flujo constante desde el embalse; de esta forma se evita el daño a la tubería.

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE



### CASA DE MÁQUINAS

Es la edificación donde se produce la energía eléctrica. Consta de varias partes. Entre la más importantes se encuentran las unidades tubogeneradoras, la Sala de Control y los equipos auxiliares; otras de menor importancia son la grúa viajera, la bodega, el desfogue, etcétera.

#### A) Unidades turbogeneradoras

Cada una está constituida por un acoplamiento entre una turbina y un generador.

##### A.1) Turbina:

Es el elemento que transforma la energía hidráulica en mecánica para accionar al generador. Las turbinas hidráulicas más conocidos son de tres tipos:

**PELTON:** son ruedas de impulso empleadas en caídas grandes. El eje es de posición horizontal.

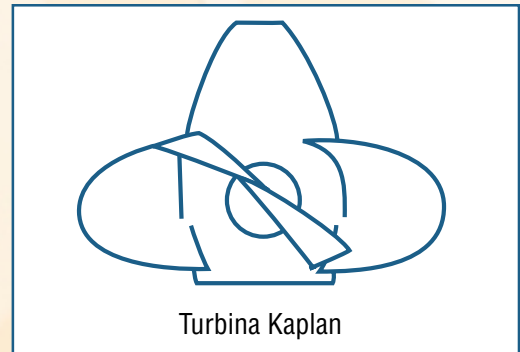
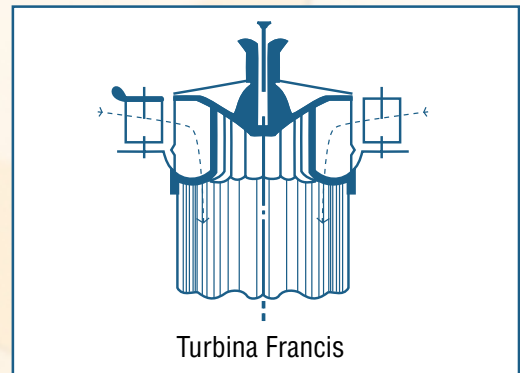
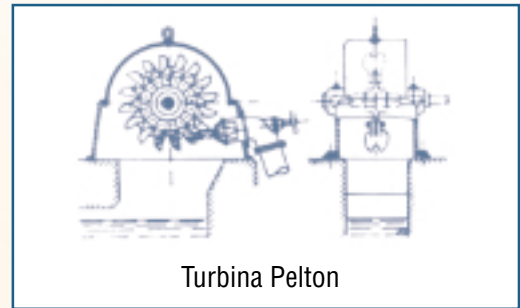
**FRANCIS:** Llamada también turbina de reacción, de remolino o de vórtice. En ellas el agua incide de costado y el chorro cae verticalmente luego. El eje es vertical. Se emplea en caídas medianas.

Antes de que el agua ingrese a la turbina debe pasar a través de la válvula Esférica de Admisión.

Una vez que el agua ha movido la turbina, pasa el desfogue, o sea, al sitio de salida de la planta, que generalmente está constituida por un canal que conduce las aguas al río.

Parte del agua libre se emplea en el enfriamiento de las unidades.

**KAPLAN:** En estas turbinas el agua pasa axialmente a través del rodete. Su eje es vertical. Se utilizan en plantas con caídas bajas, menores a 50 m. Su sistema de regulación les permite operar muy eficientemente.



### A.2) Generador

Es la máquina que transforma la energía mecánica en eléctrica. Se le llama también Alternador porque produce corriente alterna.

Está formado básicamente por dos elementos: uno fijo cuyo nombre genético es el de estator y otro que gira concéntricamente en éste, llamado Rotor.

Uno de ellos debe crear un campo magnético, alimentado con corriente directa (corriente de excitación del campo), tomada de la excitatriz. A dicho elemento se le denomina inductor y está formado por un conjunto de bobinas. El inductor es el rotor.

El segundo elemento actúa como receptor de corrientes inducidas, por lo que se llama inducido. A él están unidas las barras de salida de la corriente.

El estator, pues, es el que ocupa el lugar del inducido.

La corriente eléctrica se origina en el campo magnético establecido entre el rotor y el estator; al girar el rotor impulsado por la turbina se rompe el campo magnético produciéndose una corriente de electrones. Esta corriente de electrones se induce a relativamente bajo voltaje, por lo que se



## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

envía al transformador de potencial, el cual sube el voltaje a un valor muy alto para que se efectúe la transmisión hasta los centros de consumo.

En estos hay subestaciones reductoras cuyos transformadores reducen el voltaje para distribuir la corriente en la zona. Finalmente, cerca de las instalaciones del usuario ocurre una última reducción del voltaje para ajustarlo a las características del funcionamiento de sus aparatos.

El fenómeno físico mediante el cual se obtiene la energía eléctrica se denomina Inducción electromagnética.

### A.3) Sala de Control

Como se capta por el nombre, la Sala de Control es el sitio donde un personal sumamente capacitado efectúa la labor de control del proceso total de generación de la planta.

Tiene los siguientes equipos para tal efecto.

Pupitres de mando: Se instala uno por cada unidad tubogeneradora.

Tableros indicadores para lectura y registro.

### ALARMAS Y PROTECCIONES

Sistema de comunicación: central telefónica, línea directa y equipos de radios; intercomunicadores.

Tableros de mano para las subestaciones: además de lo indicado, en la Casa de Máquinas se encuentran:

Equipos auxiliares, como bombas de agua para el enfriamiento de las unidades, bombas lubricantes, extinguidores de fuego y equipos para la auto alimentación eléctrica, también llamada servicio propio.

Banco de baterías, que proporciona la corriente directa necesaria para que la planta entre en generación en caso de que la alimentación externa se interrumpa cuando aquella no esté generando.

Obras de desfogue, o sea, las que permiten la salida de las aguas libres después de haber cumplido su cometido.

GRUA VIAJERA: es una poderosa grúa montada en la parte alta de la edificación. La grúa viaja a lo largo de los rieles y el carro corre de lado a lado. Se emplea para el montaje y para dar servicio de mantenimiento a las unidades.

### A.4) Subestación

Los generadores de la planta producen la corriente eléctrica a relativamente bajo voltaje, lo cual haría imposible que el servicio en los centros de consumo fuese de buena calidad.

Por tal motivo es necesario utilizar una subestación, la cual cuenta con otra serie de equipos que permiten regular dicho servicio.

La subestación se instala contiguo o cerca de la planta generadora y en ella se encuentran los siguientes equipos:

**TRANSFORMADORES DE POTENCIA:** se usan para elevar el voltaje al nivel adecuado de transmisión.

**DISYUNTORES:** sirven para interrumpir el paso de la corriente.

**SECCIONADORES:** empleados para aislar sectores de consumo.

Transformadores de medición de corriente y voltaje.

**AISLADORES DE PASO:** sostienen las partes energizadas y aíslan los cables de unión entre los distintos equipos.

**PARARRAYOS:** para la protección de los equipos contra las descargas atmosféricas (rayos).

**LA MALLA A TIERRA:** es un enrejado subterráneo de cables que descargan los voltajes inducidos en las estructuras.

**HILOS - GUARDA:** es una malla aérea de protección para evitar la caída de las descargas atmosféricas directamente sobre los equipos de la subestación.

### Datos Técnicos de una Planta Hidroeléctrica

Caudal: 97,5 m<sup>3</sup>/s

Turbinas: 3 tipo Franchis

Caída: 211 m

Túnel vertedor: 6,3 mt diámetro

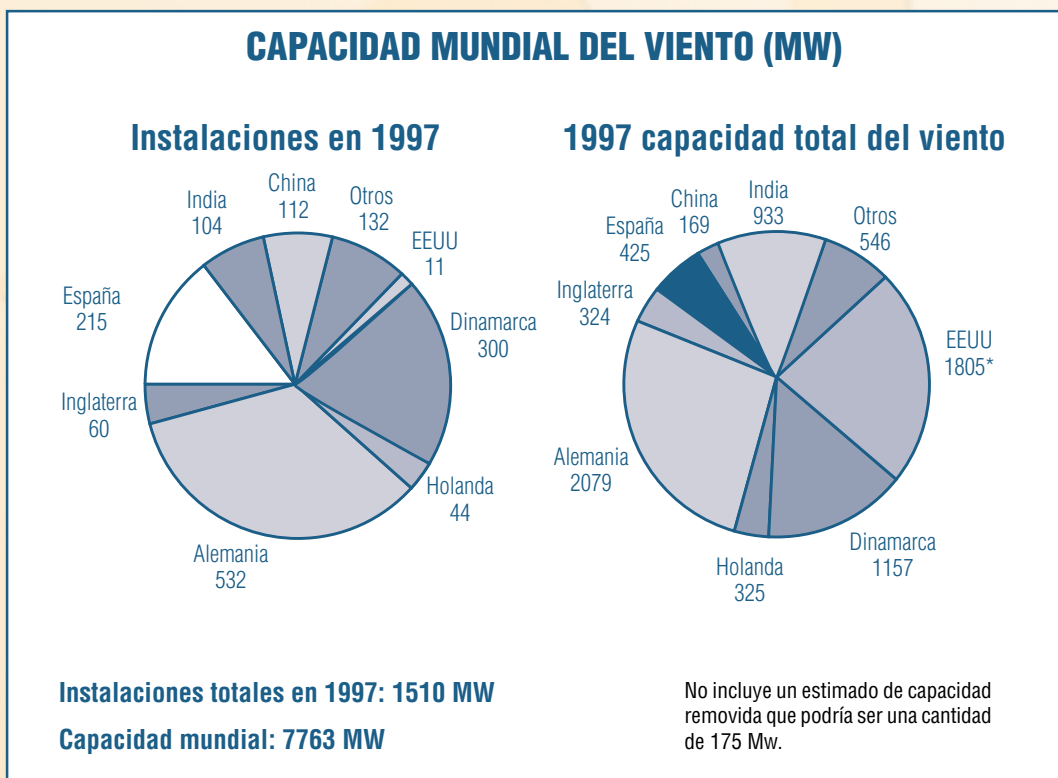
Potencia: 52 MW

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

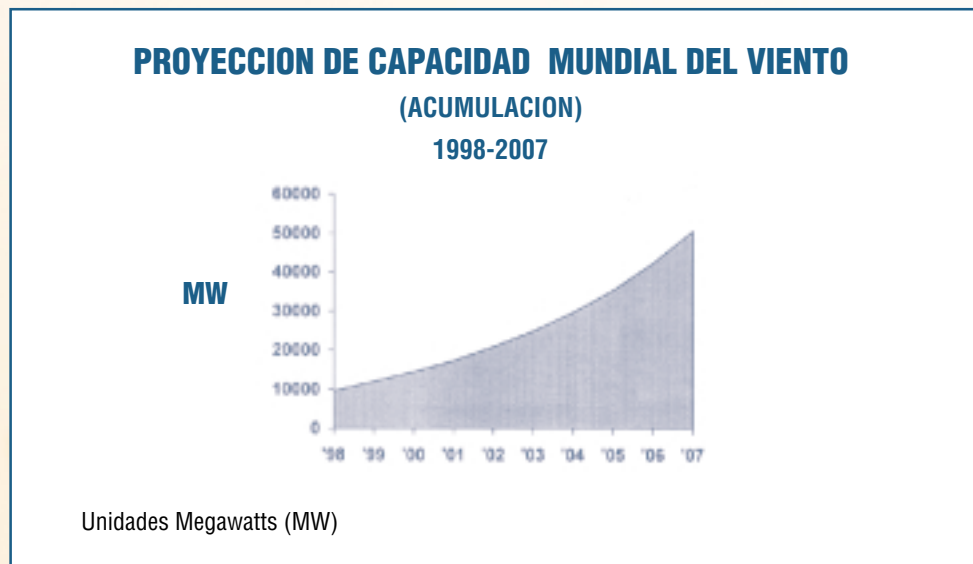
### 2.2 PLANTAS EOLICAS:

El mayor desarrollo en el sector de las energías renovables en los últimos cinco años se realizó en las plantas eólicas. En 1997 se instaló a nivel mundial nuevas plantas con una capacidad de 1510 MW. Eso son un 19.5 % de la capacidad total (7763 MW) de todas las instalaciones eólicas hasta la fecha. El mayor uso del viento al nivel mundial se da en Alemania (2079 MW) seguido de los EEUU (1805 MW) y Dinamarca. (1157 MW) Recientemente se ha construido en el desierto de Palm Spring en EEUU una planta gigante, la cual sustituyó una planta nuclear.

En los países del norte de Europa, cada vez más se las utiliza para pequeñas barrios. Con los rotores modernos se puede producir electricidad para un precio de alrededor de 0.05 U\$ / kWh. Dinamarca, tiene el promedio por persona más alto en la generación de energía eléctrica por plantas eólicas y es el país más avanzado en el sector de la fabricación de plantas eólicas. Durante el año 1997 se exportó un 75% de todas las turbinas nuevas instaladas en todo el mundo. La industria de la producción de plantas eólicas en Dinamarca es la segunda actividad más fuerte en lo que a exportaciones se refiere. Actualmente genera 8600 empleos.







### **FUNCIONAMIENTO DE PLANTAS EÓLICAS:**

#### **El origen del viento:**

El viento es una consecuencia de la radiación solar. Las diferencias de insolación entre los distintos puntos de la Tierra generan diferentes áreas térmicas y los desequilibrios de temperatura provocan diferencias de densidad en las masas de aire, que se traducen en vibraciones de presión. El aire, como cualquier gas, se mueve desde las zonas de alta presión a las de baja presión. Se establece así cierto equilibrio por transferencia de energía entre las zonas de diferente temperatura, lo que ocasiona un desplazamiento de masas de aire, produciendo el viento. De esta forma, se podría definir el viento como una corriente de aire resultante de las diferencias de presión en la atmósfera, provocadas en la mayoría de los casos por variaciones de la temperatura.

Sin embargo, la circulación de las masas de aire está determinada por la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre ellas. Estas fuerzas son:

**FUERZA DEBIDA AL GRADIENTE DE PRESION:** acelera el aire cuando se establecen variaciones de presión

**FUERZA GRAVITACIONAL:** produce una aceleración igual a la aceleración de la gravedad.

**FUERZA DE ROZAMIENTO (TAMBIEN LLAMADA DE FRICCION):** acelera el aire debido a gradientes de viscosidad; adquiere importancia en la capa de la atmósfera más cercana a la superficie de la Tierra.

**FUERZA DE CORIOLIS (TAMBIÉN DENOMINADA FUERZA DE DEFECCIÓN HORIZONTAL):** Describe los efectos producidos por la rotación de la tierra.

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

Así estos factores inducen dos tipos de circulación del aire en la atmósfera:

### a. Circulación planetaria

### b. Circulación a pequeña escala

#### a. Circulación planetaria:

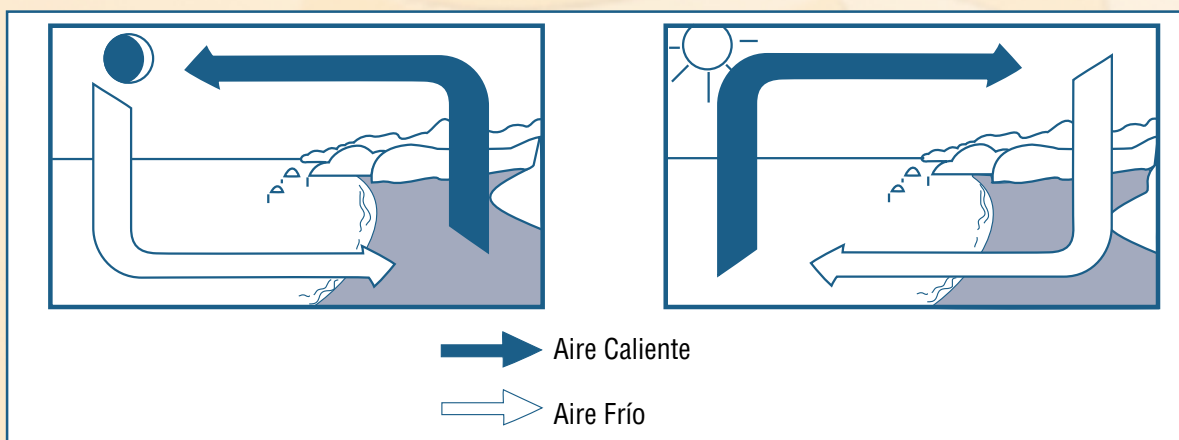
La circulación planetaria o general, es debida fundamentalmente a la incidencia de los rayos del sol sobre la tierra y al efecto de la rotación de ésta. La zona ecuatorial recibe la máxima radiación solar, mientras que las zonas polares apenas perciben sus efectos. Las diferencias térmicas y de presión entre la zona ecuatorial y las polares producen un movimiento circulatorio del aire. El aire de las zonas cálidas asciende a las capas altas de la atmósfera, siendo reemplazado por aire más frío proveniente de los polos. El aire cálido a su vez se desplazaría hacia los polos por las capas altas de la atmósfera, completando la circulación.



A escala local, no obstante, hay que tener en cuenta los efectos producidos por el mar, las montañas y, en general, los que se derivan de la orografía del terreno, que pueden perturbar considerablemente el movimiento de las capas bajas de la atmósfera originando la llamada circulación a pequeña escala del aire.

#### b. Circulación a la pequeña escala:

Durante el día el agua del mar permanece más fría que la superficie terrestre. Con la radiación solar, una parte del agua del océano se calienta y otra se evapora, pero debido a la capacidad del agua para absorber el calor, la temperatura del aire que se encuentra sobre la superficie del agua aumenta muy poco.



Sobre la tierra por el contrario, la radiación solar que recibe el suelo rápidamente eleva la temperatura de la tierra y el aire sobre ésta. El aire caliente se dilata y pierde presión, sube a las capas atmosféricas más altas y es reemplazado por el aire fresco que viene del mar.

Durante la noche el proceso cambia, la tierra se enfría más rápido y el agua conserva mejor el calor acumulado durante el día.

Las montañas juegan el rol de detener las fuerzas del viento y cambiar direcciones.

En la circulación a pequeña escala el cambio de temperatura provocado por el día y la noche, así como la capacidad de absorber calor de diferentes materias provoca una circulación de aire.

### MÁQUINAS EÓLICAS

Una máquina eólica es cualquier dispositivo accionado por el viento. Si se utiliza directamente la energía mecánica, será un aeromotor, y si se acciona un generador eléctrico, se tratará de un aerogenerador.

La caracterización de una máquina eólica se realiza según los parámetros que se definen a continuación:

**VELOCIDAD DE ARRANQUE:** velocidad mínima del viento que hace girar la máquina.

**VELOCIDAD DE CONEXION:** velocidad mínima del viento a partir de la cual la máquina genera potencia.

**VELOCIDAD NOMINAL:** velocidad mínima del viento que permite generar la máxima potencia (potencia nominal).

**VELOCIDAD DE FRENADO:** velocidad máxima del viento que puede soportar a máquina generando potencia sin dañarse.

**AREA DE CAPTACION:** superficie del sistema captador de la máquina perpendicular al viento.

Los distintos elementos de que consta una máquina eólica son, en general, los siguientes:

- a. Soportes
- b. Sistema de captación
- c. Sistema de orientación
- d. Sistema de regulación
- e. Sistema de transmisión
- f. Sistema de generación



## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

### a. Soportes:

Las máquinas eólicas han de estar colocadas sobre un soporte, que debe ser capaz de tolerar todo el empuje del viento que transmita el sistema de captación y las eventuales vibraciones. Por otra parte, su altura debe ser suficiente para evitar que las turbulencias debidas al suelo afecten a la máquina y superar los posibles obstáculos cercanos, que puedan perturbar el viento.

### b. Sistemas de captación:

Existen diversos tipos, principalmente se diferencia entre el eje horizontal y el eje vertical. Además es muy importante el número de aspas. Se han realizado muchas investigaciones técnicas en el pasado, hoy el rotor más eficiente en el mercado cuenta con tres aspas y un eje horizontal.

Las características generales de un rotor se definen por los siguientes parámetros:

- Velocidad típica
- Solidez
- Rendimiento aerodinámico.

La velocidad típica o “coeficiente de velocidad”, se define como la relación entre la velocidad de la punta del aspa y la velocidad del viento siendo la velocidad de rotación y la longitud del aspa.

La solidez se define como la relación entre la superficie proyectada por las aspas y la superficie descrita por las mismas en su movimiento de rotación. Este parámetro permite comparar diferentes tipos de rotores desde el punto de vista de la eficacia del material utilizado y de la sencillez constructiva.

El rendimiento aerodinámico o “coeficiente de potencia” expresa la parte de la energía del viento que se transforma en energía mecánica en el eje del rotor. En condiciones ideales, el rendimiento aerodinámico de los rotores alcanza un máximo del 59%. En realidad, dicho rendimiento oscila entre el 20 y el 40%, según los tipos de rotores (número de aspas) y en función de la velocidad normal de operación.

A su vez el rendimiento aerodinámico de un rotor depende de las características geométricas de las aspas: longitud, perfil y capacidad.

### c. Sistemas de orientación:

Aunque las máquinas eólicas de eje vertical no necesitan orientación, prácticamente todas las de eje horizontal precisan de un sistema que oriente el rotor, es decir, que de alguna manera detecte la dirección del viento y sitúe el rotor en su misma dirección lo que disminuye los esfuerzos y las pérdidas de potencia.

Las máquinas eólicas de eje horizontal están sometidas a fuertes esfuerzos durante los cambios de velocidad y dirección del viento. Por ello, el sistema de orientación deberá cumplir la condición de mantener el rotor cara al viento sin provocar grandes cambios de dirección del rotor cuando se produzcan cambios rápidos de la dirección del viento. Existen varios dispositivos de orientación, elegidos generalmente de acuerdo con la potencia de la instalación eólica.

Para las máquinas de pequeña y mediana potencia (<50kW), cuyo rotor está situado cara al viento, el dispositivo más adecuado suele ser una cola constituida por una superficie plana situada en el extremo de un soporte unido al cuerpo del aeromotor. La cola actúa como una veleta y cualquier alteración de la posición de equilibrio, genera un empuje sobre la misma que tiende a devolver la turbina a su posición original. Es recomendable que la cola se encuentre fuera de la zona de turbulencias creada por el rotor.

### d. Sistemas de regulación:

Los sistemas de regulación tienen por objeto controlar la velocidad de rotación y parar el motor en el eje del rotor, evitando las fluctuaciones producidas por la velocidad del viento. Esto funciona en forma de frenado.

Los molinos antiguos tenían que detenerse en caso de presentarse tormentas. La tecnología hoy día tiene un sistema de regulación de la orientación de las aspas según velocidad del viento. A partir de la velocidad mínima del viento, independientemente de la fuerza de éste, las aspas siempre giran con la misma velocidad. Quiere decir que en caso de poco viento, las aspas están ajustadas cara al viento, mientras en caso de vientos fuertes éstas se inclinan en forma horizontal, permitiendo el paso casi libre del viento.

### e. Sistemas de transmisión:

La energía mecánica obtenida en el rotor debe ser transmitida de alguna forma para poder ser aprovechada en una determinada tarea.

Cuando no interesa generar energía eléctrica, la energía mecánica se puede transmitir como tal mediante poleas, engranajes o utilizando un sistema cigueñal-biela.

El más sencillo es el multiplicador de engranajes, de uno o varios ejes de ruedas dentadas cilíndricas. En el mercado se encuentran estos dispositivos de diferentes tipos para toda la escala de potencias y con adecuadas relaciones de multiplicación, siendo los multiplicadores de planetarios, con ejes de entrada y salida coaxiales, los que proporcionan multiplicaciones más elevadas en espacios más reducidos. Otro sistema muy utilizado es el multiplicador de acoplamiento cónico, que permite disponer el eje de salida perpendicular al de entrada.

En definitiva, el sistema de transmisión de la mayoría de los aerogeneradores actuales se ajusta a un mismo esquema general, tanto para los de eje horizontal como vertical. El sistema consta de un eje primario acoplado directamente al de rotación del captador, que a través de un multiplicador transmite la potencia al eje del generador (eje secundario).

Los rendimientos actuales de estos sistemas varían entre el 95 y 99% y su funcionamiento es bastante silencioso.

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

### f. Sistemas de generación:

Aunque la energía mecánica que genera una turbina eólica puede utilizarse directamente como tal para el bombeo de agua y, en menor medida, de aire, el sistema de aprovechamiento de la energía eólica más generalizado en la actualidad y, sin duda alguna, el de mayor interés, es la producción de energía eléctrica, debido a la facilidad en la manipulación y transporte inherente a este tipo de energía, así como la versatilidad de sus aplicaciones posteriores.

El sistema eléctrico de una aeroturbina está condicionado por las características de operación del rotor (velocidad constante o variable) y por el sistema de aprovechamiento de la energía obtenida (conexión directa a la red o almacenamiento). Los generadores que transforman la energía mecánica en eléctrica pueden ser dínamos o alternadores. Cada uno de estos sistemas de generación tiene diferentes características, tanto en los requerimientos de entrada como en las particularidades de la corriente de salida.

La dinamo es una máquina eléctrica sencilla, que produce corriente continua. La tensión generada depende de la velocidad de giro y del número de polos, la intensidad de la corriente está relacionada con la tensión y con la carga.

Los alternadores se diferencian de las dínamos, aparte de producir corriente alterna, en que reciben la corriente de excitación del inductor de una fuente externa, y en que el inductor es el rotor. Para una misma potencia son más ligeros y baratos que las dínamos.

### Capacidad:

La capacidad depende del viento y de la tecnología utilizada. En los últimos 5 años las máquinas eólicas por mejoramiento de la tecnología se han superado bastante. Una aeroturbina de 17,5 mt diámetro de aspas, tiene la capacidad de generar 410 kW.

## 2.3 PLANTAS GEOTÉRMICAS (HIDROTÉRMICAS)

Un sistema hidrotérmico está formado por una fuente de calor situada a una profundidad relativamente pequeña (de 1 a 10 Km), que garantiza un elevado flujo térmico por un largo período de tiempo. Por encima de esta fuente de calor se halla situado un estrato profundo de roca permeable conteniendo agua (acuífero), que permita la circulación de la misma cerca de la roca basal a alta temperatura. Por encima del acuífero se encuentra una capa de roca impermeable que impide las pérdidas de fluido por la parte superior y generalmente se encuentra presente una falla que restringe las pérdidas laterales del fluido geotérmico.

El fluido normalmente se origina en la superficie a partir de precipitaciones de lluvia o nieve (origen meteórico), se filtra a través del suelo poroso y llega a los estratos permeables a través de diferentes fallas. Estas condiciones están esquemáticamente representadas en la siguiente figura.



Si la transformación permeable está aislada de la superficie por otras formaciones impermeables, el agua adquirirá la temperatura del sistema y se encontrará en estado líquido, en forma de vapor o como mezcla de líquido y vapor en equilibrio, según las condiciones de presión y temperatura del yacimiento.

Se distinguen así dos grandes grupos de sistemas hidrotérmicos, según se clasifiquen por las fases presentes en el yacimiento o por la temperatura de las mismas.

### SISTEMAS CON PREDOMINIO DE VAPOR

### SISTEMAS CON PREDOMINIO DE AGUA

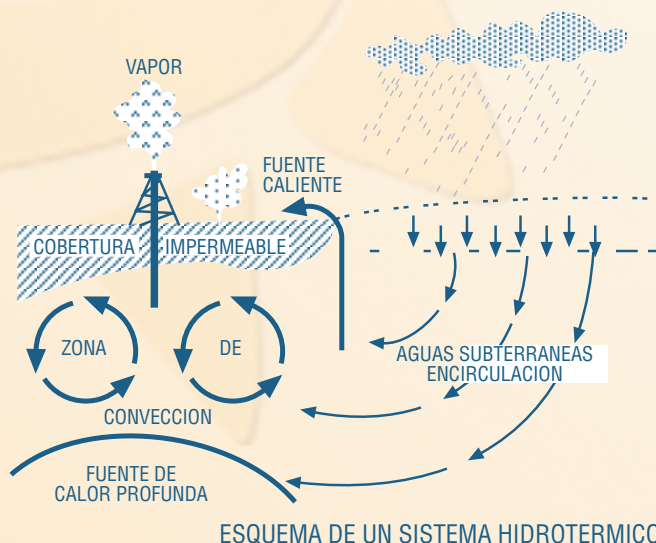
En un sistema hidrotérmico con predominio de vapor, la ebullición del agua subterránea produce vapor con un contenido de temperatura de 150°C hasta alrededor de 700°C. Entre más temperatura, el vapor se encuentra más seco, lo que significa vapor de alta calidad. Estas altas temperaturas provocan presiones entre 3 y 10 kg/cm<sup>2</sup>. Obsérvese que los yacimientos de vapor seco son fácilmente explotables, y su principal aplicación es la producción de energía eléctrica en turbinas de vapor, obteniéndose en estos casos agua caliente como sub-producto.

Los yacimientos hidrotérmicos con predominio de agua, son mucho más frecuentes que los de vapor seco. Los sistemas de agua caliente generalmente están asociados a una fuente termal que descarga en la superficie. En regiones con un clima frío, esta fuente de energía se aprovecha para calefacción de edificios o baños termales.

Normalmente la temperatura no alcanza para usar directamente en sistemas de calefacción. Por eso se emplea el agua tibia como fuente de energía para aumentar la temperatura a través de una bomba de calor.

### Datos técnicos de una Planta Geotérmica

Temperatura del vapor:	158,8°C
Presión del vapor:	6 Bar
Presión de escape:	0,125 Bar
Profundidad:	2000-3000 Mt
Potencia:	55 MW



## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

### 2.4 ENERGIA SOLAR

#### GENERALIDADES

La energía solar presenta dos características específicas muy importantes que la diferencian de las fuentes energéticas convencionales: dispersión e intermitencia.

Evidentemente, la energía solar es una forma de energía que presenta gran dispersión, ya que su densidad, en condiciones muy favorables, difícilmente alcanza  $1\text{ kW/m}^2$ , valor que queda muy por debajo de las densidades con las que se trabaja usualmente en ingeniería. Esto significa que para obtener densidades energéticas elevadas se necesitan, o bien grandes superficies de captación, o sistemas de concentración de los rayos solares.

Por otro lado, la otra característica específica de la energía solar es su intermitencia. Esto hace que, a la par que se desarrollan instalaciones captadoras de energía, es necesario investigar los correspondientes sistemas de almacenamiento de la energía captada.

Los sistemas activos se basan de la captación de la radiación solar por medio de un elemento de unas determinadas características, denominado colector.

Según las características del colector, el aprovechamiento de la energía solar se puede acometer bajo dos puntos de vista bien diferenciados: la conversión térmica, o aprovechamiento del calor contenido en la radiación solar, y la conversión eléctrica, o aprovechamiento de la energía luminosa (fotones) de la radiación solar para generar directamente energía eléctrica (efecto fotovoltaico).

A su vez, la conversión térmica se basa en tres técnicas que difieren entre sí en función de la temperatura; de temperaturas bajas, medias y altas, según si la captación sea directa, de bajo índice de concentración o de alto índice de concentración, respectivamente.

#### FUERZA DEL SOL

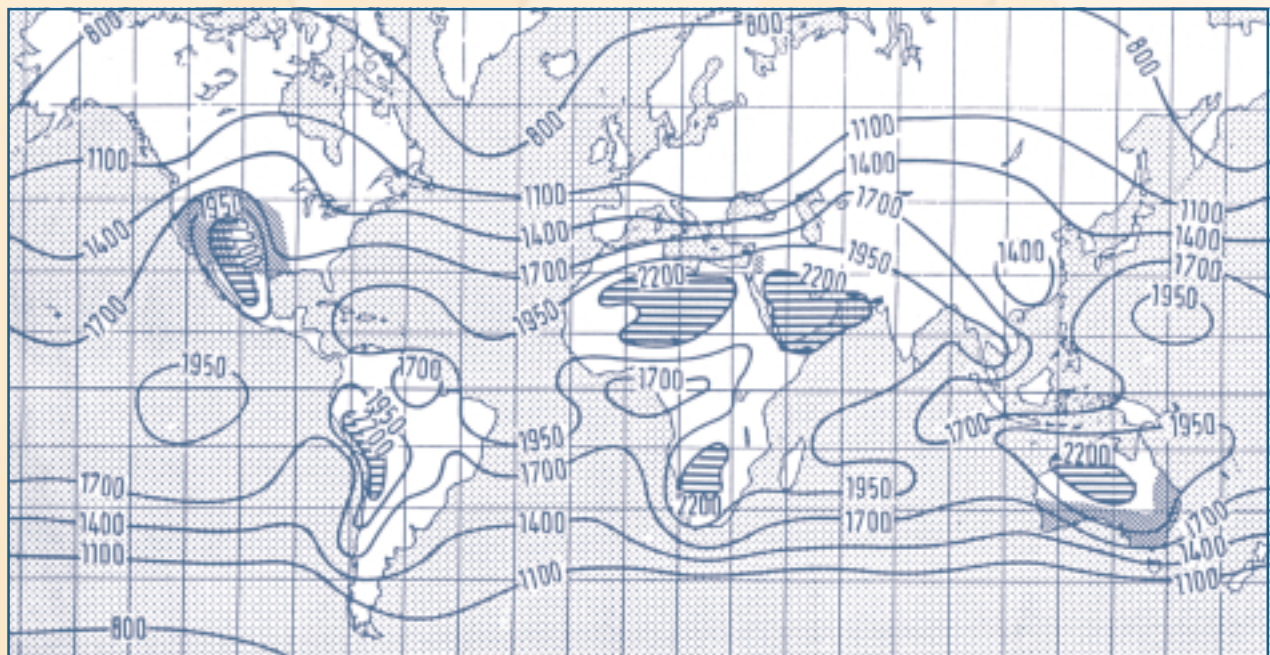
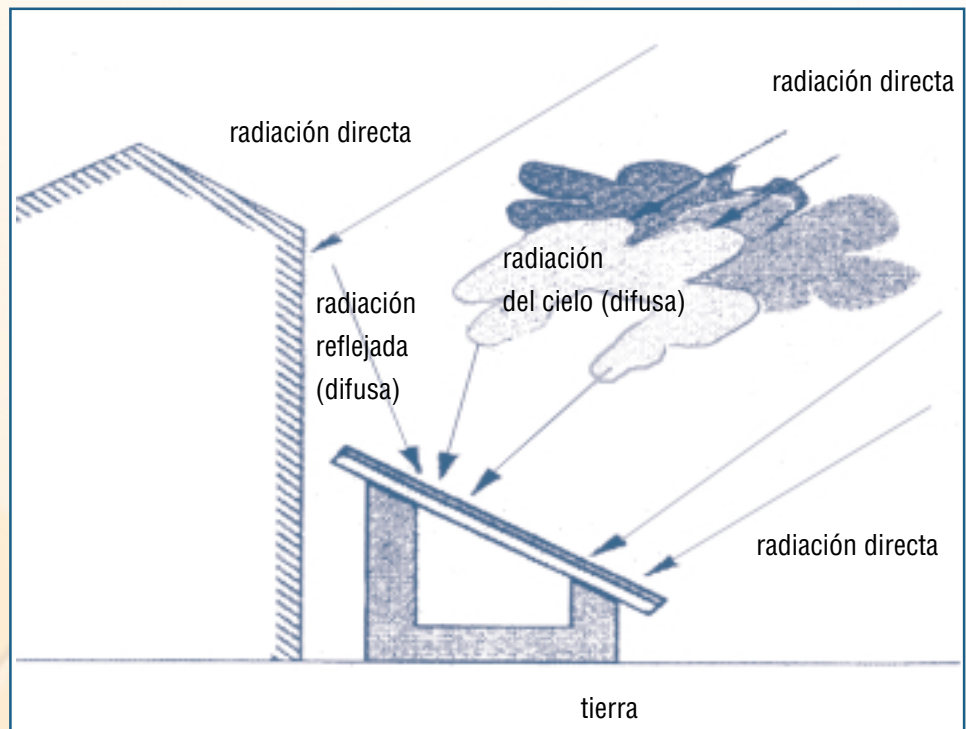
Generalmente se puede decir, que la fuerza del sol que llega a la tierra, equivale 10000 veces del consumo mundial de energía. El sol, por su proximidad, es capaz de hacer llegar hasta nosotros grandes cantidades de energía radiante. Es una estrella bastante corriente, con la única particularidad de que solamente se encuentra a una distancia de unos 150 millones de kilómetros de la tierra. La radiación que emite tarda algo más de 8 minutos en alcanzar nuestro planeta, a razón de  $300.000\text{ km/s}$ . A nosotros nos interesan los aspectos cuantitativos de la energía del sol. De la radiación solar solo llega un 51.6% a la superficie de la tierra. Los restantes 48.4% se les pierde como reflexión (31%) y absorción (17.4%) en la capa de aire. La fuerza del sol se mide en  $\text{kW/m}^2$  o por  $\text{MJ/m}^2$  (Mega Julios). En el mapa mundial de radiación se indica la radiación promedio anual en  $\text{kWh/m}^2$  área horizontal. Este mapa nos enseña que la mayoría de Centroamérica tiene un valor de 1950



## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

kWh. Este valor dividido pro 365 días nos da un valor promedio de 5.34 kWh diarios. En comparación los países centrales de Europa tienen un valor de 1100 kWh/m<sup>2</sup> los cuales son un 56% del sol en Centroamérica.

La insolación solar contiene diferentes formas de radiación. Sin embargo la insolación más eficiente es la radiación directa del sol, la cual toca directamente a una superficie. Esta forma de radiación también se conoce como sol radiante. Otro tipo de radiación solar es la reflejada, la cual toca primero otra superficie para ser reflejada en el mismo ángulo como chocó. La radiación más fuerte se produce cuando se observan en el cielo nubes alrededor del sol, en este caso tenemos la radiación directa y la reflejada de las nubes juntas. Cuando los rayos del sol primero tienen que pasar por nubes o neblina se habla de radiación difusa.





## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

En las siguientes páginas se explican varias diferentes formas del aprovechamiento de la energía solar. Es importante destacar que independientemente del aprovechamiento de la energía del sol, no importa si será concentrado en un punto foco o usando la totalidad de una superficie, siempre el valor en condiciones ideales es de alrededor de  $1 \text{ kW/m}^2$ .

### SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR

Como lo indica el dibujo existen dos procesos de aprovechamiento del sol:

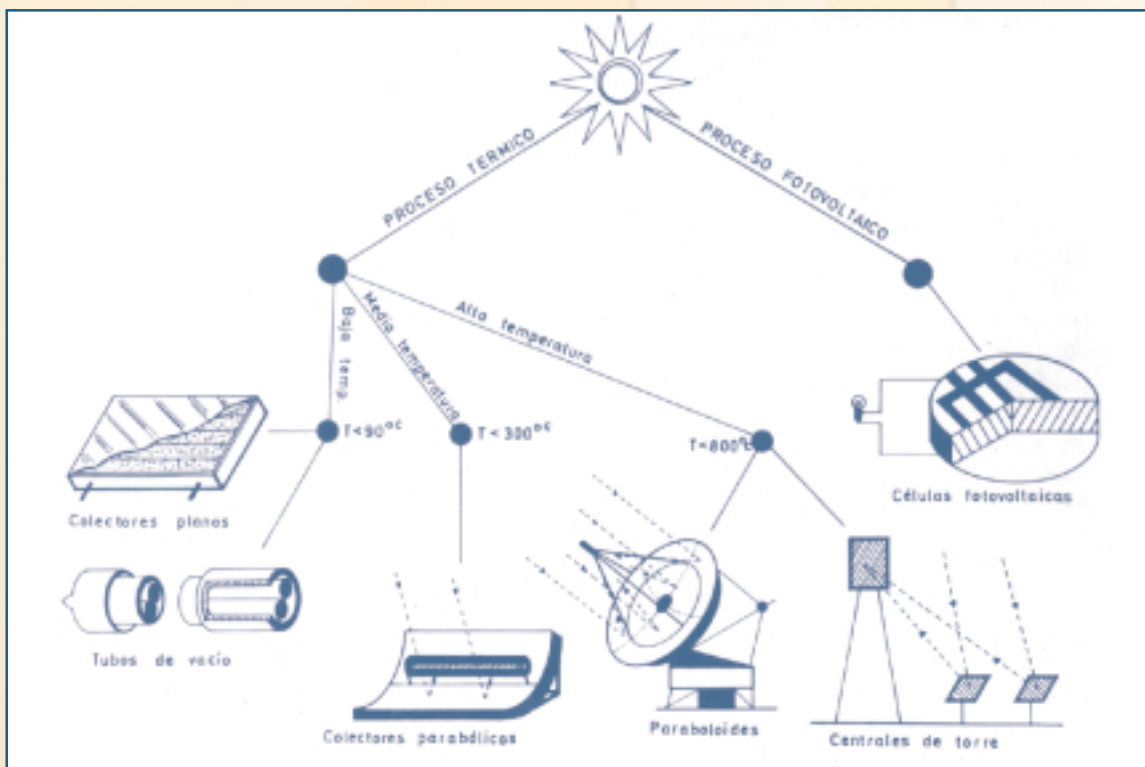
#### Proceso fotovoltaico

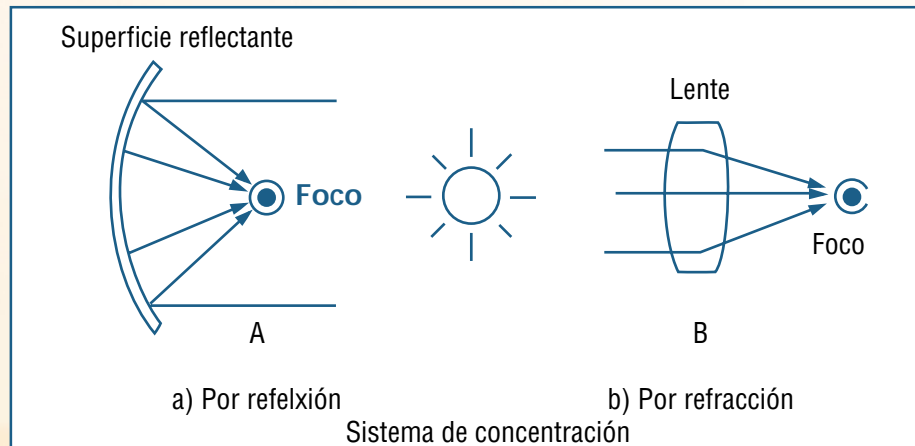
#### Proceso térmico

El Proceso térmico se divide a su vez en:

#### a) Aprovechamiento de baja temperatura:

Este tipo de aprovechamiento térmico a nivel mundial es el más conocido y económicamente más rentable. En el manual Sistemas Hidráulicos Domésticos, bajo el Capítulo 5, se detalla mayor información sobre este tema.





### b) Aprovechamiento de media temperatura:

Mientras los colectores planos presentan una eficacia relativamente alta (40-60%) con una diferencia de temperatura (promedio colector-ambiente) de 30-50K (excepciones hasta 150K). Ahora bien, cuando se requieren temperaturas más altas ( $\Delta T$  superior a los 70K), ya sea para calefacción con radiadores, para calor en procesos industriales, etc., es indispensable la concentración de la energía solar. Existen diferentes sistemas para concentrar la radiación solar: combinaciones de espejos planos, espejos cilindro - parabólicos, espejos parabólicos, lentes normales y lentes de Fresnel (sucesión de anillos concéntricos formados cada uno por lentes simples de distintas curvaturas).

El empleo de lentes presenta el inconveniente de su peso y su precio en relación con los sistemas reflectantes, por lo que éstos se están desarrollando más ampliamente que los primeros, utilizándose como superficies reflectantes metales pulidos, vidrios plateados o materiales plásticos recubiertos de capas de aluminio.

Canalizando de las formas citadas la radiación captada hacia un punto o pequeña superficie, el denominado foco del sistema óptico, se logra que el dispositivo absorbente eleve su temperatura muy por encima de la alcanzada en los colectores planos. La superficie que recibe los rayos concentrados puede tener cualquier forma, dependiendo de la técnica usada.

El factor de concentración, indica la cantidad de veces que es menor la superficie de absorción comparada con el área de entrada de la radiación recibida.

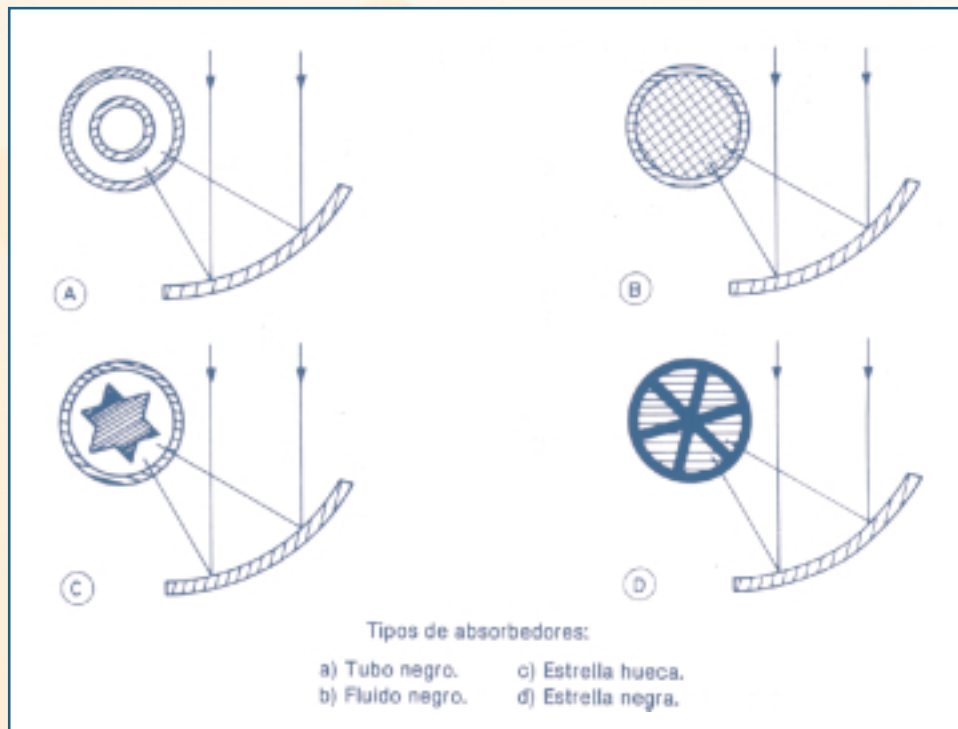
El colector cilindro - parabólico es en la actualidad la solución más favorable para una concentración de tipo medio, muy útil para una amplia gama de aplicaciones a temperaturas medias. El colector consiste en un espejo cilindro - parabólico que refleja la radiación recibida sobre un tubo de vidrio dispuesto a lo largo de la línea focal del sistema óptico. Dentro del tubo de vidrio está el absorbedor y el fluido portador del calor.



## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

El absorbedor puede ser de varios tipos

- Tubo absorbente negro con cubierta de vidrio transparente
- Tubo de vidrio transparente con fluido absorbente negro
- Estrella hueca absorbente negra con cubierta de vidrio transparente
- Tubo de vidrio transparente con estrella negra absorbente.



El sistema que más ventajas presenta es el citado en último lugar. La radiación solar penetra a través del tubo de vidrio calentando el absorbedor de estrella que, a su vez, transmite la energía al fluido portador de calor (según la temperatura, agua, glicol o termoaceite). El absorbedor de estrella es muy eficaz, debido a la múltiple reflexión de la radiación en sus elementos. El agente portador de calor que circula alrededor del absorbedor no es transparente a la radiación emitida por la superficie negra de la estrella, con lo que la energía emitida se absorbe en el fluido circundante, es decir, el fluido opera como un filtro selectivo. Por ello sólo se producen pérdidas por convección y radiación del mismo tubo de vidrio, siendo éstas muy inferiores a las ocasionadas en un colector plano.

El colector cilindro - parabólico puede obtener temperaturas hasta 395°C, (temperatura crack de termoaceite) útiles ya en sistemas industriales.

Ya existen investigaciones para utilizar agua y trabajar con evaporación directa que puede obtener temperaturas y rendimientos más altos.



Como ya se ha indicado, los colectores cilindro - parabólicos han de estar orientados de tal manera, que en todo momento concentren los rayos solares sobre su línea focal. Para que esto se cumpla, los colectores cilindro - parabólicos se montan igual que los colectores planos, es decir, mirando al Sur y formando un ángulo con la horizontal igual a la latitud del lugar, pero además necesitan un dispositivo que vaya haciendo girar los espejos sobre su eje focal de Este a Oeste a lo largo del día, en perfecto sincronismo con el movimiento aparente del Sol. Tal dispositivo puede ser un simple reloj, un motor sincronizado que haga girar los espejos continuamente a razón de  $15^\circ/h$ , o un servomotor que sólo actúa cuando recibe la señal de un sensor solar y los obliga a girar el ángulo necesario para que, de forma automática, se orienten de manera que el máximo de radiación se concentre sobre el eje focal.

**APLICACIONES INDUSTRIALES:** sistemas de colectores distribuidos

Aunque los colectores cilindro - parabólicos son aplicables en la misma gama de necesidades que los paneles planos, al poder desarrollar temperaturas considerablemente superiores, tienen interesantes posibilidades de utilización a nivel industrial.

Los sistemas solares de conversión a media temperatura por asociación de un cierto número de paneles cilindro - parabólicos se denominan granjas solares o sistemas de colectores distribuidos, pudiendo ser utilizados en principio para la producción de calor o electricidad, o bien como sistemas compuestos para la producción simultánea de ambas formas de energía.

Aplicaciones típicas de rango de temperaturas a  $300^\circ\text{C}$ :

- Procesos térmicos en industrias (alimentaria, química, textil, etc.)
- Desalinización de agua de mar
- Refrigeración y climatización

Por otra parte, las granjas solares también pueden utilizarse para la generación de energía eléctrica. Plantas existentes: 50-160 MW

Como sistema combinado se puede producir calor a la temperatura de trabajo del sistema, convertir mediante una turbina y generador este calor en electricidad, y como plantas de energía total utilizar el calor residual del condensador del circuito de conversión en energía eléctrica para alimentar procesos térmicos de baja temperatura. Evidentemente, en este último caso el rendimiento global del sistema se mejora notablemente.

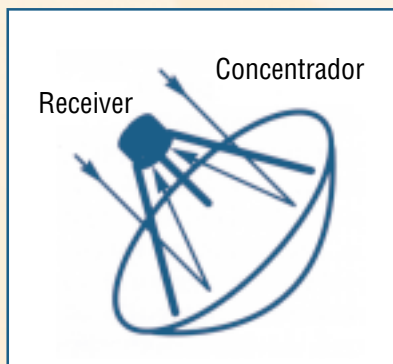
### **c) Aprovechamiento de alta temperatura:**

La producción de energía eléctrica a gran escala a partir de la conversión térmica de la energía solar exige temperaturas superiores a los  $300^\circ\text{C}$ , por lo que será necesario obtener factores de concen-

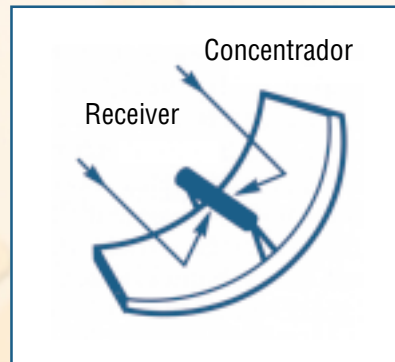
## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

tración de la radiación muy superiores a los logrados con los colectores cilindro - parabólicos, lo que se consigue por medio de grandes paraboloides, o mediante un gran número de espejos enfocados hacia un mismo punto, o bien mediante una combinación de ambos sistemas.

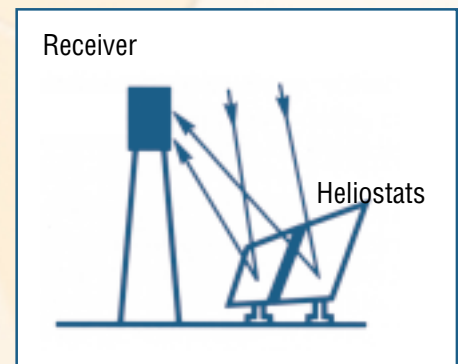
Los paraboloides reflejan la radiación solar incidente hacia un área muy reducida situada en el foco, donde se encuentra el absorbedor, una caldera de diseño especial a través de la cual circula el fluido portador de calor.



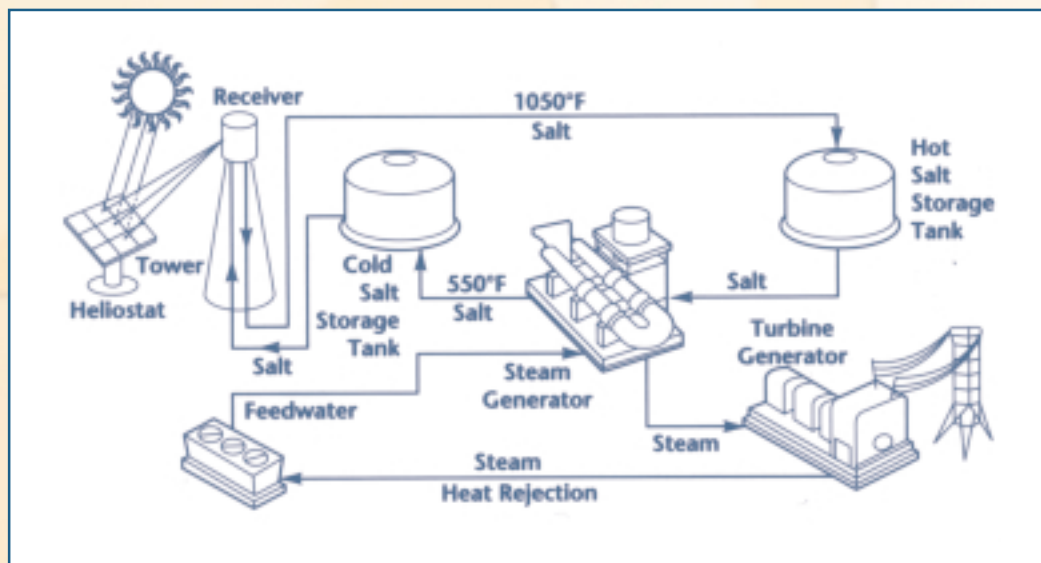
3) Paraboloide



1) Cilindro-parabólico



2) Torre con heliostatos



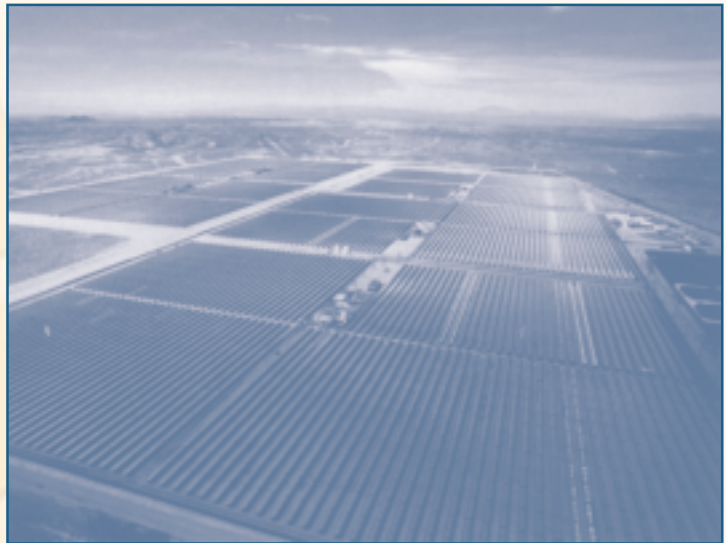
Referencia: DOE / SANDIA LAB

En los absorbedores se originan temperaturas del orden de los 4.000°C, siendo necesario que el sistema siempre esté perfectamente orientado hacia el Sol.

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

Este sistema se puede combinar con un cierto número de espejos planos en lo que se ha dado en llamar hornos solares. Una instalación de este tipo consiste en un gran número de espejos planos que reflejan los rayos solares hacia un gran colector parabólico, el cual a su vez concentra los rayos en su foco, donde se encuentra la caldera.

Sin embargo, el sistema de conversión térmica a altas temperaturas más extendido es el de receptor central (Torre Solar), que está formado por un campo de espejos orientables (“heliostatos”) que concentran la radiación solar sobre una caldera situada en lo alto de una torre ubicada bien en el centro del campo, o bien en uno de sus extremos. Técnicamente simple es la construcción. Espejos parabólicos reflejan la luz solar a un solo punto en el pico de una torre. Este punto es un intercambiador de calor, cual manda vía tubos vapor a un generador. De esta manera se produce hasta  $4000^{\circ}\text{C}$ . La planta torre solar más grande del mundo se encuentra en el desierto de Mojave en California en EEUU. La planta produce 200 Megavatios con 120.000 espejos. De esta manera el costo de energía eléctrica llega a un precio de  $0.09 \text{ U\$ / kWh}$ .



SEG-KRAMER JUNCTION, 150 MW<sub>e</sub>, CA

Los elementos colectores de las centrales de torre son los heliostatos, espejos que mantienen continuamente focalizada la radiación solar en un punto determinado.



Detalle planta SEG.

La superficie reflectora es la parte más importante del heliostato, al ser la encargada de recoger, reflejar y dirigir la radiación solar. Sus parámetros más significativos son la geometría (generalmente varios espejos rectangulares planos) y su reflectancia (normalmente vidrios plateados).

La estructura de soporte de la superficie reflectora tiene como misión no sólo mantenerla y darle rigidez, sino también actuar sobre la focalización definitiva de los espejos.

Los mecanismos de actuación de la superficie reflectora son necesarios para el seguimiento solar en dos ejes y para realizar los movimientos inherentes al inicio o fin de operación o de emergencia.



## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

El asta y la base (metálicos o de cemento) aseguran la rigidez y estabilidad de la superficie reflectora a la vez que sirven de soporte de los mecanismos de actuación.

La electrónica de control de cada heliostato suele ir instalada en el asta realizando las tareas de ejecución de órdenes y de información de su estado, gobernada por un ordenador central.

El campo de heliostatos está formado por el conjunto de todos ellos y constituye el elemento global de captación, dirección y concentración de la radiación solar. Su comportamiento global puede definirse a partir de su rendimiento, obtenido de los siguientes factores:

- Sombra de la torre
- Sombra de los heliostatos
- Error de seguimiento
- Limpieza y conservación de las superficies reflectoras.

Los receptores o absorbedores, situados en lo alto de la torre, tienen como misión facilitar la transformación de la energía radiante en energía interna de un fluido de trabajo. En estos sistemas, que deben operar a muy altas temperaturas, se trata de obtener el mayor rendimiento posible en la transferencia de energía, compatibilizándola con los requerimientos de resistencia del material ante los elevados valores de intensidad de radiación incidente, del orden de  $1 \text{ MW/m}^2$ .

El calor captado en el absorbedor es cedido a un fluido portador circulando en circuito cerrado que, debido a las altas temperaturas que ha de soportar (superiores a  $500^\circ\text{C}$ ) suele ser sodio, fundido, aunque a veces también se opera con un sistema de vapor de agua a presión. Este fluido primario caliente se hace pasar a un sistema de almacenamiento, para luego ser utilizado como medio de calefacción de un sistema de generación de vapor. Una vez que el fluido primario ha cedido gran parte de su energía térmica retorna, a través del almacén de fluido, al sistema receptor de la torre, cerrando así el circuito. El vapor producido en el cambiador de calor alimenta una turbina convencional que actúa sobre un alternador de donde se obtiene la energía eléctrica, que se envía a la red.

La tecnología de las centrales solares se encuentra actualmente en fase de pleno desarrollo. Las instalaciones existentes se pueden considerar como plantas piloto de experimentación, de más o menos potencia sin pretender, por lo tanto, que de ellas se obtenga una rentabilidad media en parámetros de innovación tecnológica, que se traducirá en un futuro en rentabilidad económica.

Si se compara el costo del KW eléctrico instalado



Solar Two tower SEG, 50 MW, sur de Barstow, CA

en plantas solares de torre, con el de las plantas convencionales se ve claramente que aún resultan excesivamente caras para hacerlas competitivas económicamente al día de hoy.

### PROCESO FOTOVOLTAICO

La electricidad es una de las formas de energía más versátil y que mejor se adapta a cada necesidad. Su utilización está tan extendida que hoy difícilmente podría concebirse una sociedad tecnológicamente avanzada que no hiciese uso de ella. Miles de diferentes aparatos están diseñados para funcionar alimentados con energía eléctrica, bien en forma de corriente continua de pequeña tensión o de corriente alterna, a tensiones mayores. Por ello resulta muy interesante la posibilidad de producir electricidad mediante una fuente energética segura y no contaminante, como es la energía solar. Un área de aproximadamente 500.000 Km<sup>2</sup> en el desierto del Sahara, serian suficiente para producir a través de paneles fotovoltaicos la cantidad de energía para el consumo actual del mundo.

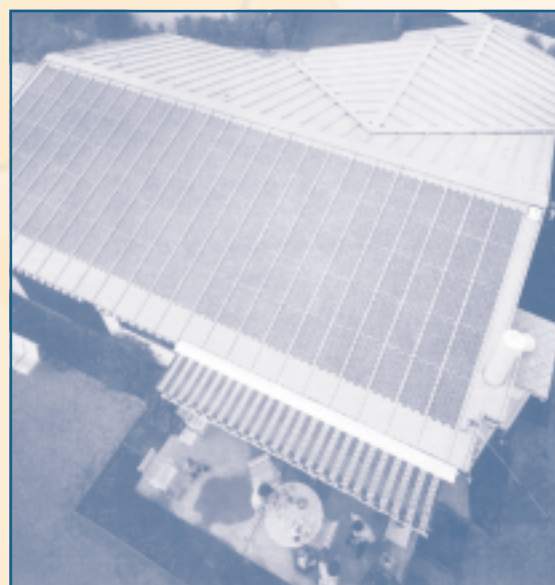
Existen dos conjuntos de procedimientos para lograr la conversión de energía solar en eléctrica, según empleen o no la energía cinética como forma intermedia del proceso de conversión.

El primer grupo está formado por los sistemas de conversión termodinámica y el segundo grupo lo constituyen los sistemas directos, que no requieren partes móviles y están basados en las interacciones físicas entre los fotones de la radiación incidente y los electrones de los materiales sobre los que inciden. De entre ellos, el que tiene es el basado en el efecto fotovoltaicos, el cual se conoce en bases teóricas desde principios de siglo. Pero no fue sino hasta 1954 que se logró producir la primera celda fotovoltaica en New Jersey, EEUU.

### ¿Cómo funciona el efecto fotovoltaico?

La luz está formada por un gran número de entidades físicas llamadas fotones, los cuales participan tanto de las propiedades de los corpúsculos materiales como de las de las ondas. Los fotones son capaces de interactuar con los electrones de los cuerpos sobre los que inciden. Mencionaremos dos tipos de interacción: el efecto fotoeléctrico externo y el efecto fotovoltaico.

El efecto fotoeléctrico externo, descubierto por Hertz en 1887, consiste en un desprendimiento de electrones de la superficie de los metales al chocar con dicha superficie fotones de suficiente energía, dando lugar a una corriente eléctrica denominada fotoeléctrica. Las cédulas fotoeléctricas se basan en este efecto.



Casa del futuro: La propia planta eléctrica se

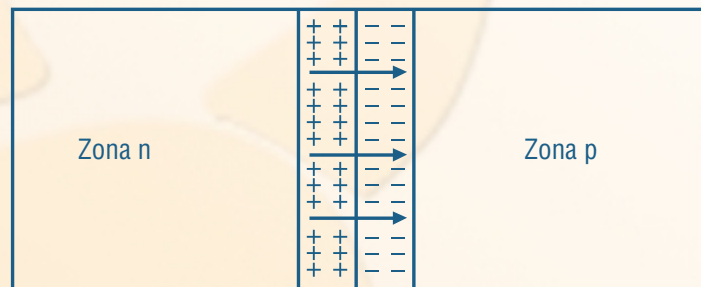


## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

Mucho más interesante desde el punto de vista práctico de la obtención de energía eléctrica directa a partir de la radiación solar es el efecto fotovoltaico, cuyas aplicaciones serán objeto de explicación de las próximas páginas.

No profundizaremos aquí en los fundamentos físicos teóricos del fenómeno del efecto fotovoltaico, limitándonos a unas explicaciones sencillas sobre el comportamiento de ciertos materiales llamados semiconductores, los cuales bajo ciertas circunstancias, son capaces de crear una fuerza electromotriz.

Existen dos tipos de semiconductores: los denominados de tipo N y los de tipo P. A los primeros se les puede forzar, mediante la adición de pequeñas cantidades de impurezas apropiadas, a tener un exceso de electrones en determinadas posiciones y a los segundos un defecto de ellos, o lo que es equivalente, un exceso de “huecos” (lugares vacíos dejados por los electrones al emigrar éstos a otras posiciones).



Unión p-n en equilibrio

Al ponerse en contacto un cuerpo cristalino semiconductor de tipo N con otro de tipo P se crea una unión P-N, la cual posee unas propiedades especiales. Tanto los electrones en exceso del semiconductor N como los huecos del P tienden a difundirse a través de la superficie común de separación, penetrando un poco al otro lado de dicha frontera. Como cada semiconductor es globalmente un cuerpo eléctricamente neutro, esta difusión de electrones y huecos, debida a la diferente concentración de unos y otros en cada lado de la superficie, hará que el semiconductor N se cargue positivamente y el P negativamente, estableciéndose así una diferencia de potencial de algunas décimas de voltio, la cual da lugar a un campo eléctrico que restablece el equilibrio, evitando que continúe el flujo de los portadores de carga.

Sin embargo, si incide luz sobre la zona de unión, los fotones de la misma liberarán electrones adicionales y al mismo tiempo dejarán huecos en su lugar. Estos pares electrón - hueco, por efecto del campo eléctrico, adquieren movimiento (energía) y pueden ser recogidos mediante un conductor: aparece una corriente eléctrica. Notemos que la energía eléctrica proviene, pues, de los fotones de la luz, por lo que la corriente cesa en cuanto ésta se suprime.

Elementos normalmente usados para la obtención de electricidad fotovoltaica son el silicio (el cual existe en un 26% de la capa de la Tierra), el selenio y el galio, aunque también comienzan a utilizarse otros materiales diversos monocristalinos, policristalinos e incluso amorfos.



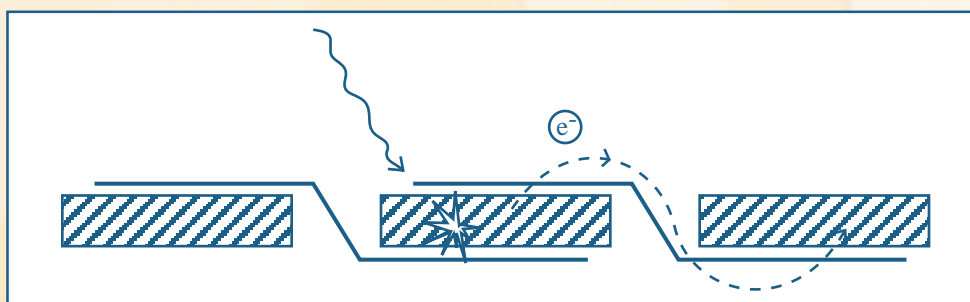
### EL PANEL SOLAR

Una célula suelta solamente es capaz de proporcionar una tensión de algunas décimas de voltio (típicamente alrededor de medio voltio para las células de silicio) y una potencia máxima de uno o dos vatios. Es preciso conectar entre sí en serie un determinado número de células para producir las tensiones de 6, 12 ó 24 V aceptadas en la mayor parte de las aplicaciones. Al conjunto así formado, convenientemente ensamblado y protegido contra los agentes externos (las células son muy delicadas), se le denomina panel o módulo fotovoltaico. A veces, la palabra panel se utiliza para designar un conjunto de dos o más módulos ensamblados entre sí.

El proceso de conexión de las células es automático, efectuándose mediante soldaduras especiales que unen el dorso de una célula con la cara frontal de la adyacente.

Para producir un panel de 12 voltios nominales usualmente se necesita un número de células entre 30 y 40, según las características de las mismas.

Una vez terminadas las interconexiones eléctricas, las células son encapsuladas en una estructura tipo “sandwich”, consistente en una lámina de vidrio templado, otra de un material orgánico adecuado, por ejemplo acetato de etilen - vinilo (EVA), las propias células, otra carga de sustrato orgánico y, por último, una cubierta posterior formada por varias láminas de polímeros u otro



vidrio. La estructura concreta de cada modelo de panel varía de un fabricante a otro.

Se procede posteriormente a un sellado al vacío, introduciéndolo en un horno especial para su laminación, haciéndose estanco el conjunto.

Por último, se rodea el perímetro del papel con neopreno o algún otro material que lo proteja de las partes metálicas que forman el marco - soporte, en el caso de que lo lleve.

Una vez montadas las conexiones positivas y negativas se efectúan los controles de calidad necesarios.

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

### Interconexión de paneles

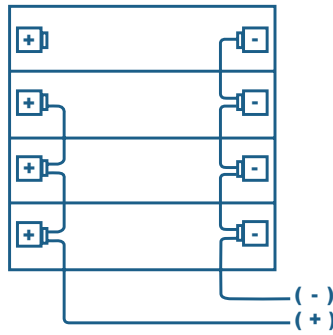
Los paneles están diseñados para formar una estructura modular, siendo posible combinarlos entre sí en serie, en paralelo o de forma mixta, a fin de obtener la tensión e intensidad deseadas.

Sabemos que, al igual que cualquier fuente de fuerza electromotriz, el acoplamiento de dos o más paneles en serie produce un voltaje igual a la suma de los voltajes individuales de cada panel, manteniéndose invariable la intensidad. En paralelo, es la intensidad la que aumenta, permaneciendo igual el voltaje.

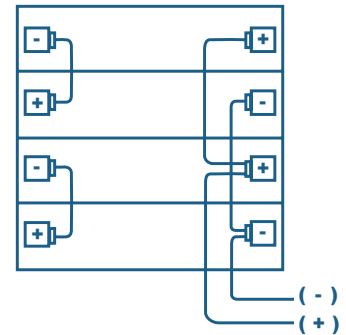
Lo más frecuente es adquirir paneles del voltaje deseado (los de 12 voltios son los que más abundan en el mercado) y combinarlos en paralelo de forma que la intensidad total (y por tanto la potencia resultante) sea la necesaria para satisfacer el consumo eléctrico calculado.

Normalmente, el fabricante proporciona los accesorios e instrucciones necesarias para lograr una interconexión fácil y segura. En cualquier caso, las conexiones se efectuarán utilizando terminales en los cables.

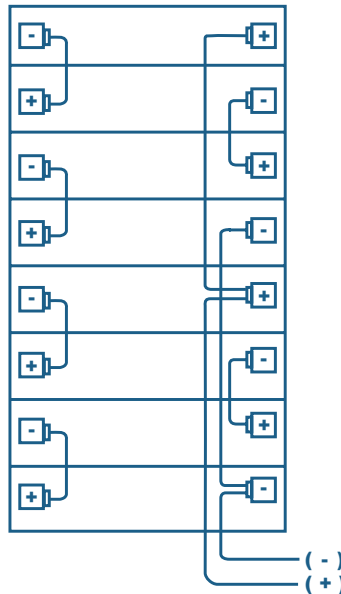
Los paneles compuestos, formados por módulos individuales, pueden a su vez combinarse entre sí para formar estructuras mayores constituidas por gran número de paneles.



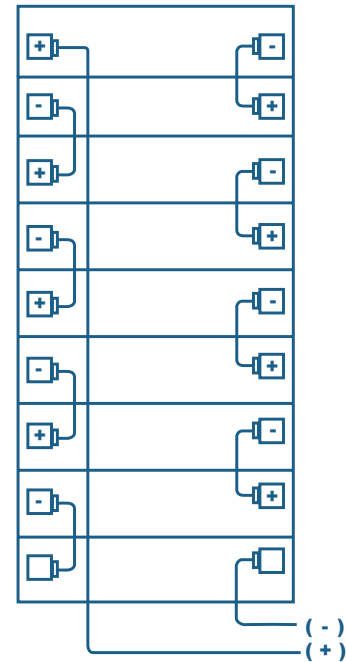
Conexión de 4 paneles en paralelo.  
Tensión de salida: 12 V



Conexión de dos grupos en paralelo, cada uno formado por dos paneles en serie.  
Tensión de salida: 24 V



Conexión de dos grupos en paralelo, cada uno de ellos formado por 4 paneles conectados en serie.  
Tensión de salida: 48 V



Conexión de 9 paneles en serie.  
Tensión de salida: 120 V

Componentes adicionales en una instalación fotovoltaica

### Acumuladores (Batería)

Como fácilmente se comprende, la presencia del acumulador es necesaria ya que los paneles sólo generan energía eléctrica en los momentos en que incide sobre ellos la luz (bien sea directa o difusa) pero a menudo dicha energía se requiere precisamente en los momentos en que no existe incidencia luminosa o ésta es demasiado débil (caso, por ejemplo, de iluminación de viviendas aisladas).

Además, el acumulador cumple también dos importantes misiones:

Suministrar una potencia instantánea, o durante breves momentos, superior a la que el campo de paneles podría generar aún en los momentos más favorables posibles. Tal es el caso de los arranques de los motores, por ejemplo el de los refrigeradores, que requieren durante unos segundos una potencia varias veces superior a la de su normal funcionamiento.

Mantener un nivel de tensión estable. Como hemos visto, la tensión de salida del panel varía en función de la intensidad radiante, lo cual puede no ser adecuado para el funcionamiento de los aparatos. El acumulador proporciona un voltaje estable y constante (dentro de un cierto rango) independientemente de las condiciones de incidencia luminosa.



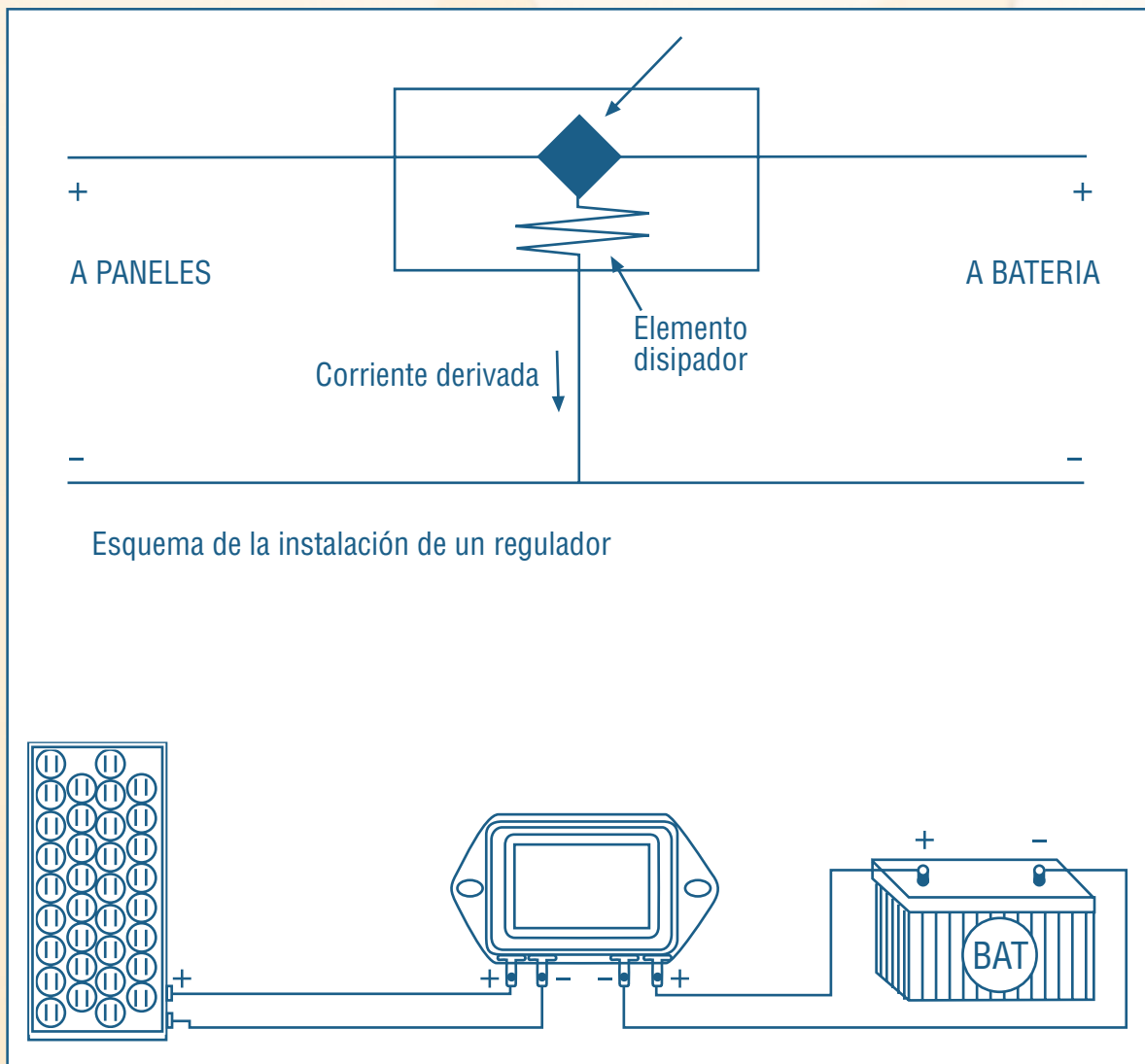
### Reguladores

El regulador de carga, como su nombre indica, tiene la misión de regular la corriente que absorbe la batería con el fin de que en ningún momento pueda ésta sobrecargarse peligrosamente pero, al mismo tiempo, evitando en lo posible que deje de aprovechar energía captada por los paneles (lo que inevitablemente ocurriría si el control fuese mediante un simple interruptor de accionamiento manual). Para ello, el regulador, mediante dispositivos electrónicos, debe detectar y medir constan-



## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

temente el voltaje, que será una indicación del estado de carga de la batería y si éste llega al valor de consigna previamente establecido, correspondiente a la tensión máxima admisible, actuar de forma que impida que la corriente siga fluyendo hacia la batería, o bien que fluya únicamente la justa para mantenerla en estado de plena carga, pero sin sobrepasarse. Dicha corriente mínima se denomina “de flotación” y se dice que la batería se encuentra en dicho estado cuando sólo recibe la cantidad de energía justamente suficiente para mantenerse a plena carga (que en períodos de ausencia de consumo será únicamente la necesaria para compensar la autodescarga).

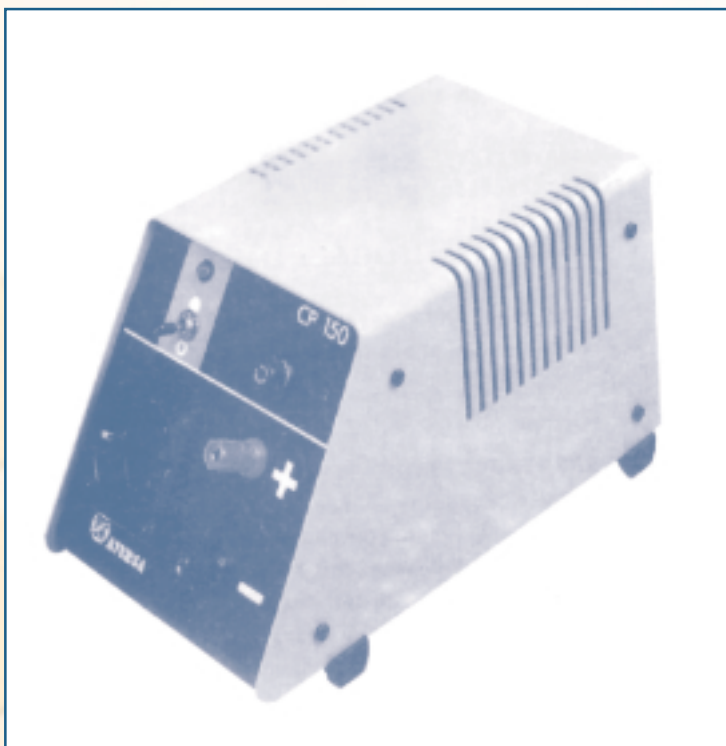


### Convertidores

Los convertidores son dispositivos capaces de alterar la tensión y características de la corriente eléctrica que reciben, transformándola de manera que resulte más apta para los usos específicos a que vaya destinada en cada caso.

Los convertidores que reciben corriente continua a un determinado voltaje y la transforman en corriente continua pero a un voltaje diferente reciben la denominación de convertidores DC-DC (en inglés) y los que transforman corriente continua en alterna se denominan convertidores DC-AC (en inglés).

Los convertidores más usados son los de DC-AC (a veces denominados simplemente inversores) los cuales permiten transformar la corriente continua de 12 ó 24 V que producen los paneles y almacena la batería, en corriente alterna de 125 ó 220 V, como la que normalmente se utiliza en los lugares donde llega la red eléctrica convencional. Esto permite usar los aparatos eléctricos habituales diseñados para funcionar con este tipo de corriente. La contrapartida que esta transformación lleva acarreada es la inevitable pérdida de energía en el propio convertidor, el cual, como veremos, tiene un rendimiento que en determinadas circunstancias de trabajo es bastante pequeño.



Un convertidor DC-AC, mediante un circuito electrónico con transistores o tiristores, es capaz de “cortar” muchas veces cada segundo la corriente continua que recibe, produciendo una serie de impulsos alternativos de corriente que simulan las características de la corriente alterna convencional.

Según la forma de la onda característica de la corriente que el convertidor produce, se habla de convertidores de onda cuadrada, de onda cuadrada modificada y de onda senoidal o sinusoidal.

Dado que la corriente alterna se presenta bajo forma de onda senoidal pura, el convertidor más perfecto será el de tipo senoidal, aunque también es el más caro, y para muchas aplicaciones innecesario (iluminación, pequeños motores, etc.), bastando utilizar uno de onda cuadrada, que resulta mucho más económico.

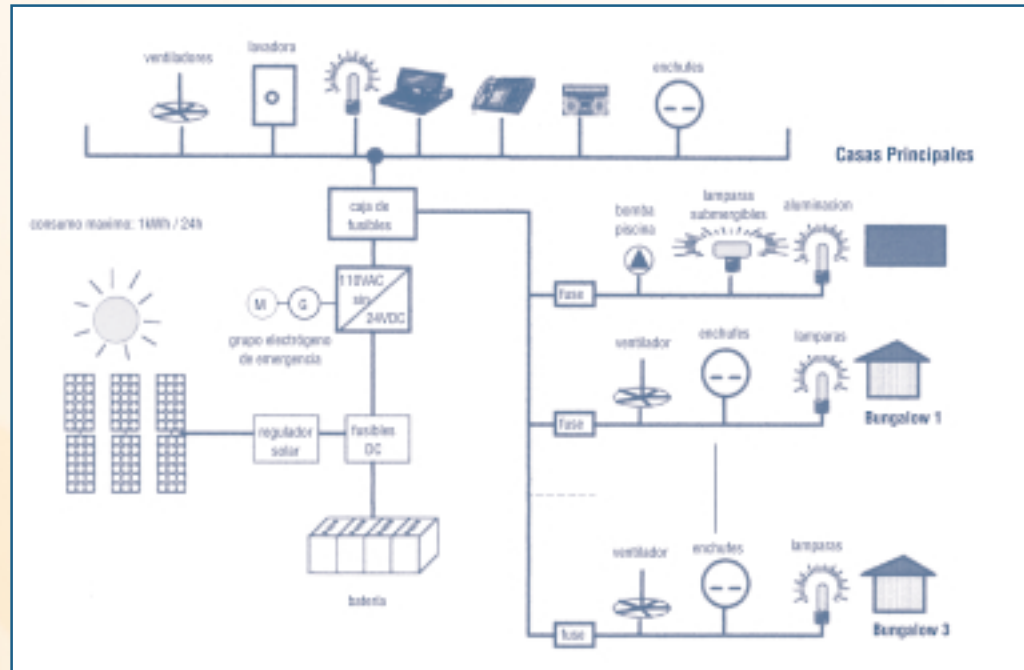
Los convertidores pueden obtenerse en una amplia gama de potencias, desde 100 W hasta varios KW.

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

### Otros elementos

Además de los cuatro elementos característicos de la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas (paneles, batería, regulador y convertidor), existen varios accesorios que, aunque no estrictamente imprescindibles, son recomendables en aras de una mayor seguridad o control de la instalación.

Esquema técnico del sistema fotovoltaico.



### Alarmas y desconectores por bajo voltaje

Si por circunstancias imprevistas o debido a un inadecuado dimensionado, la batería se descarga hasta un nivel peligroso, resulta conveniente instalar un dispositivo que, o bien avise al usuario mediante una alarma luminosa, acústica o señal de radio, o bien desconecte la batería del consumo, aún a costa de interrumpirlo, hasta que ésta haya recuperado un nivel de carga mínimo.

### Programadores horarios

Son equipos ampliamente utilizados en instalaciones convencionales, existiendo también para corriente continua. Normalmente admiten programar conexiones del servicio de un mínimo de media hora a lo largo de las 24 horas del día. Son útiles, por ejemplo, en instalaciones que alimentan señales luminosas que deben encenderse a partir de una cierta hora del día.

### Fusibles y elementos de protección

Se utilizan para proteger los aparatos contra sobrecargas, cortocircuitos, etc. Normalmente cada aparato lleva su propio fusible incorporado.



### 2.5 LA BIOMASA

La formación de materia viva o biomasa a partir de la luz solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis, gracias a la cual se producen grandes moléculas de alto contenido energético, cuyo costo de almacenamiento es nulo y en principio sin pérdidas.

Formas de la Biomasa:

- Biomasa vegetal
- Biomasa animal
- Biomasa residual
- Biomasa fósil (Combustibles fósiles)

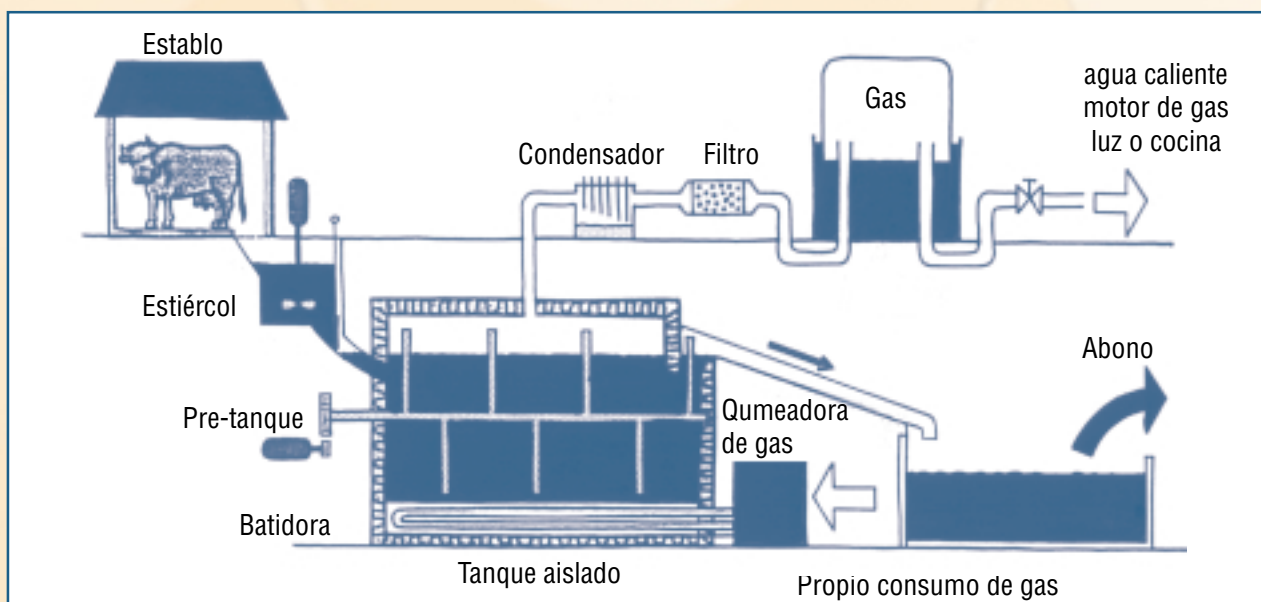
Dentro de la biomasa vegetal, los más conocidos son los residuos forestales, los cuales están constituidos por ramas cortezas, virutas, aserrín, hojas, tacones y raíces. Estos constituyeron durante siglos la fuente energética más importante de la humanidad.

La biomasa que producen los seres que utilizan en su alimentación la biomasa vegetal se puede denominar biomasa animal.

Por otro lado los seres vivos utilizan solo una parte de la biomasa a su disposición, constituyendo en gran medida el resto, un residuo no utilizado. Incluso una gran parte de la que si es utilizada se devuelve a la naturaleza como residuo. En ambos casos son residuos orgánicos, lo que permite definir el término biomasa residual como la originada a partir de estas dos formas. (Ver ilustración)

Finalmente, es evidente que lo que hoy se conoce como combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) no es otra cosa que biomasa fósil.

Existen plantas de biogas grandes hasta para algunos 100 vacas y también pequeñas. En las zonas rurales de china es muy común el uso biogas para casas singulares (calefacción, luz, cocina).



Una forma del eficiente aprovechamiento de la biomasa.

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

### 2.6 LA ENERGÍA DEL MAR

Dado que los océanos actúan tanto como sistemas captadores como de acumuladores de energía, muestran, a su vez, varias facetas respecto al aprovechamiento de esta, que van desde los gradientes térmicos hasta el movimiento del agua a las cuales hay que añadir el fenómeno de las mareas, resultante de la combinación de la rotación de la tierra y la atracción gravitacional que sobre ella ejercen el sol y luna. Tanto las interacciones entre el mar y la atmósfera como la circulación general del aire en ella, inducen vientos costeros y vientos en alta mar, que transportan enormes cantidades de energía, pudiendo ésta ser captada más fácil y eficazmente que en tierra firme, ya que las pérdidas por rozamiento sobre el mar son apreciablemente menores.

Existen dos formas de aprovechamiento de esta energía:

Existen dos formas de aprovechamiento de esta energía:

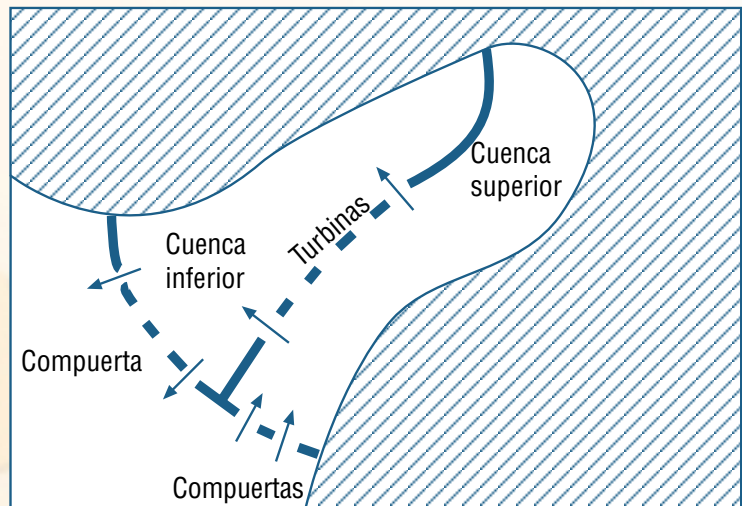
#### A) Energía maremotriz

Se entiende por marea el movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar, producido por las acciones del sol y de la luna. Así, aunque la diferencia entre los niveles más alto y más bajo (amplitud de la marea) en mitad del océano es de apenas un metro, en algunos puntos del globo llega a alcanzar hasta los quince metros.

Resulta más interesante instalar plantas para aprovechar este tipo de energía, en lugares donde hay una alta diferencia entre los dos niveles.

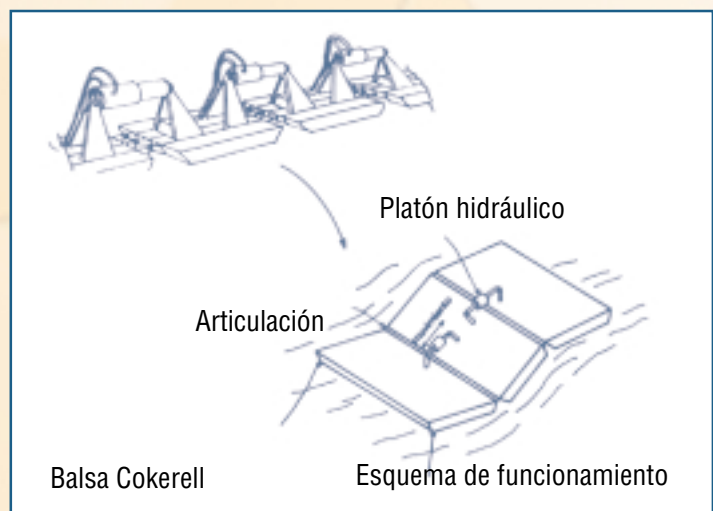
#### Funcionamiento

Como se muestra en el dibujo anterior, hay que instalar una presa con dos compuertas grandes. El lago de almacenamiento debe dividirse en dos partes. En alta mar se llena la cuenca superior. Este depósito de agua se usa para mover las turbinas una vez que pasen a la cuenca inferior.



#### Energía de las olas

En este tipo de generación de energía se diferencian dos tipos; los sistemas activos y sistemas pasivos. Mientras los sistemas pasivos o inmóviles tienen una estructura fija en el fondo del mar o en la costa, los sistemas activos tienen elementos que permiten una movilidad como respuesta de la ola.



# 3

## SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Las siguientes unidades y datos están elaborados específicamente para ayuda en cálculos energéticos destinados al calentamiento de agua.

Las unidades básicas del SI (Sistema Internacional de Unidades) vienen especificados en ISO 31 e ISO 1000.

Algunas de estas unidades básicas son:

<b>Longitud:</b>	<b>Metro</b>	<b>m</b>
<b>Masa:</b>	<b>Kilogramo</b>	<b>Kg</b>
<b>Tiempo:</b>	<b>Segundo</b>	<b>S</b>
<b>Temperatura Termodinámica:</b>	<b>Kelvin</b>	<b>K</b>

### Longitud:

1 km	=	1000 m	1 m	=	10 dm
1 dm	=	10 cm	1 cm	=	10 mm

### Conversión a unidades de EEUU

1 pulgada	=	25.4 mm	1 pie	=	30.5 cm
1 yarda	=	91.4 cm	1 milla	=	1.609 km

### Superficie:

1 km <sup>2</sup>	=	100 ha.	1 ha	=	100 a
1 a	=	100 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	=	100 dm <sup>2</sup>
1 dm <sup>2</sup>	=	100 cm <sup>2</sup>	1 cm <sup>2</sup>	=	100 mm <sup>2</sup>

### Conversión a unidades EEUU

1 pulgada <sup>2</sup>	=	6.45 cm <sup>2</sup>	1 pie <sup>2</sup>	=	0.0929 m <sup>2</sup>
1 yarda <sup>2</sup>	=	0.836 m <sup>2</sup>	1 milla <sup>2</sup>	=	2.59 km <sup>2</sup>

### Volumen:

1 m <sup>3</sup>	=	1000 dm <sup>3</sup>	1 dm <sup>3</sup>	=	1000 cm <sup>3</sup>
1 cm <sup>3</sup>	=	1000 mm <sup>3</sup>			

1 lt.	=	1 dm <sup>3</sup>	1000 lt.	=	1 m <sup>3</sup>
-------	---	-------------------	----------	---	------------------

### Conversión e medidas de EEUU

1 pulgada <sup>3</sup>	=	16.4 cm <sup>3</sup>	1 pie <sup>3</sup>	=	28.3 dm <sup>3</sup>
1 yarda <sup>3</sup>	=	0.765 m <sup>3</sup>			

1 US gal.	=	3.78 lts	1 lt.	=	0.264 US gal.
1 US barril	=	159 lts.			

### Caudal:

m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /h	lt/s	lt/min	lt/h
-------------------	---------------------	-------------------	------	--------	------

### Conversión a unidades de EEUU

1 pie <sup>3</sup> /min.	=	1.7 m <sup>3</sup> /h
--------------------------	---	-----------------------



### 3. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

#### Masa:

$$1 \text{ ton} = 1000 \text{ kg} \quad 1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$$

Conversión a unidades de EEUU

$$1 \text{ oz} = 28.35 \text{ g} \quad 1 \text{ lb} = 0.4536 \text{ kg}$$

#### Tiempo:

$$1 \text{ a} = 365.25 \text{ días} \quad 1 \text{ día} = 24 \text{ h}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} \quad 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

#### Temperatura termodinámica:

Las diferencias de temperaturas hay que darlas Kelvin K. Si se trata de una temperatura fija se habla en grados Celsius C.

$$1 \text{ }^\circ\text{K} \stackrel{1}{=} 1 \text{ }^\circ\text{C}$$

Conversión a las medidas de EEUU

$$\text{Fahrenheit } ^\circ\text{F} = (^\circ\text{C} \times 1.8) + 32$$

$$\text{Celsius } ^\circ\text{C} = (^\circ\text{F} - 32) : 1.8$$

TABLA NUMERO 20

( CONVERSION DE  $^\circ\text{C}$  A  $^\circ\text{F}$ )

#### Presión:

$$1 \text{ Kpa} = 1000 \text{ Pa}$$

Conversión a otras unidades

$$14 \text{ Psi} = 1 \text{ Bar} = 100 \text{ Kpa} = 10 \text{ m columna de agua}$$

#### Unidades de energía:

(Unidades de trabajo)

$$1 \text{ kw/h} = 1000 \text{ w/h} \quad 1 \text{ MJ} = 1.000.000 \text{ J}$$

$$1 \text{ kw/h} = 3.6 \text{ MJ} \quad 1 \text{ MJ} = 0.278 \text{ kw/h}$$

Conversión a otras unidades

$$1 \text{ KJ} = 1 \text{ kw/h} \quad 1 \text{ HP/h} = 0.7355 \text{ kw/h}$$

$$1 \text{ Btu} = 1.055 \text{ kw/h} \quad 1 \text{ kcal} = 4.187 \text{ kw/h}$$

#### Poder calorífico:

Poder calorífico por kilogramo

$$\text{Diesel} = 11.7 \text{ kWh}$$

$$\text{Bunker} = 11.2 \text{ kWh}$$

$$\text{Gasolina} = 11.5 \text{ kWh}$$

$$\text{Madera seca} = 3.7 \text{ kWh}$$

$$\text{Carbon de madera} = 9.3 \text{ kWh}$$

$$\text{Butano} = 13.6 \text{ kWh}$$

$$\text{Propano} = 13.8 \text{ kWh}$$

## Conversión Temperatura Celcius a Temperatura Farenheid

Temperatura [°C]		Temperatura [°F]		Temperatura [°C]		Temperatura [°F]	
0	32	40	104	80	176		
1	33,8	41	105,8	81	177,8		
2	35,6	42	107,6	82	179,6		
3	37,4	43	109,4	83	181,4		
4	39,2	44	111,2	84	183,2		
5	41	45	113	85	185		
6	42,8	46	114,8	86	186,8		
7	44,6	47	116,6	87	188,6		
8	46,4	48	118,4	88	190,4		
9	48,2	49	102,2	89	192,2		
10	50	50	122	90	194		
11	51,8	51	123,8	91	195,8		
12	53,6	52	125,6	92	197,6		
13	55,4	53	127,4	93	199,4		
14	57,2	54	129,2	94	201,2		
15	59	55	131	95	203		
16	60,8	56	132,8	96	204,8		
17	62,6	57	134,6	97	206,6		
18	64,4	58	136,4	98	208,4		
19	66,2	59	138,2	99	210,2		
20	68	60	140	100	212		
21	69,8	61	141,8	101	213,8		
22	71,6	62	143,6	102	215,6		
23	73,4	63	145,4	103	217,4		
24	75,2	64	147,2	104	219,2		
25	77	65	149	105	221		
26	78,8	66	150,8	106	222,8		
27	80,6	67	152,6	107	224,6		
28	82,4	68	154,4	108	226,4		
29	84,2	69	156,2	109	228,2		
30	86	70	158	110	230		
31	87,8	71	159,8	111	213,8		
32	89,6	72	161,6	112	233,6		
33	91,4	73	163,4	113	235,4		
34	93,2	74	165,2	114	237,2		
35	95	75	167	115	239		
36	96,8	76	168,8	116	240,8		
37	98,6	77	170,6	117	242,6		
38	100,4	78	172,4	118	244,4		
39	102,2	79	174,2	119	246,2		
40	104	80	176	120	248		

# 4

## CALCULOS ENERGÉTICOS

Los siguientes cálculos están elaborados específicamente para cálculos energéticos sobre calentamiento de agua.

a)

Para aumentar la temperatura de un kilogramo de agua (temp. 15°C) a 1°K se necesita 1,163 W/h. (Fórmula sólo válida para el agua)

**1000 Kg de agua calentar a 1°K = 1,163 kWh.**

(Para facilitar en los siguientes ejercicios se usa en vez de kilogramos, litros a pesar de que de en esta forma hay pequeñas diferencias).

EJERCICIO:

Una piscina de 5m x 8m x 1,2 m se calienta para un evento especial a una temperatura de 28°C. Cuál es la capacidad calorífica necesaria cuando la temperatura inicial es de 21°C.

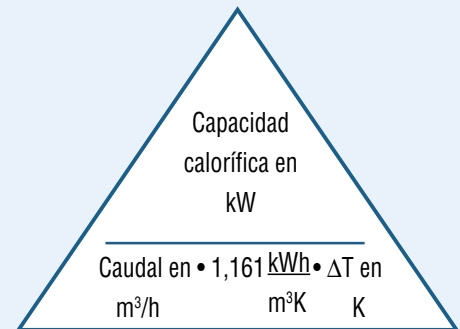
SOLUCION:

$$Q \text{ [kWh]} = 5\text{m} \cdot 8\text{m} \cdot 1,2\text{m} \cdot 7^\circ\text{K} \cdot 1,161 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{K}} = 390,1 \text{ kWh}$$

b)

Para los siguientes cálculos sobre capacidad calorífica, caudal y diferencia de temperatura se usa la siguiente fórmula:

CAPACIDAD CALORIFICA  
caudal  $\text{m}^3/\text{h} \cdot 1,163 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{K}} \cdot$   
diferencia de temperatura  $\Delta T$  en °K.



EJERCICIO: **se busca la capacidad calorífica en kW.**

En una empresa se instala una nueva máquina que consume 1.000 lt/h de agua caliente a una temperatura de 60°C.

¿Cuál es la capacidad calorífica necesaria de un calentador, cuando el agua sale a una temperatura de 18°C del tubo?

SOLUCION:

$$P \text{ [kW]} = 1 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,161 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{K}} \cdot 42\text{K} = 48,85 \text{ kW/h}$$



c)

**Se busca el caudal en m<sup>3</sup> /h.**

Un calentador de gas con una capacidad calorífica de 12 kW, calienta el agua de un tanque aislado en un sistema de recirculación con una bomba.

¿Cuál es el caudal de la bomba, cuando se mide una diferencia de temperatura de 5°K entre la entrada y la salida del calentador?

**SOLUCION:**

$$\dot{V} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = \frac{12 \text{ kW}}{5\text{K} \cdot 1,161 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{K}}}$$

d)

**Se busca  $\Delta T$  en K**

Un campo de colectores solares con una capacidad calorífica en condiciones ideales de 14 KW tiene instalada una bomba de recirculación con un caudal de 1,8 m<sup>3</sup>/h.

¿Cuál es el  $\Delta T$  entre entrada y salida de los colectores?

**SOLUCION:**

$$\Delta T[\text{K}] = \frac{14 \text{ kW}}{1,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1,161 \frac{\text{kWh}}{\text{K}}}$$

e)

**Se busca tiempo (h) para calentar el agua en un tanque con volumen definido:**

Se conoce:

- la capacidad calorífica de las resistencias del calentador (21 kW)
- el volumen del tanque (1.5 m<sup>3</sup>)
- la diferencia de temperatura requerida en el tanque 30 °K (25°C a 55°C)

**SOLUCION:**

$$\begin{aligned} &= \frac{V[\text{m}^3] \cdot c_p \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{K}} \right] \cdot \Delta T[\text{K}]}{P [\text{kW}]} \\ &= \frac{1,5\text{m}^3 \cdot 1,61 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{K}} \cdot 30}{21 \text{ kW}} \\ &= 2,49 \text{ h} = 2\text{h } 29'16,3'' \end{aligned}$$

# 5

## COSTO DE LA ENERGÍA

	País	Precio en US \$ / m <sup>3</sup>		Precio en US Cent. / kWh		
		Gasolina Extra	Diesel	Electricidad residencial	Electricidad comercial	Electricidad industrial
<b>Centro América</b>	Costa Rica	453.75	307.01	6.04	10.48	8.81
	El Salvador	557.59	340.47	9.38	11.30	10.74
	Guatemala	450.04	355.44	7.13	8.15	9.63
	Honduras	500.67	325.37	7.05	10.98	9.15
	Nicaragua	664.28	314.05	12.11	13.36	10.08
	Panamá	469.35	328.96	12.05	11.86	9.96
<b>Los tres países más caros de Latinoamérica</b>	Barbados	766.16	641.81	16.6	17.42	17.3
	Granada	536.14	407.33	19.26	20.37	16.3
	Suriname	556.96	408.90	17.08	17.30	13.13
<b>Los tres países más baratos de C.A. T el Caribe</b>	Venezuela	160.70	96.42	1.23	3.76	3.18
	Trinidad & Tobago	373.87	199.14	2.74	3.01	2.32
	Ecuador	324.05	192.91	5.81	6.77	6.29

### Datos preliminares del año 1997

Observación: Algunos países utilizan en el sistema de cobro de electricidad un sistema progresivo (costo por kWh) el cual aumenta de acuerdo al consumo.