

# FUENTES GENERADORAS DE TIPO COMERCIAL

Desde sus inicios el hombre ha buscado la forma y método de generar energía para utilizarla en su propio beneficio. Existen dos tipos de energía: energía renovable y energía no renovable.

## 2.1 La energía y su importancia en la evolución de la humanidad.

Es más fácil explicar para qué sirve la energía que tratar de definir su esencia. Quizás esa sea la causa por la cual la definición más breve y común establezca que la energía es todo aquello capaz de producir o realizar algún trabajo, lo cual en última instancia no es sino la expresión de una relación física.

La evolución de la humanidad ha estado ligada a la utilización de la energía en sus distintas formas. Sin lugar a dudas, el descubrimiento del fuego, su producción y control marcan el primer acontecimiento importante en la historia de la sociedad, que al correr de los siglos, cada vez que el hombre ha encontrado una nueva fuente de energía o creado un procedimiento distinto para aprovecharla, ha experimentado grandes avances.



Figura 2.1

El aprovechamiento de la fuerza de tracción de los animales permitió el desarrollo de la agricultura; fue así como algunos pueblos nómadas se asentaron y establecieron las bases para el surgimiento de las antiguas culturas. La utilización de la energía del viento mediante la invención de la vela dio un fuerte impulso a la navegación, al comercio y al intercambio de ideas y conocimientos entre los pueblos de la antigüedad.

El empleo de la energía cinética de las corrientes de agua en la rueda hidráulica, liberó al hombre de cantidad de tareas que requerían gran esfuerzo físico y dio lugar a la creación de los primeros talleres y fábricas, remotos antecedentes de las modernas plantas industriales. La invención de la máquina de vapor originó una verdadera revolución social y económica a fines del siglo XVIII y principios del XIX, propiciando la transición del trabajo artesanal a la producción masiva. Existen otras fuentes de energía térmica naturales, la más importante de este tipo de energía es el Sol. Si todos los combustibles disponibles se quemaran para proporcionar a la Tierra el calor que diariamente recibe de este astro, en unos cuantos días se agotarían todas nuestras reservas. Los hidrocarburos y el carbón, que en última instancia son producto de la energía solar, siguen al sol en orden de importancia como fuentes de energía térmica, que liberan calor al quemarse. A pesar de que el carbón fue el primero que empleó el hombre, son el petróleo y el gas natural los que actualmente se encuentran en vías de desaparecer debido a su explotación exhaustiva. Las reservas detectadas apenas garantizan su disponibilidad hasta los primeros lustros del siglo XXI de acuerdo con las tasas actuales de incremento en su consumo.



Figura 2.2

Asimismo, los enormes avances de nuestra época han sido posibles, fundamentalmente, debido al uso de la energía eléctrica, al aprovechamiento del petróleo y más recientemente al empleo de la energía nuclear. A principios del siglo XX Albert Einstein, postuló que todo el Universo es energía; que ésta y la materia son la misma cosa y que entre ambas existe una relación definida que puede expresarse en la fórmula  $E=mc^2$  (en la que "E" es igual a la energía; "m" es la masa y "c" la velocidad de la luz en el vacío). Gracias a esta propiedad, el hombre dispone hoy de una fuente importante de energía, que le permitirá a corto plazo sustituir y complementar a las otras fuentes.

## 2.2 Producción de energía eléctrica.

En efecto, se puede obtener energía eléctrica con sólo mover una serie de espiras de cobre (bobina) en el seno de un campo magnético producido por un imán. En las terminales de la bobina se generará un voltaje. Si conectamos un foco entre ellas, veremos que su filamento se torna incandescente debido al paso de una corriente de electrones.

El conjunto que forman el campo magnético y la bobina se denomina "generador" y no es otra cosa que una máquina que transforma la energía mecánica utilizada para mover la bobina, en energía eléctrica.

De acuerdo con lo anterior, para producir energía eléctrica es necesario disponer de un generador y de suficiente energía mecánica para moverlo, de donde se desprende que la energía eléctrica no es más que energía mecánica transformada.

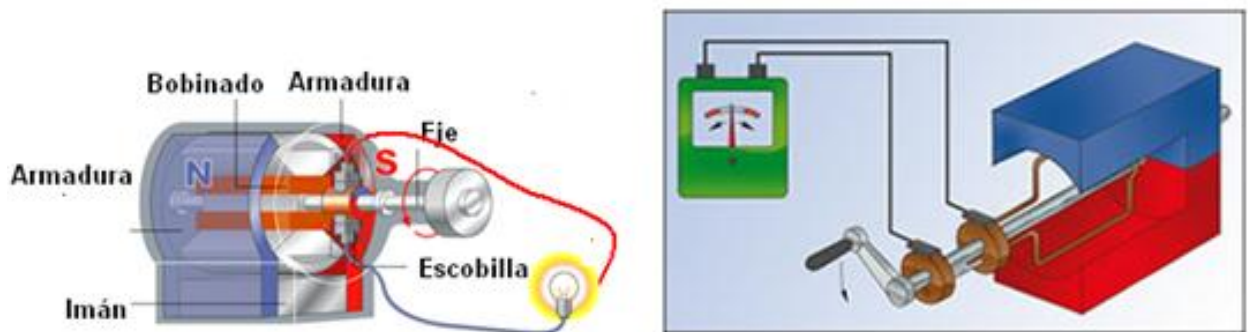








Figura 2.3




Basándose en este principio, desde hace tiempo el hombre ha podido obtener gran parte de la energía eléctrica que requiere empleando diferentes medios de generación, todo depende del agente que mueva al conjunto generador para darle el nombre al tipo de producción de la energía eléctrica.

## 2.3 Tipos de plantas generadores de energía eléctrica.

Energía renovable es aquella que se basa en los flujos cíclicos de la naturaleza; son aquellas que se regeneran y son tan abundantes que perdurarán cientos o miles de años.

-  Energía solar
-  Energía eólica
-  Energía hidroeléctrica
-  Energía geotérmica
-  Biomasa
-  Hidrógeno

Energía no renovable es aquella que se encuentra en la naturaleza pero en forma limitada y una vez consumida total o parcialmente no pueden sustituirse por ningún medio de producción.

-  Petróleo
-  Uranio
-  Carbón

### 2.3.1 Hidroeléctricas.

La energía hidráulica es la que poseen las masas de agua en movimiento de los ríos y lagos. Ya desde la antigüedad se reconoció que el agua que fluye desde un nivel superior a otro inferior, posee una determinada energía cinética susceptible de ser convertida en trabajo. Su empleo y aprovechamiento son antiquísimos y ello constituyó un avance técnico de incalculable valor en los tiempos primitivos de la civilización.

En Europa, durante la edad media, se utilizaron diferentes tipos de ruedas hidráulicas de construcción sencilla y rendimiento limitado para impulsar molinos harineros y mecanismos reducidos, modernamente sustituidas por turbinas de tipos diferentes y elevado rendimiento. La invención de las máquinas y alternadores eléctricos junto con la prodigiosa expansión y utilización de la energía eléctrica como agente energético, desarrolló considerablemente la explotación de la

energía hidráulica, de hecho fue una de las primeras formas que se emplearon para producir energía eléctrica.

El valor de esta energía depende de dos factores: la altura de la caída y el volumen (peso) del agua que cae por segundo, además el sistema o la técnica empleada para utilizar la energía capaz de desarrollar el agua en movimiento, varía según la relación entre los valores de ambos factores, debido a esto, los aprovechamientos hidroeléctricos se realizan en sitios específicos que reúnen las características técnicas, económicas, ambientales y sociales para la construcción y operación de la central.

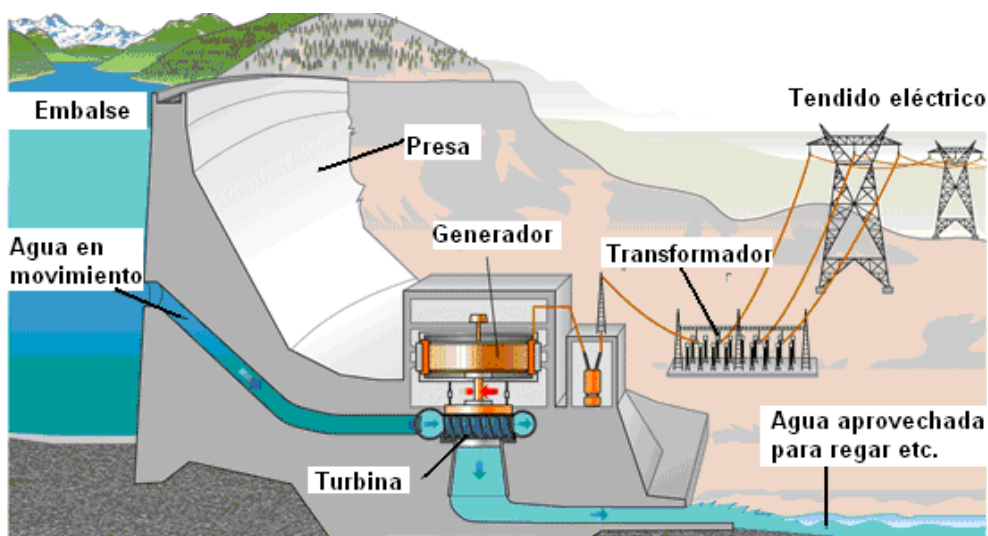




Figura 2.4. Esquema básico de una central hidroeléctrica.

Rara vez se puede utilizar directamente la energía de las aguas salvajes que discurren por el suelo ya que ésta se disipa en remolinos, erosión de las riberas y cauces, arranque de material de las rocas sueltas y en los ruidos del torrente, por lo que es preciso eliminar las pérdidas naturales creando un cauce artificial donde el agua fluya con pérdidas mínimas para, finalmente, convertir la energía potencial disponible en energía mecánica por medio de máquinas apropiadas como turbinas o ruedas hidráulicas.

A pesar de la gran diversidad de esquemas hidráulicos empleados en los aprovechamientos hidroeléctricos, cada caso real puede ser una variante o combinación de dos tipos:

-  Aprovechamiento por derivación.
-  Aprovechamiento por retención.

En el primer caso, las aguas se desvían en un punto determinado del río y se conducen por medio de un canal o túnel con una pequeña pendiente para que el agua pueda circular, y al final del canal se instala una cámara de presión que sirve de arranque a la tubería forzada y esta conducción lleva al agua siguiendo el flanco del valle hasta las turbinas hidráulicas situadas en el extremo inferior donde se restituye el cauce del río.

En el segundo caso el agua se almacena en una presa creando un desnivel o carga hidráulica desde la superficie del agua hasta la base de la cortina. El agua se conduce a través de la tubería de presión a las turbinas localizadas a pie de presa. En la turbina, la energía cinética se transfiere al generador donde se transforma en energía eléctrica.

Con el fin de aprovechar el salto total disponible se suelen instalar a lo largo del río varias centrales en cascada, cada una de ellas recibe directamente el agua de la central superior así como eventualmente las aportaciones de los afluentes intermedios.

Como ejemplo de estos sistemas tenemos el del río Grijalva; la cascada se inicia con la central Belisario Domínguez (La Angostura) con una capacidad total de 900 MW, la siguiente central aguas abajo es la Manuel Moreno Torres (Chicoasén) con una potencia de 1 500 MW, siendo ésta la central hidroeléctrica de mayor capacidad de México. A continuación se encuentra Malpaso, cuya presa Netzahualcóyotl, que es de usos múltiples cuenta con una capacidad útil de 9 317 millones de metros cúbicos y una potencia instalada de 1 080 MW, finalmente se encuentra Peñitas cuya potencia instalada es de 420 MW.

México cuenta con 217 unidades hidroeléctricas con una potencia total instalada de 9 615.15 MW que suministran al Sector Eléctrico Nacional el 12.26 % de generación aproximadamente.

### 2.3.2 Termoeléctricas.

Estas centrales están formadas de conjuntos de obras civiles y complejas instalaciones electromecánicas. Una central termoeléctrica está diseñada para transformar la energía cinética del vapor en electricidad. El vapor se produce a partir de agua desmineralizada, (agua tratada químicamente, a fin de eliminar la gran cantidad de sales disueltas en ella, para lograr la protección interna de todos los componentes del generador de vapor y auxiliares), la que se somete a calentamiento por la combustión de gas y/o combustóleo.

En la actualidad, el sector eléctrico utiliza combustóleo en aquellas unidades alejadas de los centros urbanos y gas en las cercanas a las ciudades.

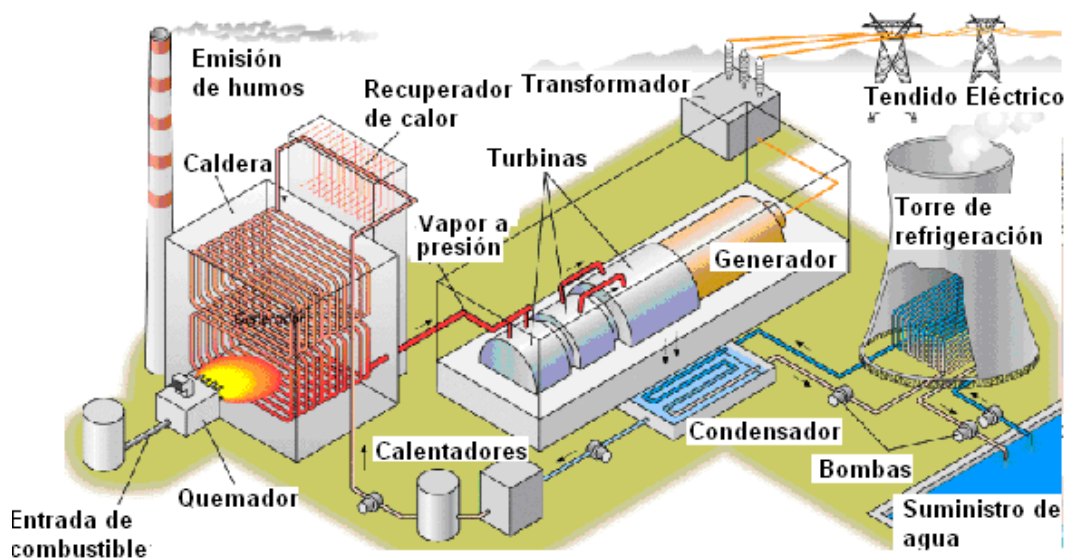




Figura 2.5. Esquema básico de una central termoeléctrica.

El vapor se genera en grandes recintos cerrados, denominados generadores de vapor (uno de los componentes principales), cuyas paredes y elementos se encuentran formados por tubos de diámetros y materiales diferentes, por donde circula el agua durante su proceso de transformación, cuya ebullición produce el vapor que mediante tubos exteriores es conducido hasta las turbinas, en donde la energía cinética del vapor impulsa los álabes de la turbina,





convirtiéndose en energía mecánica, produciéndose con esto el giro de la misma; este movimiento es transmitido al generador eléctrico, que finalmente lo transforma en energía eléctrica.

Por último, el vapor utilizado es descargado al condensador principal, donde se convierte en agua líquida, debido al enfriamiento provocado por el sistema de agua de circulación, y es regresada a los generadores de vapor para continuar con el ciclo agua-vapor.

El sistema de enfriamiento puede ser de dos tipos:

-  Torres húmedas.
-  Torres secas

En el primer caso se consume más agua debido, entre otras causas, a la evaporación provocada por las condiciones climatológicas. El consumo se estima en forma genérica en un litro por segundo por MW de capacidad. En el de torre seca el consumo de agua se disminuye sensiblemente, pero el costo de inversión aumenta. En el país existen 347 unidades, con una capacidad total instalada de 25 863.63 MW. De acuerdo con el tipo de proceso y combustible utilizado, las plantas termoeléctricas se dividen en:

-  Turbo gas
-  Ciclo combinado
-  Diesel
-  Carboeléctrica

#### **Turbo gas.**

La generación de energía eléctrica en las unidades turbo gas se logra aprovechando directamente en los álabes de la turbina, la energía cinética que resulta de la expansión de aire y gases de combustión comprimidos y a altas temperaturas. La turbina está acoplada al rotor del generador dando lugar a la producción de energía eléctrica, descargándose los gases de la combustión a la atmósfera. Estas unidades emplean como combustible gas natural o diesel, y entre los modelos avanzados se puede quemar combustóleo o petróleo crudo. En una máquina



preparada para ello, el cambio del combustible se puede realizar en forma automática en cualquier momento, este cambio implica tener efectos sobre la potencia y la eficiencia de la unidad. Desde el punto de vista de la operación, el breve tiempo de arranque y la versatilidad para seguir las variaciones de la demanda, hacen a las turbinas de gas ventajosas para satisfacer cargas de horas pico y proporcionar capacidad de respaldo al sistema eléctrico.

### **Ciclo combinado.**

Las centrales de ciclo combinado están integradas por dos tipos de unidades generadoras: turbogas y vapor. Una vez terminado el ciclo de generación en las unidades turbogas, los gases desechados poseen un importante contenido energético, el cual se manifiesta en su alta temperatura. En las centrales de ciclo combinado, esta energía se utiliza para calentar agua llevándola a la fase de vapor, que se aprovecha para generar energía eléctrica adicional, siguiendo un proceso semejante al descrito para las plantas térmicas convencionales.

El arreglo general de una planta de ciclo combinado se puede esquematizar de acuerdo con el número de unidades de turbogas por cada unidad de vapor. Este arreglo varía desde una a una, hasta cuatro a una. En cuanto al criterio de diseño de la unidad de vapor existen tres variantes:

- ✚ Sin quemado adicional de combustible.
- ✚ Con quemado adicional de combustible para control de la temperatura de rocío.
- ✚ Con quemado adicional de combustible para aumentar la temperatura y presión del vapor.

Una ventaja de este tipo de plantas es la posibilidad de construirlas en dos etapas. La primera, (turbogas) puede ser terminada en un plazo breve e inmediatamente iniciar su operación; posteriormente, se puede terminar la construcción de la unidad de vapor y completarse así el ciclo combinado.



Figura 2.6. Central de ciclo combinado El Encino - Chihuahua.

### **Diesel.**

La tecnología diesel sigue el principio de los motores de combustión interna, aprovecha la expansión de los gases de combustión para obtener la energía mecánica, que es transformada en energía eléctrica en el generador. De acuerdo con la información de los fabricantes de los equipos, hoy en día y dependiendo de la calidad del combustóleo, las unidades pueden consumir este combustible puro o mezclado con diesel.

Un ejemplo de esta tecnología es la central de San Carlos que se localiza en Comondú, Baja California Sur; consta de dos unidades de 37.5 MW cada una, que utilizan como combustible una mezcla del 15% de diesel y 85% de combustóleo.

### **Carboeléctricas.**

Las centrales carboeléctricas prácticamente no difieren en cuanto a su concepción básica de las termoeléctricas convencionales, el único cambio importante es el uso del carbón como combustible y que los residuos de la combustión requieren de un manejo más complejo que en el caso de las termoeléctricas convencionales, que utilizan combustibles líquidos o gaseosos. En las

centrales que utilizan carbón con alto contenido de azufre es necesario instalar equipos de control de emisiones (desulfuradores), por este motivo, las carboeléctricas se clasifican en tres centrales básicas:

Carboeléctricas sin desulfuradores y sin quemadores duales utilizando carbón, como la de Río Escondido con alto contenido de cenizas.

Carboeléctricas sin desulfuradores y con quemadores duales para carbón y combustóleo. En donde el combustible primario es carbón con un contenido de azufre de menos del 1%.

Carboeléctricas con desulfuradores y quemadores duales para carbón y combustóleo. En donde el combustible primario es carbón con un contenido de azufre de menos del 2.6%.

La experiencia de Comisión Federal de Electricidad en centrales carboeléctricas proviene de operar durante 13 años la pequeña central de 37.5 MW en Nava, Coahuila; así como las cuatro unidades de 300 MW cada una, de la central José López Portillo (Río Escondido), localizada a 31 km al suroeste de la ciudad de Piedras Negras, en donde el carbón es de bajo contenido de azufre. Una nueva central de este tipo es Carbón II, que colinda con la central José López Portillo, la cual cuenta con cuatro unidades de 350 MW cada una.



Figura 2.7. Central Carboeléctrica Carbón II, Nava – Coahuila.

### 2.3.3 Geotérmicas.

La energía geotérmica, como su nombre lo indica, es energía calorífica proveniente del núcleo de la tierra, la cual se desplaza hacia arriba en el magma que fluye a través de las fisuras existentes en las rocas sólidas y semisólidas del interior de la tierra alcanzando niveles cercanos a la superficie, donde, si se encuentran las condiciones geológicas favorables para su acumulación, se mantiene y se transmite a los mantos acuíferos del subsuelo.

Por medio de pozos específicamente perforados, estas aguas subterráneas, que poseen una gran cantidad de energía térmica almacenada. Se extraen a la superficie transformándose en vapor que se utiliza para la generación de energía eléctrica. Este tipo de central opera con principios análogos a los de una termoeléctrica convencional, excepto en la producción de vapor, que en este caso se extrae del subsuelo. La mezcla agua-vapor que se obtiene del pozo se envía a un separador de humedad; para obtener vapor seco y dirigirlo a la turbina donde transformará su energía cinética en mecánica y ésta a su vez, en energía eléctrica en el generador.

Existen unidades de 5 MW en las que el vapor, una vez que se ha trabajado en la turbina, se libera directamente a la atmósfera. En las unidades de 20, 37.5 y 110 MW, el vapor trabajado se envía a un sistema de condensación; el agua condensada, junto con la proveniente del separador de humedad, se reinyecta al subsuelo o bien se descarga a una laguna de evaporación.



Figura 2.8. Central Geotérmica Cerro Prieto – B. C. Norte.

La geotermia es un recurso relativamente importante en el país, por ser del tipo de plantas ecológicas. Desde la instalación en 1959 de la primera planta experimental en Pathé, estado de Hidalgo; la Comisión Federal de Electricidad ha desarrollado competencia técnica para explorar, perforar pozos, diseñar, construir y operar plantas geotermoeléctricas. El mayor desarrollo geotérmico de México, se encuentra en el campo de Cerro Prieto, localizado a unos 30 km al sur de Mexicali, Baja California Norte; con una capacidad total de 620 MW distribuidos en cuatro unidades de 110 MW cada una, cuatro de 37.5 MW y una de 30 MW. En México se tiene un total de 37 unidades geotermoeléctricas en operación con una potencia total instalada de 959.50 MW.

#### 2.3.4 Eólicas.

La potencia del viento es una manifestación indirecta de la energía solar, el sol calienta a la tierra de manera no uniforme presentándose zonas con diferentes temperaturas que originan "flujos" en la atmósfera (viento), y en los océanos corrientes marinas.

Se calcula que el 0.7% de la radiación solar incidente en la atmósfera, es energía cinética de los vientos, la cual se puede transformar en energía útil, ya sea mecánica o eléctrica cuando se mueve a velocidad conveniente.

Actualmente la energía del viento, es una fuente plenamente competitiva frente a las fuentes convencionales como lo demuestran las experiencias de los parques de viento de California y Dinamarca, con potencias instaladas de 1 870 MW y 520 MW respectivamente.

En el territorio mexicano existen algunos lugares con elevado potencial eólico, como son La Venta, Oaxaca; La Virgen, Zacatecas; Veracruz, Veracruz; Pachuca, Hidalgo; Santa María Magdalena, Hidalgo; La Rumorosa, Baja California Norte; Cabo Catoche, Quintana Roo. Las mediciones efectuadas en La Venta, Oaxaca; han confirmado que tiene un área potencial de viento de 15 km<sup>2</sup>, donde el viento registra una velocidad promedio anual de 7 m/s. a 10 m. de altura, por lo que la región es una de las de mayor potencial eólico del mundo.



Figura 2.9 Central Eólica La Venta – Oaxaca.

A raíz del éxito preliminar de este proyecto, CFE lo seleccionó para la instalación de la central eoloelectrica "La Venta" de 1.575 MW, la cual consta de 7 aerogeneradores marca Vestas de 225 kW cada uno, que convierten la energía del viento con velocidades superiores a 4.5 m/s. en energía eléctrica, mediante una aeroturbina que hace girar un generador eléctrico. La energía eólica está basada en aprovechar un flujo dinámico de duración cambiante y con desplazamiento horizontal; la cantidad de energía obtenida es proporcional al cubo de la velocidad del viento, lo que demuestra la importancia de este factor.

Las grandes dimensiones de las aspas de la aeroturbina para alcanzar potencias superiores a 100 kW, constituyen una limitación para estas máquinas. Las más extendidas son del orden de 10 kW y son utilizadas para suministro eléctrico a zonas agrícolas aisladas, faros e instalaciones similares. El departamento de Energía de los Estados Unidos, ha ensayado modelos de aerogeneradores con potencias hasta de 2.5 MW y Suecia ensaya la construcción de unidades de 3 MW con altura de torre superior a los 70 metros. Se encuentran en operación 8 unidades eoloelectricas con una capacidad total instalada de 2.18 MW, que suministran al Sector Eléctrico Nacional el 0.005% de generación aproximadamente.

### 2.3.5 Solares.

El enfoque actual es aprovechar la radiación incidente y transformarla en electricidad en el momento mismo de su recepción. Por un lado, el carácter renovable de esta fuente de energía le confiere un alto valor; por el otro, su intermitencia es un obstáculo para aplicarse masivamente en la generación de electricidad por no disponer de ella en todo momento. La tecnología solar se ha desarrollado en la conversión directa o fotovoltaica y la termosolar, siendo la primera la de mayor comercialización aunque de menor capacidad.

El efecto fotovoltaico se da en los materiales semiconductores (silicio, sulfuro de cadmio, fósforo de indio, etc.), que reciben la radiación solar y suministran corriente eléctrica continua, la limitante en la difusión de las celdas fotovoltaicas es el alto costo de fabricación. Una de las formas para reducir costos es el uso de espejos en conjunto con celdas de alta eficiencia. México se encuentra dentro de las zonas de alta incidencia en radiación solar. Aquí se ha dado una fuerte aplicación de las fotoceldas en programas de electrificación rural y, a la fecha, se han instalado cerca de 7 MW.

Durante su operación se ha confirmado su alta confiabilidad y podrá competir con otro tipo de generación en los periodos pico, en las regiones de alta insolación. La conversión termosolar usa la luz solar para calentar fluidos, obtener vapor de agua y utilizarlo en las turbinas convencionales. Las tres variantes son: plato parabólico, torre central y canal parabólica.

El plato parabólico tiene un receptor colocado en un concentrador que sigue la trayectoria del sol, que absorbe la energía radiante y la convierte en energía térmica en un fluido de trabajo. Las altas temperaturas lo convierten en un sistema eficiente, aunque es una técnica que necesita desarrollarse más.

La torre central dispone a su alrededor de un conjunto de espejos planos o helióstatos que reflejan la radiación del sol hacia un receptor montado en la torre. La radiación es transferida a un fluido en circulación que alcanza altas temperaturas entre 500 y 1 500 °C, lo que permite almacenar la energía en forma competitiva. Este sistema aún está en etapa demostrativa.

El sistema de canal parabólica cuenta con un grupo de espejos en arreglos regulares que siguen la trayectoria del sol, el colector concentrador se conecta a una tubería que conduce un fluido de intercambio de calor y alcanza temperaturas entre 100 y 400 °C. Las centrales de canal parabólica utilizan calderas auxiliares para satisfacer la demanda en las horas de baja insolación, los proyectos recientes estudian la combinación de esta tecnología con las centrales de ciclos combinados, integración que permitirá a la termosolar participar para satisfacer la demanda.

### 2.3.6 Nucleoeléctrica.

Una central nucleoelectrica es una instalación industrial donde se logra transformar mediante varios procesos la energía contenida en los núcleos de los átomos, en energía eléctrica utilizable. Es similar a una central termoeléctrica convencional, la diferencia estriba en la forma de obtener el calor para la producción de vapor. Mientras que en una termoeléctrica el calor se obtiene quemando combustibles fósiles o extrayendo vapor natural del subsuelo, en una nucleoelectrica el calor se obtiene a partir de la fisión nuclear en un reactor. La reacción de fisión se produce al partir los núcleos atómicos de algún elemento como el uranio 235 o el plutonio 239, mediante el bombardeo de los mismos con pequeñísimas partículas denominadas neutrones.

La reacción de fisión de cada uno de estos núcleos produce un gran desprendimiento de energía calorífica y electromagnética, la formación de dos nuevos núcleos de masa inferior a la del núcleo original, y la separación de dos o tres nuevos neutrones, que se aprovechan para fisiónar a otros núcleos, continuando así el proceso en forma encadenada, es por eso que a este tipo de reacción se le denomina "reacción en cadena".

El calor obtenido es utilizado para calentar agua en el interior de enormes vasijas de acero conocidas como reactores, produciéndose así el vapor que es utilizado para hacer girar una turbina, que no es más que un conjunto de discos provistos de álabes o "paletas". Este movimiento será transmitido al generador, el cual producirá la energía eléctrica. (La fisión de 1 kg de uranio 235, libera 18.7 millones de kilowatts-hora en forma de calor).



Las ventajas de las centrales nucleares son: que en el reactor no se tiene un sistema continuo de inyección de combustible, aire, y de eliminación de residuos sólidos. Tampoco se producen emanaciones de gases de combustión al medio ambiente.



Figura 2.10. Central Nucleoeléctrica Laguna Verde – Veracruz.