



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON

**FUNDAMENTOS SOBRE LA GENERACION DE ENERGIA
ELECTRICA EN EL PASADO, EL PRESENTE Y
PROSPECTIVAS AL FUTURO EN UN PANORAMA ECOLOGICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

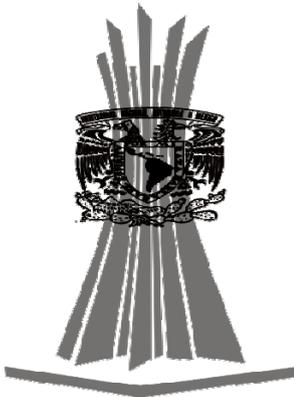
AREA: ELECTRICA - ELECTRONICA

P R E S E N T A N:

NOE GONZALEZ MONDRAGON

VICTOR MANUEL GONZALEZ MONDRAGON

ASESOR: ING. JESUS NUÑEZ VALADEZ



MEXICO

2009.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS:

AGRADEZCO PRIMERAMENTE A DIOS POR PERMITIRME CONCLUIR CON ESTA ETAPA DE MI VIDA.

A MI ALMA MATER LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y EN ESPECIAL A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN EN DONDE TUVE LA OPORTUNIDAD DE FORMARME COMO INGENIERO.

A MIS PADRES Y HERMANOS QUIENES CON SU CARIÑO, SU AMOR Y SU ETERNO SACRIFICIO HAN HECHO POSIBLE ALCANZAR ESTA META. LOS QUIERO.

A CADA MAESTRO QUE CON SUS ENSEÑANZAS FUE CONTRIBUYENDO A LOS CONOCIMIENTOS NECESARIOS PARA IR AVANZANDO DÍA A DÍA Y ASÍ ALCANZAR ESTA META. CON ADMIRACIÓN Y ETERNO AGRADECIMIENTO.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS QUE HE CONOCIDO TODO ESTE TIEMPO. LOS CUALES SOLO LOS VERDADEROS ESTÁN CONMIGO HOY EN DÍA.

NOÉ GONZÁLEZ MONDRAGÓN

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios por darme la fuerza para terminar mis estudios y brindarme la oportunidad de enorgullecer a mis padres; Noé González Rosas y Victoria Mondragón de González a quienes me sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. Este titulo es para ustedes.

A mis hermanos; Noé y Carmen por darme la oportunidad de tener tantos momentos memorables, divertidos y agradables y por compartir las diferentes etapas de nuestras vidas.

A mi asesor; Ing. Jesús Núñez Valadez por brindarme gran parte de sus conocimientos, fue un honor haber sido su discípulo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México; porque me dio la oportunidad de estudiar en ella, desde que era un niño hasta mi formación profesional.

VÍCTOR MANUEL GONZÁLEZ MONDRAGÓN.

ÍNDICE

	TEMA	PAGINA
	Introducción.....	1
	Objetivo.....	2
	Objetivos particulares.....	2
	Justificación.....	3
Capítulo I	Conceptos básicos	
1.1	¿Qué es la electricidad?.....	4
1.2	¿Cuándo se produce electricidad?.....	4
1.2.1	Malos conductores o aislantes.....	5
1.2.2	Semiconductores.....	5
1.3	¿Qué es voltaje, tensión o diferencia de potencial?.....	5
1.4	¿Qué es la corriente o intensidad eléctrica?.....	6
1.4.1	Principios fundamentales de la corriente eléctrica.....	7
1.4.2	Tipos de corriente eléctrica.....	8
1.4.2.1	Corriente continua.....	8
1.4.2.2	Corriente pulsante.....	8
1.4.2.3	Corriente alterna.....	9
1.5	¿Qué es la resistencia eléctrica?.....	9
1.5.1	El efecto Joule.....	10
1.6	Ley de Ohm.....	11
Capítulo II	Cronología en la generación de energía eléctrica	
2.1	Principios del siglo XIX: El tiempo de los teóricos.....	13

2.2	Siglo XVII: La revolución industrial.....	14
2.3	Finales del siglo XIX: El tiempo de los ingenieros.....	16
2.4	Descubrimiento del imán.....	18
2.5	El electromagnetismo.....	19
2.6	Corriente eléctrica.....	20
2.7	El motor.....	24
2.8	El generador.....	25
2.9	El transformador.....	28
2.10	Las primeras plantas generadoras de electricidad.....	29
2.11	Historia de la generación eléctrica en México.....	32
2.11.1	Una luz mexicana.....	33
2.11.2	Radiografía actualizada de la luz.....	36
Capítulo III La generación de energía eléctrica en la época actual		
3.1	¿Cómo se ha generado la energía?.....	38
3.2	Central eléctrica.....	39
3.2.1	Generadores.....	40
3.2.2	Turbina.....	41
3.2.2.1	Turbinas Hidráulicas.....	41
3.2.2.2	Turbinas térmicas.....	41
3.3	Transporte de energía.....	42
3.3.1	La red de transporte de energía eléctrica.....	42
3.3.2	Distribución de la energía.....	44
3.4	Central termoeléctrica.....	45
3.4.1	Esquema de funcionamiento de una central termoeléctrica clásica.....	46

3.4.2	Impacto ambiental de una central termoeléctrica.....	47
3.4.3	Central termoeléctrica de ciclo combinado.....	48
3.4.3.1	Funcionamiento de una central de ciclo combinado.....	48
3.4.3.2	Impacto ambiental de una central de ciclo combinado.....	50
3.4.4	Ventajas y desventajas de las centrales termoeléctricas.....	50
3.5	Central nuclear.....	51
3.5.1	Funcionamiento de una central nuclear.....	52
3.5.2	Impacto ambiental de una central nuclear.....	53
3.5.2.1	¿Qué tipo de contaminación producen estas centrales?.....	55
3.5.3	Ventajas y desventajas de la central nuclear.....	55
3.6	Las energías limpias.....	56
3.6.1	Central hidroeléctrica.....	56
3.6.1.1	¿Cómo funciona una central hidroeléctrica?.....	59
3.6.1.2	Las turbinas Kaplan, Francis y Pelton.....	59
3.6.1.2.1	Turbina Kaplan.....	59
3.6.1.2.2	Turbina Francis.....	61
3.6.1.2.3	Turbina Pelton.....	61
3.6.1.3	Impacto ambiental de una central hidroeléctrica.....	62
3.6.1.3.1	Problemática social.....	64
3.6.1.4	Ventajas y desventajas de la central hidroeléctrica.....	65
3.6.2	Energía solar: limpia y gratuita.....	65
3.6.2.1	¿Qué es la energía solar?.....	66
3.6.2.2	¿Cómo funciona la energía solar?.....	67
3.6.2.3	Transformación natural de la energía solar.....	67

3.6.2.4	Recogida directa de energía solar.....	68
3.6.2.4.1	Colectores de placa plana.....	68
3.6.2.4.2	Colectores de concentración.....	69
3.6.2.5	Central solar.....	70
3.6.2.5.1	El aprovechamiento de la energía solar: la vía térmica y la vía fotovoltaica.....	71
3.6.2.5.2	Centrales solares de torre central.....	71
3.6.2.5.3	Centrales solares con discos parabólicos.....	72
3.6.2.5.4	Sistemas solares fotovoltaicos.....	72
3.6.2.6	Aplicaciones de la energía solar.....	73
3.6.2.6.1	Calefacción solar como medio de bienestar.....	73
3.6.2.6.2	Enfriamiento y refrigeración.....	74
3.6.2.6.3	Hornos solares.....	75
3.6.2.7	Ventajas y desventajas de la energía solar.....	76
3.6.3	Energía eólica.....	77
3.6.3.1	¿Qué es la energía eólica?.....	77
3.6.3.2	Centrales eólicas.....	78
3.6.3.2.1	Generadores eléctricos o aerogeneradores.....	79
3.6.3.2.1.1	Partes de un aerogenerador.....	80
3.6.3.3	Aplicaciones de la energía eólica.....	80
3.6.3.4	Ventajas y desventajas de la energía eólica.....	82
3.6.4	Energía geotérmica.....	84
3.6.4.1	Tipos de yacimientos geotérmicos según la temperatura del agua.....	84

3.6.4.2	Generación de electricidad geotérmica.....	85
3.6.4.2.1	Tipos de plantas eléctricas geotérmicas.....	86
3.6.4.3	Usos de la energía geotérmica.....	86
3.6.4.4	Ventajas y desventajas de la energía geotérmica.....	86
3.6.5	Energías de corrientes y mareas del mar.....	87
3.6.5.1	Centrales maremotrices. Aprovechamiento de las mareas.....	89
3.6.5.2	Centrales de oleaje: Aprovechamiento de las olas.....	90
3.6.5.3	Centrales maremotérmicas: Aprovechamiento de la diferencia de temperatura.....	91
3.6.5.4	Energía térmica oceánica.....	91
3.6.5.5	Usos y aplicaciones de la energía maremotriz.....	92
3.6.5.6	Ventajas y desventajas de la energía maremotriz.....	94
Capítulo IV	Descripción de la generación de energía eléctrica a partir del uso de las nuevas tecnologías	
4.1	El uso de tecnologías futuras, para vivir un mejor presente.....	95
4.2	Cogeneración de energía y captura de CO ₂	96
4.2.1	¿Cómo lograr la reducción de contaminantes?.....	97
4.2.2	¿Cómo puede capturarse el CO ₂ ?.....	99
4.3	Sistema fotovoltaico.....	100
4.3.1	¿Qué es una celda fotovoltaica?.....	101
4.3.2	Funcionamiento del sistema fotovoltaico.....	101
4.3.3	Electricidad fotovoltaica.....	102
4.3.4	Elementos de la energía fotovoltaica.....	102
4.3.4.1	Convertidor de CD/CA.....	103

4.3.4.2	Funcionamiento de un convertidor de CD/CA.....	104
4.3.5	Aplicaciones de la energía fotovoltaica.....	105
4.3.5.1	Sistemas de bombeo solar.....	105
4.4	El hidrogeno como energía del futuro.....	106
4.4.1	Pila de combustible.....	106
4.4.2	Funcionamiento.....	107
4.4.3	Tensión de las celdas.....	108
4.5	Motor de hidrógeno.....	108
4.5.1	¿Cómo se produce el hidrógeno?.....	109
4.6	K.E.R.S. “Kinetic Energy Recovery System” (sistema de recuperación de energía cinética).....	110
4.6.1	¿Qué es el sistema K.E.R.S.?.....	111
4.6.2	¿Cómo funciona esta nueva tecnología?.....	111
4.7	Generación de energía eléctrica a base de gas metano.....	112
4.7.1	Descripción general del proceso.....	113
4.7.1.1	Primera fase.- Captación.....	113
4.7.1.2	Segunda fase.- Conducción.....	114
4.7.1.3	Tercera fase.- Generación de energía eléctrica.....	114
4.8	El magnetismo y las nuevas tecnologías para la generación de energía eléctrica.....	115
4.8.1	Aerogenerador de levitación magnética.....	116
4.8.2	Funcionamiento.....	117
4.9	Aeroelasticidad para generar energía eléctrica.....	118
4.9.1	Funcionamiento.....	118

4.10	Molino magnético.....	119
4.10.1	Funcionamiento.....	120
4.11	Witricidad; electricidad inalámbrica.....	121
4.11.1	¿Qué es la Witricidad?.....	122
4.11.2	Funcionamiento.....	122
4.11.3	¿Es peligrosa esta nueva tecnología?.....	123
	Conclusiones.....	124
	Glosario.....	125
	Bibliografía.....	128

INTRODUCCIÓN

La producción y transformación artificial de energía distingue a la especie humana de las restantes especies vivas y ha sido una constante desde épocas pretéritas para lograr en primer lugar unas condiciones de vida más confortables y posteriormente para facilitar los desplazamientos y producir masivamente bienes en la industria.

Como consecuencia de la creciente demanda, la generación de energía es responsable de un agotamiento de algunas materias primas esenciales no renovables (combustibles fósiles principalmente), de una buena parte de la modificación de las condiciones ambientales (gases que provocan el efecto invernadero, contaminación de la atmósfera que a su vez provocan daños a la salud) y de la generación de un volumen considerable de residuos, algunos de ellos de difícil gestión (como el aceite de los carros que prácticamente no tiene ningún uso después de ser utilizado y el numero incontable de neumáticos que difícilmente son aprovechados después de su uso), aunque actualmente ya existen empresas que están viendo la manera de reciclar dichos materiales no biodegradables.

Así mismo, el siguiente trabajo lo que pretende es hacer énfasis a la generación de electricidad usando tecnologías de la nueva que no sean tan contaminantes para el planeta, dejando atrás las formas tradicionales de generar electricidad, ya que dentro de algunos años el petróleo único combustible que ha solventado al hombre prácticamente desde que comenzó la revolución industrial se terminará por la quema irracional de este ya que el gran numero de habitantes en el planeta que cada día necesitan mas energías que consumir para satisfacer sus necesidades diarias lo demanda.

Quizás en un futuro no muy lejano podar haber o no haber petróleo, en el caso de que hubiese existirá en pocas cantidades pero como estos han ido dañando al planeta será considerable su uso, pues difícilmente se seguirá utilizando este tipo de combustibles para la generación de energía ya que utilizarlos seria ir acabando aun más con el planeta.

Pero con el desarrollos de nuevas tecnologías que poco a poco se están desarrollando, por la gran demanda que el hombre tiene como consumidor, se están dando pasos agigantados con el desarrollo de estas, como por ejemplo el uso de la energía la solar, la Aeroelasticidad para generar energía eléctrica, mediante fotoceldas-hidrógeno (celda de combustible, proyecto elaborado por El Centro de Investigación en Energía (CIE) de la UNAM), la tecnología del hidrógeno, pilas de combustibles entre otros . Por tanto se tendrán mejores fuentes alternativas de nueva generación que sean baratas, no contaminantes o en su caso que no sean tan agresivos con el medio como lo son los combustibles de ahora.

El aumento de la población mundial y el previsible crecimiento económico, especialmente en zonas poco desarrolladas del planeta, aseguran que la demanda de energía y de otras materias primas no energéticas continuará aumentando en las próximas décadas, con la consiguiente producción de residuos. Todos estos factores seguirán afectando negativamente al entorno natural y harán difícil la consecución de los objetivos de un desarrollo sostenible. La mejora de la eficacia de los métodos de producción de energía y de transformación de materias primas. Por eso es necesaria la introducción de nuevas tecnologías para la producción de energía que actúen en la misma dirección, ya que estos son los instrumentos que pueden contribuir de forma eficaz a aproximarse a los objetivos de sostenibilidad, o, al menos, a reducir la velocidad de deterioro de los recursos naturales y del medio ambiente.

OBJETIVO

Establecer los fundamentos para la generación de electricidad utilizando nuevas tecnologías ya que la historia de la humanidad no ha sido más que la historia del control de las fuentes y tecnologías energéticas, llegando al esquema energético global actual, el que descansa en la utilización de los combustibles fósiles; combustibles que son extinguidos, contaminantes en alto grado, que están concentrados en pocas regiones de la tierra y que son utilizados muy ineficientemente.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer los conceptos básicos de la electricidad.
- Conocer los antecedentes históricos de la electricidad.
- Conocer los diferentes métodos de generación de la energía eléctrica.
- Dar a conocer los principios y generalidades de las nuevas tecnologías que se están desarrollando en la actualidad, con el objetivo de producir energía eléctrica sin el deterioro del medio ambiente.
- Mencionar algunas de las nuevas tecnologías sabiendo que la mayoría de estas son experimentales y se encuentra en etapa de desarrollo (prototipos), se presentara únicamente la información que se ha podido recavar.

JUSTIFICACIÓN

El tema de la electricidad y de cómo se genera esta, es algo muy común y, al parecer no es desconocido para el grueso de la gente.

Por otro lado la generación de electricidad utilizando nuevas tecnologías es algo que aun no se conoce ya que son solo proyectos, que se están llevando a cabo por la escasez de petróleo que se esta previendo en años futuros. También es importante señalar que este tipo de nuevas tecnologías para la generación de electricidad es importante no solo por sustentar al hombre de electricidad en caso del agotamiento del petróleo, sino que este tipo de nuevas tecnologías dará un respiro al planeta liberándolo de los agentes contaminantes que cada día lo deterioran mas.

Por esta razón nos parece muy bien presentar las bases de como se están desarrollando este tipo de nuevas tecnologías en la generación de electricidad, así como el aprovechamiento y el uso que se les dará, y para ello, nos hemos tomado la libertad de realizar este proyecto: asimismo, esperamos que sea de utilidad para las personas interesadas en el tema.

CAPÍTULO I

CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 ¿QUÉ ES LA ELECTRICIDAD?

Es una forma de energía que se produce cuando hay desequilibrio entre dos partículas básicas de la materia, electrones y protones que tienen la propiedad de atraerse o repelerse. Negativa la del electrón y positiva la del protón

El átomo: es la partícula más pequeña a la que se puede reducir un elemento y que conserva las propiedades de ese elemento, como se muestra en la Fig. 1.1

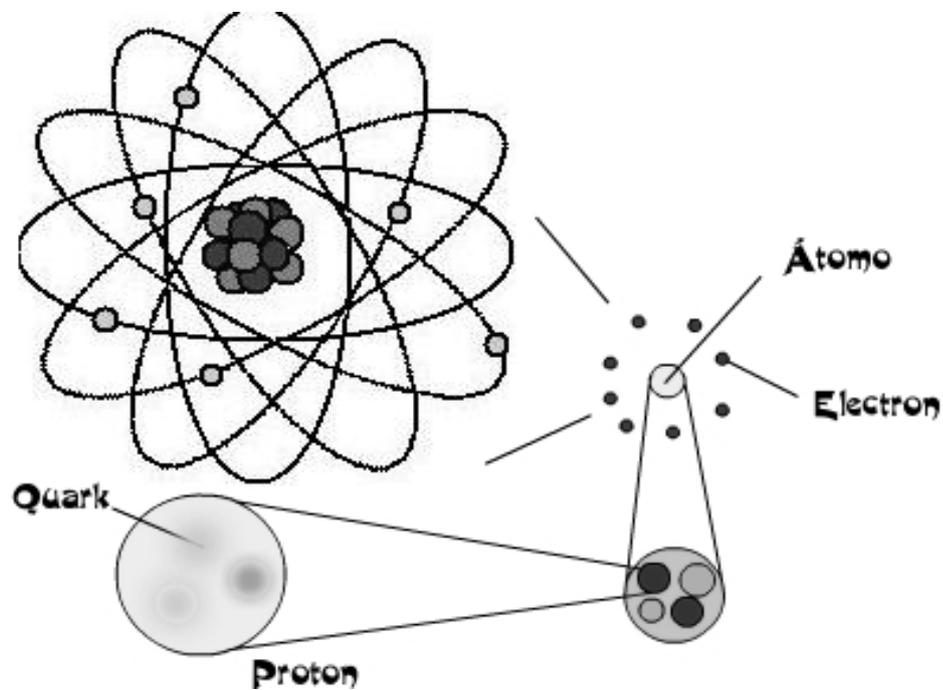


Fig. 1.1 Estructura de un Átomo

1.2 ¿CUÁNDO SE PRODUCE ELECTRICIDAD?

La electricidad se produce cuando los electrones se liberan de sus átomos. Los átomos que tienen menos electrones en su última órbita, son átomos de elementos buenos conductores, por ejemplo: cobre, plata, oro, zinc, hierro, etc.

Los conductores, son materiales que tienen electrones cuya liberación es fácil, la mayor parte de los metales que son buenos conductores eléctricos generalmente se describen como materiales con muchos electrones libres.

1.2.1 MALOS CONDUCTORES O AISLANTES

Los aisladores mas usados son el vidrio, hule, plástico, madera y cerámica. Es muy difícil liberar los electrones de estos materiales. Por ello se dice que contienen muy pocos electrones libres. También se les denomina como dieléctricos.

1.2.2 SEMICONDUCTORES

Los semiconductores son materiales con mayor numero de electrones libres que los aisladores, pero menor que los conductores. Por ejemplo: el germanio, silicio, selenio, etc.

Los electrones de los átomos son desprendidos de sus orbitas cuando se les aplica una fuerza o energía.

1.3 ¿QUÉ ES EL VOLTAJE, TENSIÓN O DIFERENCIA DE POTENCIAL?

El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (**FEM**) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica.

A mayor diferencia de potencial o presión que ejerza una fuente de FEM sobre las cargas eléctricas o electrones contenidos en un conductor, mayor será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor. Fig. 1.2

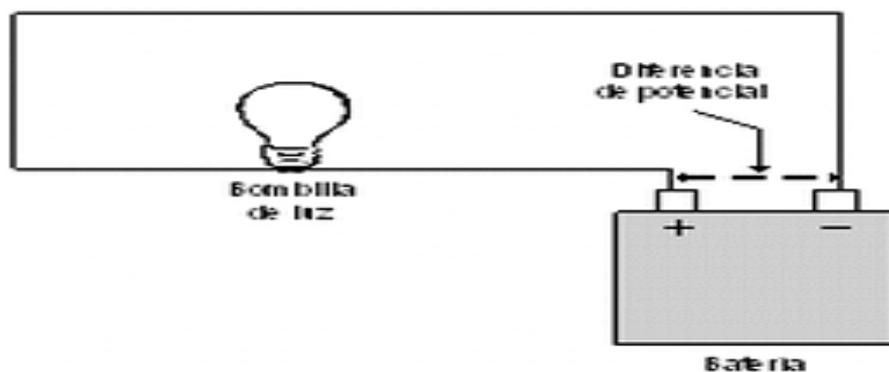


Fig. 1.2 Esquema de un circuito elemental donde se da una diferencia de potencial en los polos de una batería.

1.4 ¿QUE ES LA CORRIENTE O INTENSIDAD ELECTRICA?

Hasta ahora se ha explicado lo que es la electricidad y como se producen las cargas eléctricas. En particular se estudiaron temas relativos a la electricidad estática, es decir a la carga eléctrica en reposo. Pero por lo general una carga eléctrica estática no puede desempeñar una función útil. Si se quiere usar energía eléctrica para realizar algún trabajo, es preciso que la electricidad se “ponga en marcha”. Esto sucede cuando se tiene una corriente eléctrica.

La corriente se produce, cuando en un conductor hay muchos electrones libres que se mueven en la misma dirección.

El termino corriente eléctrica, o simplemente corriente, se emplea para describir la tasa de flujo de carga que pasa por alguna región de espacio. La mayor parte de las aplicaciones prácticas de la electricidad tienen que ver con corrientes eléctricas. Por ejemplo, la batería de una luz de destellos suministra corriente al filamento de la bombilla cuando el interruptor se conecta.

Una gran variedad de aparatos domésticos funcionan con corriente alterna. En estas situaciones comunes, el flujo de carga fluye por un conductor, por ejemplo, un alambre de cobre. Es posible también que existan corrientes fuera de un conductor. Por ejemplo, un haz de electrones en el tubo de imagen de una TV constituye una corriente. Como se puede ejemplificar en la Fig. 1.3

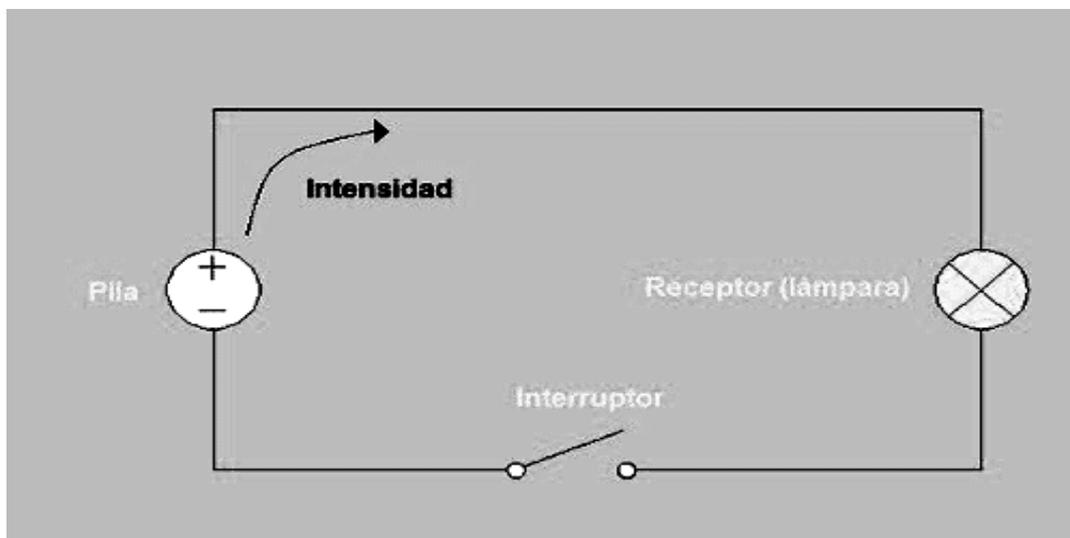


Fig. 1.3 Esquema de un circuito donde existe un flujo de electrones (también llamada corriente) circulando en una dirección.

La corriente eléctrica se mide en amperios y se indica con el símbolo A (amperio: unidad de medida de la corriente eléctrica, representa el número de cargas (coulombs) por segundo que pasan por un punto de un material conductor. (1Amperio = 1 coulomb/segundo), en honor al físico matemático André-Marie Ampère, Ampere descubrió las leyes que hacen

posible el desvío de una aguja magnética por una corriente eléctrica, lo que hizo posible el funcionamiento de los actuales aparatos de medida.

1.4.1 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

El estudio de la corriente eléctrica se basa, en su forma inicial, en dos principios fundamentales:

- Principio de la conservación de la energía
- Principio de la degradación de la energía

El principio de la conservación de la energía (también conocido como el primer principio de la termodinámica) afirma que la energía no puede crearse ni destruirse, solamente se le puede cambiar de una forma a otra; por ejemplo, cuando la energía eléctrica se convierte en energía calorífica.

El principio de la degradación de la energía (también conocido como el segundo principio de la energía) dice que siempre que tengamos una transformación de energía, parte de ésta se transforma en energía inútil que el sistema no es capaz de aprovechar.

Considerando a la energía como la capacidad de los cuerpos para producir un trabajo, podemos decir que dicha energía puede estar en estado potencial, cuando puede generarse; o en estado latente, que es cuando se está manifestando. A manifestarse la energía, ésta puede tomar diferentes formas (mecánica, térmica, nuclear, eléctrica, etcétera). La electricidad es, en sí, una forma de energía y energía eléctrica es la capacidad de los cuerpos para producir un trabajo por medio de la electricidad.

La corriente eléctrica es el desplazamiento de los electrones a lo largo de un conductor; es decir, es el desplazamiento de electrones desde un cuerpo que los posee en exceso, hasta otro que se encuentra falto de ellos. La figura 1.4 muestra el desplazamiento de electrones a lo largo de un conductor.

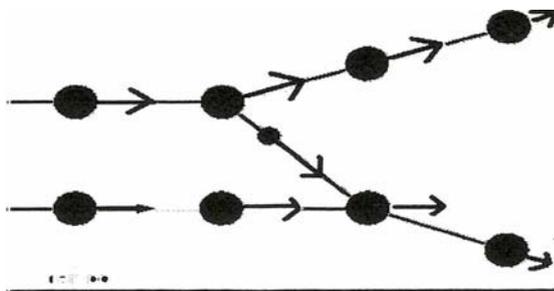


Fig. 1.4 Desplazamiento de electrones

1.4.2 TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA

De acuerdo a sus características, la corriente eléctrica puede dividirse en:

- Continua
- Pulsante o pulsatoria
- Alterna

1.4.2.1 CORRIENTE CONTINUA

Es corriente continua es cuando los electrones siempre siguen el mismo sentido en el conductor; su representación en una recta, como se observa en la siguiente figura. Sus valores de magnitud permanecen sensiblemente constantes; teniendo un marcado acento direccional. Algunos aparatos que manejan este tipo de corriente son las pilas y los acumuladores, como se muestra en la Fig. 1.5

Fig. 1.5 Representación de la corriente
continúa

1.4.2.2 CORRIENTE PULSANTE

La corriente pulsatoria es una corriente alterna rectificada, transformándose en continua respecto del sentido direccional de los electrones; si bien, cambia de valores absolutos de sus magnitudes, en mayor o menor grado según su amplitud. La corriente pulsatoria puede ser: de media onda o de onda completa., como se muestra Fig. 1.6



Fig. 1.6 Representaciones de la
corriente pulsatoria.

1.4.2.3 CORRIENTE ALTERNA

La corriente alterna es de naturaleza totalmente distinta; en ella, en fracciones periódicas de tiempo va cambiando de valor y de signo, alterando el sentido direccional de los electrones, pasando por unos valores máximos y mínimos en el valor absoluto de las magnitudes; es la corriente que se genera en las centrales, por medio de alternadores.

Esto se puede observar en la Fig. 1.7

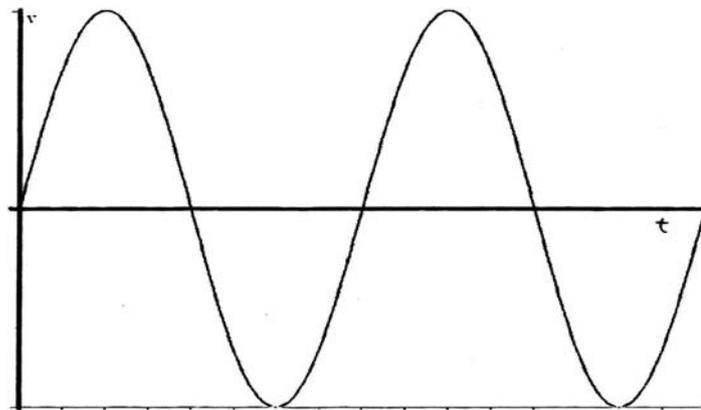
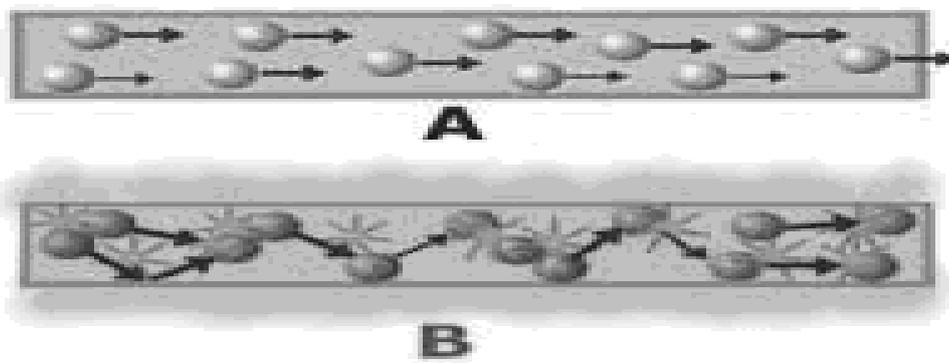


Fig. 1.7 Señal de corriente alterna

1.5 ¿QUÈ ES LA RESISITENCIA ELÉCTRICA?

Resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica. Su unidad en el Sistema Internacional es el *ohmio* en honor a **Georg Simon Ohm** quien definió la ley que lleva su nombre.



A.- Electrones fluyendo por un buen conductor eléctrico, que ofrece baja resistencia.

B.- Electrones fluyendo por un mal conductor Eléctrico, que ofrece alta resistencia a su paso. En ese caso los electrones chocan unos contra otros al no poder circular libremente y, como consecuencia, generan calor.

Normalmente los electrones tratan de circular por el circuito eléctrico de una forma más o menos organizada, de acuerdo con la resistencia que encuentren a su paso. Mientras menor sea esa resistencia, mayor será el orden existente en el micromundo de los electrones; pero cuando la resistencia es elevada, comienzan a chocar unos con otros y a liberar energía en forma de calor. Esa situación hace que siempre se eleve algo la temperatura del conductor y que, además, adquiera valores más altos en el punto donde los electrones encuentren una mayor resistencia a su paso.

1.5.1 EL EFECTO JOULE

Es la producción de calor en un conductor cuando circula una corriente eléctrica a través del mismo. La energía eléctrica se transforma en energía térmica debido a los continuos choques de los electrones móviles contra los iones metálicos del conductor, produciéndose un intercambio de energía cinética, que provoca un aumento de temperatura del conductor.

El efecto Joule se interpreta considerando todos los procesos energéticos que tienen lugar. En el generador se crea un campo eléctrico a expensas de energía química o mecánica. Esta energía se emplea en acelerar los electrones del metal, comunicándoles energía cinética. Los electrones pierden parte de esta energía en los inevitables choques con los átomos que constituyen el metal; estos átomos pueden oscilar alrededor de sus posiciones de equilibrio en la red metálica, y al incrementar su energía cinética de oscilación o de vibración se eleva la temperatura del conductor.

Este efecto fue definido de la siguiente manera: "La cantidad de energía calorífica producida por una corriente eléctrica, depende directamente del cuadrado de la intensidad de la corriente, del tiempo que ésta circula por el conductor y de la resistencia que opone el mismo al paso de la corriente". Matemáticamente se expresa como:

$$Q = I^2 \cdot R$$

donde:

- Q** = energía calorífica producida por la corriente
- I** = intensidad de la corriente que circula y se mide en amperios
- R** = resistencia eléctrica del conductor y se mide en ohms
- t** = tiempo el cual se mide en segundos

Así, la potencia disipada por efecto Joule será:

$$P = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R}$$

donde *V* es la diferencia de potencial entre los extremos del conductor.

1.6 LEY DE OHM

¿Existe alguna relación entre la tensión, la intensidad y la resistencia?

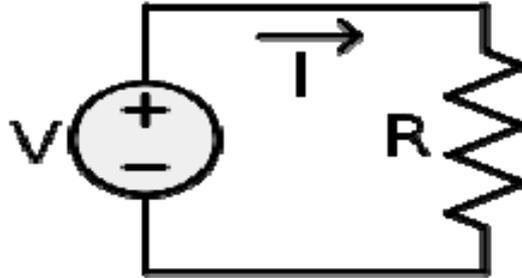


Fig. 1.8 Representación de la Ley de Ohm en un circuito elemental.

Observando que en la Fig. 1.8 la Ley de Ohm establece que "La intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo", se puede expresar matemáticamente en la siguiente ecuación:

$$I = \frac{V}{R}$$

donde, empleando unidades del Sistema internacional, tenemos que:

- I = Intensidad en amperios (A)
- V = Diferencia de potencial en voltios (V)
- R = Resistencia en ohmios (Ω).
-

Esta ley define una propiedad específica de ciertos materiales por la que se cumple la relación:

$$V = I \cdot R$$

Un conductor cumple la Ley de Ohm sólo si su curva $V-I$ es lineal, esto es si R es independiente de V y de I .

Sin embargo, la relación:

$$R = \frac{V}{I}$$

Sigue siendo la definición general de la resistencia de un conductor, independientemente de si éste cumple o no con la Ley de Ohm.

CAPÍTULO II

CRONOLOGÍA EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

2.1 PRINCIPIOS DEL SIGLO XIX: EL TIEMPO DE LOS TEÓRICOS

En Alejandría (Egipto), los inventores griegos ya habían concebido la idea de convertir el calor en energía cinética. La historia de la electricidad como rama de la física comenzó con observaciones aisladas y simples especulaciones o intuiciones médicas, como el uso de peces eléctricos en enfermedades como la gota y el dolor de cabeza, u objetos arqueológicos de interpretación discutible (la batería de Bagdad).

Se dice que la primera observación sobre la electricidad la realizó Tales de Mileto en el año 600 antes de Cristo. Observó que unas briznas de hierba seca eran atraídas por un trozo de ámbar que antes había frotado con su túnica. No sabemos si esto era fruto de una experiencia o de la casualidad, pero es la primera referencia que se tiene del conocimiento de la electricidad. Se dice también que en Siria, las mujeres utilizaban la rara propiedad del ámbar para quitar las hojas y briznas de paja que se enganchaban a la ropa.

Tuvieron que transcurrir tres siglos, hasta que el filósofo griego Theophrastus escribe el primer tratado donde se establece que existen varias sustancias, aparte del ámbar, que poseen la propiedad de atraer objetos al ser frotadas.

Así deja constancia, sobre el primer estudio científico sobre la electricidad.

El romano Plinio (23-79 DC), conocido viajero y naturalista clásico experimentó también con el ámbar y lo comparó a la piedra imán. En su obra habla también de un pez del que salían chispas, pero no relaciona entre si estos fenómenos y los cita sencillamente como curiosidades naturales.

Al cabo de mil quinientos años, el médico y físico inglés William Gilbert (1544-1603) debió leer o saber de estas experiencias y las repitió estudió los efectos producidos, es decir, la atracción del ámbar sobre unas finas partículas y llamó electricidad a este fenómeno, de la palabra elektron que es el nombre griego del ámbar. Experimentó con otras sustancias y observó el mismo fenómeno en el azufre, lacre y algunas piedras preciosas. La Reina Elizabeth I le pidió también un estudio sobre los imanes para mejorar la exactitud de las brújulas de navegación. Este trabajo fue la base de estudios posteriores de electrostática y magnetismo. Gilbert escribió un libro que tituló "De Magnete", donde hacía referencia a Tales y a Theophrastus. Años después de la muerte de Gilbert, el irlandés Boyle demostró que la electricidad perdura un cierto tiempo en los cuerpos después de haberlos frotado.

Se inicia la investigación detallada de los fenómenos eléctricos. Entre 1729 y 1736 dos científicos ingleses, Stephen Gray (1696-1736) y Jean Desaguliers (1683-1744) dieron a conocer los resultados de una serie de experimentos eléctricos muy cuidadosos. Encontraron que si unían por medio de un alambre metálico un tubo de vidrio previamente frotado con un trozo de corcho, éste se electrificaba. Comprobaron que el corcho se electrificaba ya que al acercarle trozos de papel éstos eran atraídos por él. Este fenómeno persistía aun si el vidrio y el corcho se separaban a distancias de 300 metros. Si en lugar de

efectuar la unión con un alambre metálico empleaban un hilo de seda, el corcho no se electrificaba. Además descubrieron que si la línea de transmisión hacía contacto con el suelo, o sea con la tierra, el corcho dejaba de electrificarse.

Con todos estos experimentos llegaron a la conclusión de que la electrificación era un efecto que se presentaba en la superficie de los cuerpos, en donde aparecía lo que llamaron una "virtud" o "fluido" eléctrico al que en la actualidad se le llama carga eléctrica.

Encontraron que la carga eléctrica podía moverse libremente de un cuerpo a otro a través de ciertos materiales que llamaron conductores (el cuerpo humano, los metales, el aire húmedo, etc.). También existen materiales que no conducen electricidad, a los que se llama aisladores o no-conductores (la madera, la seda, la cerámica, etcétera).

2.2 SIGLO XVIII: LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La crisis de la conciencia europea renueva el panorama intelectual de finales del siglo XVII a principios del siglo XVIII y abre las puertas al llamado *Siglo de las luces* o de la Ilustración. Instituciones científicas de nuevo cuño, como la *Royal Academy* inglesa, y el espíritu crítico que los enciclopedistas franceses extienden por todo el continente, conviven con el inicio de la Revolución industrial. No obstante, la retroalimentación entre ciencia, tecnología y sociedad, aún no se había producido. Aparte del pararrayos, ninguna de las innovaciones técnicas del siglo tuvo que ver con las investigaciones científicas sobre la electricidad, hecho que no es exclusivo de este campo: la mismísima máquina de vapor precedió en cien años a la definición de la termodinámica por Sadi Carnot.

Un científico francés, François du Fay (1698-1739), hizo otro tipo de experimentos que reportó entre 1733 y 1734. Frotó con tela de seda dos tubos de vidrio iguales. Al acercar los tubos vio que siempre se repelían. Así concluyó que dos materiales idénticos se repelen cuando se electrifican en formas idénticas. Como cada uno de los tubos adquiere el mismo tipo de carga se puede afirmar que cargas iguales se repelen.

El mismo François du Fay hizo muchos otros experimentos con diferentes materiales y llegó a la conclusión de que existen dos tipos de electricidad; a una la llamó vitrosa (la que aparece cuando se frota con seda el vidrio) y a la otra resinosa (la que aparece cuando se frota al hule con piel).

Durante la siguiente década, Benjamín Franklin (1706-1790) realizó estos mismos descubrimientos en Estados Unidos, sin conocer los trabajos del francés. Según él, el vidrio electrificado había adquirido un exceso de fluido (carga) eléctrico, y le llamó a este estado positivo. Al estado de la seda con la que frotó el vidrio lo llamó negativo, pues consideraba que había tenido una deficiencia de fluido (carga) eléctrico. Esta terminología de Franklin es la que se utiliza hasta hoy en día, aunque no se acepten las ideas con que la concibió este científico.

Mientras se actuaba algunos experimentos, Benjamín Franklin se dio cuenta de que durante las tormentas había efectos eléctricos en la atmósfera, y descubrió que los rayos eran descargas eléctricas que partían de las nubes. Franklin logró juntar cargas eléctricas de la atmósfera por medio de varillas muy picudas. A la larga, esto dio lugar a la invención del pararrayos, que consistía en una varilla metálica picuda conectada a la tierra; las cargas

eléctricas del rayo eran atraídas a la varilla y conducidas a la tierra. Con esto se evitaba que un rayo cayera sobre una casa, pues era conducido a tierra sin causar ningún daño. Posiblemente ésta fue la primera aplicación práctica de la investigación científica de la electricidad.

En 1785, que el ingeniero militar francés Charles Auguste Coulomb (1736-1806) pudo medir con bastante precisión las características de las fuerzas entre partículas eléctricamente cargadas. Para ello utilizó un péndulo de torsión (Figura 2.1) que consiste en una barra AB que está sujeta por medio de un alambre vertical. Cuando uno de los extremos experimenta una fuerza, la barra gira y hace que el alambre se tuerza. Midiendo el ángulo que gira el alambre se puede determinar la magnitud de la fuerza que experimentó el extremo de la barra. Coulomb colocó en el extremo A de su péndulo una carga y acercó otra carga C. Cambiando los valores de las cargas y manteniendo la distancia entre A y C fija, encontró que mientras más grande es cada una de las cargas, mayor es la magnitud de la fuerza entre ellas (ya sea de atracción si las cargas son opuestas, o de repulsión si son iguales). De hecho, si una de las cargas aumenta al doble, la fuerza aumenta al doble, si la carga aumenta al triple, la fuerza aumenta al triple y así sucesivamente. Además, mientras más separadas estén las cargas, menor será la fuerza. Así si la distancia entre A y C aumenta al doble, la fuerza disminuye a la cuarta parte; si la distancia aumenta al triple, la fuerza disminuye a la novena parte, etc. Este conjunto de resultados recibe el nombre de ley de Coulomb.

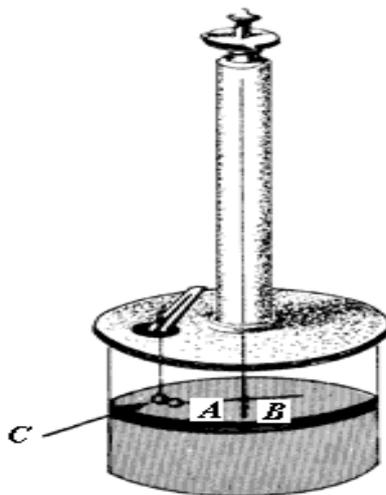


Figura 2.1. Aparato diseñado por Coulomb para medir la fuerza entre cargas eléctricas.

Regresemos al año de 1663, cuando Otto von Guericke (1602-1686) de Magdeburgo, Alemania, construyó el primer generador de electricidad. Este aparato producía cargas eléctricas por medio de fricción. Sobre un armazón de madera Von Guericke montó una esfera de azufre sobre un eje. Mientras con una mano hacía girar la esfera, con la otra la presionaba. Así obtenía cargas eléctricas sobre la esfera, que atraían diversos objetos cercanos. El funcionamiento de esta máquina estaba basado en el experimento arriba descrito en que se frotaba una sustancia con otra. El famoso científico inglés Isaac Newton

(1642-1727) propuso usar una esfera de vidrio en lugar de una de azufre. Al transcurrir los años se diseñaron diferentes variantes, gracias a lo cual se construyeron máquinas cada vez con mayor capacidad de producir carga eléctrica.

Así, en las primeras décadas del siglo XVIII ya existían máquinas que producían cargas eléctricas por medio de fricción. Funcionaban esencialmente a base de discos que se hacían girar por medio de manivelas. Al girar se friccionalaban con otra superficie y se cargaban, de la misma forma en que un trozo de vidrio se carga al frotarlo con un paño. Estas máquinas producían cantidades respetables de carga eléctrica y al acercarlas a otras superficies se producían chispas. Era muy frecuente encontrar estas máquinas en salones de juegos, pues hacían que los cabellos de las señoras se pusieran de punta al ser atraídos por las cargas generadas.

2.3 FINALES DEL SIGLO XIX: EL TIEMPO DE LOS INGENIEROS

Un gran número de personas empleó animales para estudiar las descargas eléctricas y utilizó como fuentes máquinas generadoras y botellas de Leiden. Una de estas personas fue Luigi Galvani (1737-1798), profesor de anatomía en la Universidad de Bolonia, Italia. Sus discípulos se dieron cuenta de que cuando se sacaban chispas de un generador y se tocaban simultáneamente las patas de una rana con un bisturí, éstas se contraían. Galvani estudió con más detalle este curioso fenómeno. En primer lugar, unió una extremidad de la rana a un pararrayos y la otra la fijó a tierra por medio de un alambre metálico. Descubrió que los músculos se estremecían cuando había tormenta, pues las cargas que recogía el pararrayos se transportaban a través del músculo hasta la tierra. La conexión la realizó de la siguiente manera: en un extremo de la pata conectó un alambre de cobre, mientras que en el otro extremo conectó uno de hierro (Figura 2.2). En cierto momento, y de manera accidental, juntó los alambres y se dio cuenta de que la pata se contraía. De sus experiencias anteriores sabía que esta contracción ocurría solamente cuando una carga eléctrica pasaba por la pata, pero ¡no había conectado ningún extremo a ninguna fuente de carga eléctrica! Así llegó a la conclusión de que si se formaba un circuito cerrado entre dos metales que pasara por la pata, se generaba una corriente eléctrica que circulaba por el circuito. Sin embargo, Galvani no estaba en lo cierto, ya que creyó que la fuente de la electricidad estaba en lo que llamó "electricidad animal". Galvani se dedicó a hacer experimentos con diferentes animales creyendo que había descubierto y confirmado la veracidad de la electricidad animal. Con el tiempo se comprobó que sus hipótesis no eran correctas.

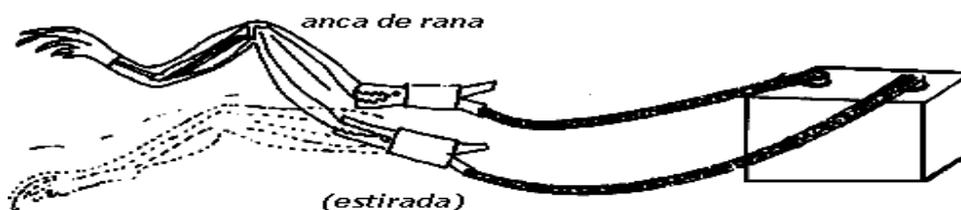


Figura 2.2. Si los metales hierro y cobre se unen, el anca de la rana se contrae debido al paso de una corriente eléctrica.

Alejandro Volta (1745-1827), profesor de la Universidad de Pavia, Italia, se enteró de los experimentos de Galvani y los volvió a hacer, usando lo que llamó ranas "galvanizadas". Sin embargo, no aceptó la explicación de Galvani. Volta se dio cuenta de que para lograr el efecto descubierto por Galvani se necesitaba cobre, hierro y el líquido del tejido muscular.

Hizo una serie de experimentos muy cuidadosos, utilizando alambres de diferentes materiales; así descubrió que si usaba estaño y cobre lograba una corriente relativamente fuerte, mientras que si usaba hierro y plata el efecto era poco intenso. Siguiendo esta línea de pensamiento dejó de usar ranas y puso su propia lengua entre los metales, logrando el mismo efecto; en seguida probó con diferentes líquidos entre los metales y siempre encontró el mismo efecto. El caso más satisfactorio fue cuando usó placas de zinc y cobre en un ácido líquido (Figura 2.3). De esta manera llegó a la conclusión de que el efecto descubierto por Galvani no tenía nada que ver con la "electricidad animal" sino que se debía a una acción química entre el líquido, llamado electrolito, y los dos metales. Es así como Volta construyó lo que posteriormente se llamó una pila voltaica, que fue el primer dispositivo electroquímico que sirvió como fuente de electricidad.

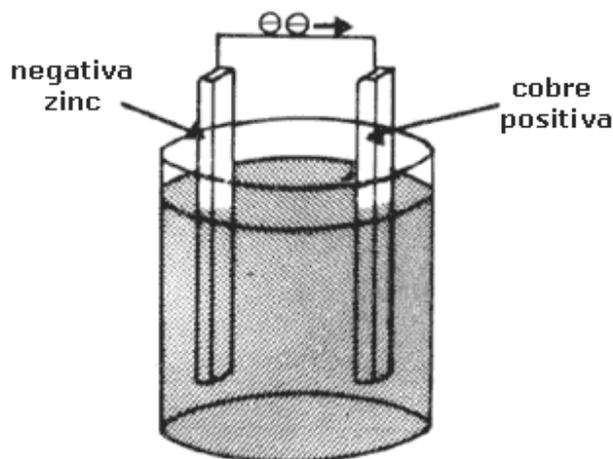


Figura 2.3. Esquema de una de las primeras baterías eléctricas de Volta.

Entre los extremos de los metales, fuera del electrolito, se genera una diferencia de potencial, o voltaje, que puede dar lugar a una corriente eléctrica. En la pila de la figura 3 el zinc adquiere carga negativa, mientras que el cobre adquiere cargas positivas. Al zinc se le llama cátodo y el cobre recibe el nombre de ánodo. Así se tiene una fuente de electricidad distinta a la generada por fricción. Con este medio químico para obtener electricidad se abrieron nuevas posibilidades de aplicación práctica y experimental.

La explicación de las reacciones químicas que ocurren en la pila o celda voltaica se dio muchos años después, ya que en la época de Volta la química apenas empezaba a desarrollarse como ciencia moderna. Solamente diremos que, por un lado, el zinc adquiere un exceso de electrones, mientras que por el otro, el ácido con el cobre da lugar a cargas eléctricas positivas. Al unir el cobre con el zinc por medio de un alambre conductor, los

electrones del zinc se mueven a través del alambre, atraídos por las cargas del cobre y al llegar a ellas se les unen formando hidrógeno.

El descubrimiento de Volta se expandió como reguero de pólvora. Muy pronto en muchos países europeos se construyeron pilas voltaicas de diferentes tipos, que fueron un acicate para los estudios de las propiedades y efectos electroquímicos, térmicos, magnéticos, etc., de la electricidad.

Volta recibió en vida muchos premios y agasajos. En 1881 el Congreso Internacional de Electricistas decidió honrarlo dando su nombre a la unidad de diferencia de potencial: el volt, a la que se suele también llamar de manera más familiar, voltaje.

La posibilidad práctica de construir pilas voltaicas produjo una revolución en el estudio de la electricidad.

Hemos de mencionar que en muchos laboratorios era muy poco factible construir las máquinas de electricidad por fricción, ya que eran bastante caras; sin embargo, las pilas eran relativamente baratas. Permitieron el avance de la ciencia química ya que estaban al alcance de muchos laboratorios; de otra manera no se hubieran podido realizar muchas investigaciones científicas. Gran parte de los primeros descubrimientos electroquímicos fueron hechos precisamente con pilas voltaicas. Poco después de haber recibido una carta de Volta en la que explicaba cómo construir una pila, William Nicholson (1753-1825) y Anthony Carlisle (1768- 1840) construyeron en Londres uno de estos dispositivos, y con el fin de conseguir una mejor conexión eléctrica, conectaron cada una de las terminales de la pila a un recipiente con agua. Se dieron cuenta de que en una de las terminales aparecía hidrógeno y en la otra, oxígeno. Fue así como descubrieron el fenómeno de la electrólisis, en el que, por medio de una corriente eléctrica, se separan los átomos que componen la molécula del agua.

Humphry Davy (1778-1829), también en Inglaterra, descompuso por medio de la electrólisis otras sustancias, y así descubrió los metales sodio y potasio al descomponer electroquímicamente diferentes sales minerales, como la potasa cáustica, la soda fundida, etc. También obtuvo electroquímicamente los elementos bario, calcio, magnesio y estroncio. Poco después Faraday descubrió, también con las pilas voltaicas, las leyes de la electrólisis.

2.4 DESCUBRIMIENTO DEL IMAN

En el caso del magnetismo, al igual que en el de la electricidad, desde tiempos remotos el hombre se dio cuenta de que el mineral magnetita o imán (un óxido de hierro) tenía la propiedad peculiar de atraer el hierro. Tanto Tales de Mileto como Platón y Sócrates escribieron acerca de este hecho.

En el periodo comprendido entre los años 1000-1200 d.C. se hizo la primera aplicación práctica del imán. Un matemático chino, Shen Kua (1030-1090) fue el primero que escribió acerca del uso de una aguja magnética para indicar direcciones, que fue el antecedente de la brújula. Este instrumento se basa en el principio de que si se suspende un imán en forma de aguja, de tal manera que pueda girar libremente, uno de sus extremos siempre apuntará

hacia el norte. Más tarde, después del año 1100, Chu Yu informó que la brújula se utilizaba también para la navegación entre Cantón y Sumatra.

En el año 1600 el inglés William Gilbert (1544-1603), médico de la reina Isabel I, publicó un famoso tratado, *De Magnete*, en el que compendió el conocimiento que se tenía en su época sobre los fenómenos magnéticos. Analizó las diferentes posiciones de la brújula y propuso que la Tierra es un enorme imán, lo que constituyó su gran contribución. De esta forma pudo explicar la atracción que ejerce el polo norte sobre el extremo de una aguja imantada. Asimismo, Gilbert se dio cuenta de que cada imán tiene dos polos, el norte (N) y el sur (S), que se dirigen hacia los respectivos polos terrestres. Descubrió que polos iguales se repelen, mientras que polos distintos se atraen, y que si un imán se calienta pierde sus propiedades magnéticas, las cuales vuelve a recuperar si se le enfría a la temperatura ambiente.

El científico francés Coulomb, el que había medido las fuerzas entre cargas eléctricas, midió con su balanza las fuerzas entre los polos de dos imanes. Descubrió que la magnitud de esta fuerza varía con la distancia entre los polos. Mientras mayor sea la distancia, menor es la fuerza: si la distancia aumenta al doble, la fuerza disminuye a la cuarta parte; si la distancia aumenta al triple, la fuerza disminuye a la novena parte y así sucesivamente, ¡igual que en el caso de las cargas eléctricas que él mismo había descubierto!

2.5 EL ELECTROMAGNETISMO

Hans Christian Oersted (1777-1851), profesor de filosofía natural en la Universidad de Copenhague, inició en 1807 sus investigaciones sobre los efectos de la electricidad en la aguja magnética de una brújula. En ese año, y posteriormente en 1812 publicó varios ensayos en los que argüía, apoyado en consideraciones filosóficas, que la electricidad y el magnetismo deberían estar relacionados. Sus argumentos se basaban en la creencia de la unidad de todas las fuerzas de la naturaleza. Sin embargo, no presentó ningún resultado experimental que verificara sus conclusiones. Oersted estuvo consciente de esta falla en su argumentación y trató de verificarla realizando una serie de experimentos con corrientes eléctricas. Durante muchos años Oersted no obtuvo ningún resultado positivo, en gran parte debido a que las fuentes de corriente de que disponía eran pilas voltaicas de muy baja intensidad. Después de muchos años, en 1820, durante una clase en que estaba presentando a sus alumnos ciertos experimentos eléctricos, encontró que una corriente eléctrica sí tiene un efecto sobre un imán. La experiencia de Oersted fue la siguiente.

Colocó un alambre por el que circulaba corriente eléctrica encima de una brújula y observó que la aguja se desviaba hacia el oeste.

En seguida colocó este alambre debajo de la brújula y vio que la aguja también se desviaba, pero ahora, hacia el este.

Oersted entonces concluyó que para que la aguja imantada de la brújula se pudiera mover tuvo que experimentar una fuerza magnética, y que la corriente eléctrica del alambre tuvo que generarla. Por lo tanto, una corriente eléctrica produce un efecto magnético. Ahora bien, este efecto magnético de la corriente eléctrica no puede quedar confinado dentro del

alambre conductor, sino que tiene que estar esparcido en todo el espacio a su alrededor, para que llegue, por así decirlo, hasta donde está la aguja. Esta fue la primera vez que alguien mencionó la idea de que el efecto magnético debe estar disperso en todo el espacio, y como veremos más adelante constituye la idea básica del campo magnético.

Oersted publicó estos resultados en un pequeño folleto de seis páginas en latín, como se acostumbraba en ese entonces, que envió a las diferentes sociedades científicas europeas. Este trabajo causó inmediatamente sensación, dio lugar a muchas interrogantes y estimuló una ráfaga de investigaciones, principalmente en Francia.

Los experimentos de Oersted se repitieron en muchos lugares, en particular en el Congreso de Investigadores Suizos que se llevó a cabo en Ginebra, Suiza, en el verano de 1820, al que asistió el científico francés François Arago (1786-1853).

A su regreso a París, Arago reportó a la Academia de Ciencias lo que presencié en Ginebra. Sus miembros oyeron estos resultados pero se mostraron muy escépticos, y sólo se convencieron hasta que presenciaron una demostración directa el 11 de septiembre. Una persona que estuvo presente en esa sesión fue André-Marie Ampère (1775-1836), amigo de Arago, profesor suplente en la Sorbona y gran matemático.

2.6 LA CORRIENTE ELECTRICA

Ampère empezó a investigar el efecto en su casa. Para empezar se dio cuenta de que Oersted no había entendido correctamente el fenómeno, ya que no había tomado en cuenta el efecto del magnetismo terrestre. Ampère diseñó entonces un experimento en el que éste fuera neutralizado. Así encontró el verdadero efecto que tenía la corriente eléctrica sobre la aguja imantada: ésta siempre se alinea en una dirección perpendicular a la dirección de la corriente eléctrica.

Una semana después de haber presenciado la demostración de Arago, el 18 de septiembre, Ampère presentó a la Academia la primera de una serie de memorias de gran importancia: hizo sus presentaciones semanalmente hasta el 2 de noviembre y en cada ocasión anunció nuevos resultados. Además de la corrección a los experimentos de Oersted, informó lo siguiente el 18 de septiembre (Figura 2.4):

Arreglé dos partes rectas de dos alambres conductores que están unidos en sus extremos con dos pilas voltaicas, en direcciones paralelas. Un alambre estaba fijo y el otro suspendido sobre puntos, de manera que pudiera moverse hacia el alambre fijo o separarse de él, pero siempre paralelo a él. Observé entonces que cuando hacía pasar una corriente de electricidad en ambos alambres simultáneamente, se atraían cuando las corrientes tenían el mismo sentido y se repelían cuando tenían sentidos opuestos.

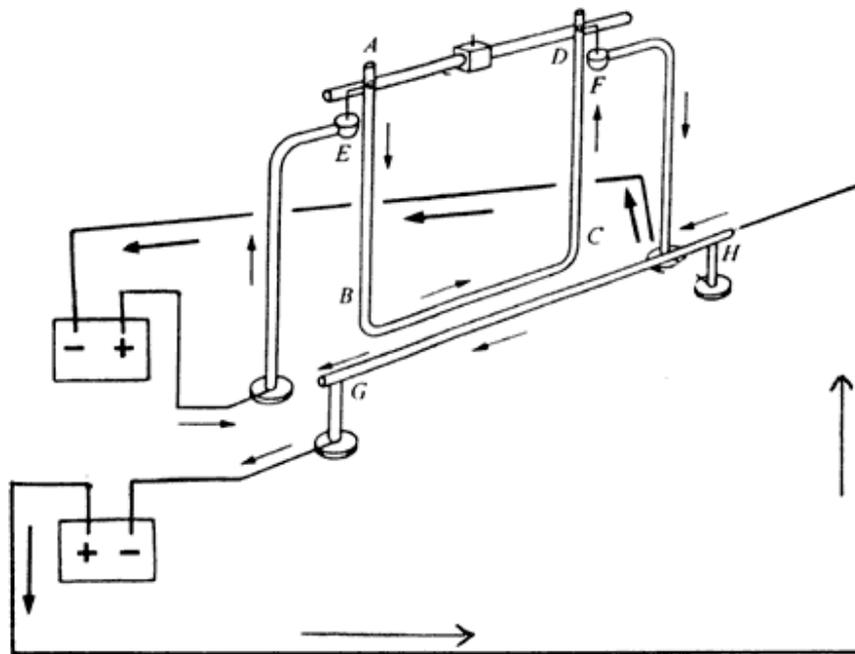


Figura 2.4. Esquema del experimento con el que Ampère descubrió que dos alambres (el GH y el BC) que conducen electricidad ejercen fuerza entre sí.

Ampère determinó también que estas fuerzas entre los alambres que conducían corriente eléctrica se debían a efectos magnéticos: un alambre que conduce electricidad crea un efecto magnético a su alrededor (un campo), y el otro alambre, que también conduce corriente eléctrica, experimenta una fuerza. Es decir, propuso que el magnetismo que produce la corriente eléctrica en uno de los alambres genera a su vez una fuerza sobre el otro alambre que conduce electricidad. Pudo verificar que estas fuerzas no se debían a las cargas eléctricas que circulaban por cada uno de los alambres.

A partir de sus experimentos Ampère encontró que las fuerzas entre los alambres dependen de la magnitud de las corrientes que circulan por ellos. A mayor corriente en cada alambre, mayor será la magnitud de la fuerza.

Posteriormente, Ampère descubrió que aun si los alambres no eran paralelos también había fuerzas entre ellos si ambos conducían corriente eléctrica, y que las características de estas fuerzas dependían de la colocación geométrica en que se encontraran. Ampère encontró cómo calcular la fuerza electromagnética entre dos conductores de electricidad que tuvieran posiciones y formas arbitrarias.

Esto se ha llamado la ley de Ampère y es una de las leyes fundamentales del electromagnetismo. Hemos de mencionar una salvedad para la aplicación de esta ley: como posteriormente Maxwell apreció, la ley de Ampère está restringida para el caso en que las corrientes que circulan por los alambres no cambien con el tiempo. Maxwell pudo ampliar la ley de Ampère para que se pudiera aplicar en el caso de que las corrientes sí varíen al transcurrir el tiempo

En la misma serie de experimentos del otoño de 1820 Ampère se dio cuenta de que una aguja de imán podía detectar una corriente eléctrica, y basándose en esta idea construyó un instrumento al que llamó galvanómetro, nombre que conserva hasta el día de hoy. Esta invención de Ampère ha sido primordial ya que toda la ciencia y tecnología del electromagnetismo no se hubieran podido desarrollar sin tener un instrumento que midiera corrientes eléctricas. En su comunicación a la Academia, Ampère dijo:

[...] faltaba un instrumento que nos permitiera detectar la presencia de una corriente eléctrica en una pila o en un conductor y que indicara su intensidad y sentido. El instrumento ya existe; todo lo que se necesita es que la pila, o alguna porción del conductor, se coloque horizontalmente, orientado en la dirección del meridiano magnético (N) y que la aguja de la brújula se coloque sobre la pila, ya sea arriba o abajo de la porción del conductor [...] Creo que a este instrumento se le debería dar el nombre de "galvanómetro" y que debería ser usado en todos los experimentos con corrientes eléctricas, [...] para poder ver en cada instante si existe una corriente e indicar su intensidad.

Antes de esta invención de Ampère, la forma en que los experimentadores decidían si había corriente era haciéndola pasar por sus cuerpos: así, mientras más fuerte fuera la sensación que tenían, concluían que mayor era la intensidad de la corriente. Es claro que de esta forma la ciencia del electromagnetismo no hubiera llegado muy lejos.

El galvanómetro inventado por Ampère se convirtió rápidamente en un instrumento vital en la investigación de fenómenos eléctricos y magnéticos. Posteriormente se mejoró y adicionó, pero las bases de su funcionamiento se han conservado.

Al enrollar un alambre conductor en forma cilíndrica, con muchas vueltas, obtenemos un dispositivo que se llama solenoide o bobina. Si en seguida se conectan los extremos de la bobina a una pila voltaica, empieza a circular por el alambre una corriente eléctrica. Resulta que la bobina produce un efecto magnético que no se puede distinguir del efecto producido por las barras de imán. Si se colocan dos barras de imán debajo de una cartulina que tenga esparcidas homogéneamente limaduras de hierro, entonces cada una de éstas se imanta y empieza a moverse hasta que forman una configuración característica. Si se repite el experimento pero en lugar de la barra se coloca una bobina por la que circula corriente eléctrica, entonces se observa que las limaduras de hierro empiezan a moverse y terminan en una configuración idéntica a la que habían formado con la barra de imán. Esto indica que la bobina se comporta como una barra de imán.

Con base en estas experiencias, Ampère llegó a la convicción de que todos los fenómenos magnéticos tienen su origen en el movimiento de cargas eléctricas, incluyendo el magnetismo que produce un imán. La hipótesis que formuló fue que el magnetismo no es más que una corriente eléctrica que se mueve en círculo. Para el caso de un imán, supuso que estas corrientes ocurren, hablando en el lenguaje de hoy en día, dentro de las moléculas que forman al imán mismo.

Faraday fue uno de los más ilustres científicos experimentales del siglo XIX. Hijo de un herrero y con estudios de educación elemental, ya que no tuvo oportunidad de enseñanza de mayor nivel, empezó a trabajar como aprendiz de librero en 1808, dedicándose a la encuadernación. Como pasatiempo leía los libros que le traían los clientes, en particular los de química y electricidad, lo que abrió ante sus ojos un nuevo mundo, despertándose en él un gran interés por aumentar sus conocimientos. Así empezó a estudiar cursos nocturnos que ofrecía en la Royal Institution (Institución Real para el Desarrollo de las Ciencias) el científico Humphry Davy. Esta institución había sido fundada en 1799 y desde 1801 su director era Davy, uno de los científicos más prestigiados de Inglaterra. Faraday escribió notas del curso que llevó con Davy.

En 1812 Davy recibió una solicitud de trabajo de Faraday, cuyo empleo de aprendiz como encuadernador estaba por concluir. Mandó al profesor, como prueba de su capacidad, las notas que había escrito en el curso que el mismo Davy había dictado. Faraday fue contratado como asistente de laboratorio en 1813, comenzando así una ilustre carrera en la Royal Institution, que duró hasta su retiro, en 1861. De asistente pasó a reemplazante temporal de Davy, y finalmente fue su sucesor.

Faraday publicó su primer trabajo científico en 1816 y fue elegido miembro de la Royal Institution en 1827. Se dedicó durante mucho tiempo al estudio de los fenómenos químicos.

Entre los logros de Faraday se pueden mencionar el reconocimiento de nuevos compuestos químicos, el trabajo sobre la licuefacción de los gases, el descubrimiento de las leyes de la electrólisis, la demostración de que sin importar cómo se produjera la electricidad siempre era la misma ya que producía en todos los casos los mismos efectos. Posiblemente sus mayores descubrimientos fueron la inducción electromagnética y la idea de campo.

Los descubrimientos de Ampère y Faraday tuvieron inmediatas aplicaciones prácticas que cambiaron la faz de la civilización moderna.

Usando el descubrimiento de Oersted, de que una corriente eléctrica produce un campo magnético en el espacio alrededor del cable que la conduce, tanto Ampère como Arago lograron magnetizar agujas de hierro. Lo hicieron de la siguiente forma: enrollaron un cable alrededor de la aguja y luego conectaron los extremos de aquél a una batería. Al pasar la corriente por el cable crea un campo magnético en el espacio dentro de la bobina; este campo magnético a su vez magnetiza la aguja. de la misma forma que un imán permanente magnetiza una limadura de hierro.

En 1825 el inglés William Sturgeon (1783-1850) enrolló 18 espiras de alambre conductor alrededor de una barra de hierro dulce, que dobló para que tuviera la forma de una herradura (Figura 2.5). Al conectar los extremos del cable a una batería el hierro se magnetizó y pudo levantar un peso que era 20 veces mayor que el propio. Este fue el primer electroimán, es decir, un imán accionado por electricidad.

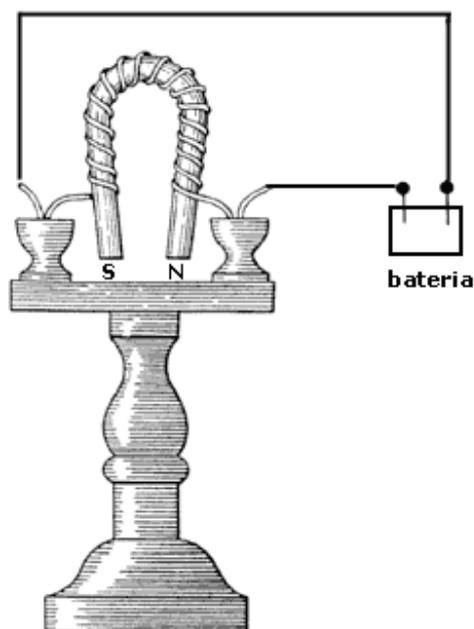


Figura 2.5. Primer electroimán construido por Sturgeon en 1825.

Años después, en 1829, el estadounidense Joseph Henry (1797-1878) construyó una versión mejorada del electroimán. Para ello enrolló en una barra de hierro dulce espiras en forma mucho más apretada y en un número mayor; de esta manera logró una mayor intensidad magnética. El electroimán se comporta de forma equivalente a un imán permanente, con la ventaja de que su intensidad se puede controlar, ya sea cambiando la corriente que se le hace circular o variando el número de espiras de la bobina. Además, al cesar la corriente, cuando se desconecta la batería, desaparece el efecto magnético.

2.7 EL MOTOR

El descubrimiento de Ampère sentó las bases para la invención del primer motor eléctrico. Su funcionamiento es el siguiente:

Supóngase que se enrolla una bobina alrededor de un cilindro de hierro como se muestra en la Figura 2.6, este se fija en un eje *LL*, alrededor del cual puede girar. Si metemos la bobina dentro de los polos de un imán permanente, como se muestra en la figura, y se hace pasar una corriente eléctrica por ella, ésta se vuelve un imán que puede girar dentro del imán permanente. Los polos de los imanes ejercen fuerzas entre sí; por consiguiente, la bobina experimenta fuerzas que la hacen girar alrededor del eje *LL*. Si se conecta adecuadamente el eje, por medio de poleas y bandas, se puede aprovechar el giro de la bobina y realizar trabajo mecánico, como por ejemplo subir cuerpos o moverlos, etc. De esta manera es posible transformar la energía eléctrica que la batería entrega al hacer circular la corriente por la bobina, en energía mecánica para mover algún objeto. Al dispositivo que funciona de esta forma se le llama motor eléctrico.

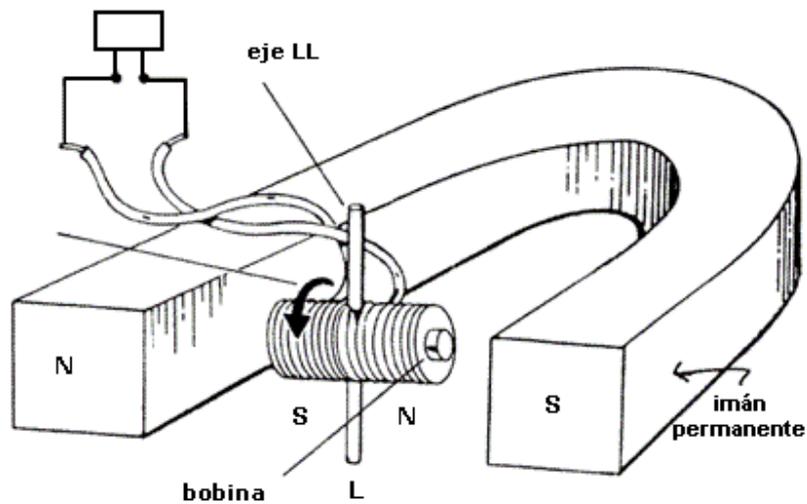


Figura 2.6. Esquema de un motor eléctrico.

El motor eléctrico acabado de describir fue el primero que se construyó y resultó ser muy burdo. En 1837 L. C. Davenport construyó el primer motor eléctrico para uso industrial. Alrededor de 1845 Charles Wheatstone reemplazó el imán permanente del motor por un electroimán, accionado por una batería externa. Así se logró un motor más efectivo. Posteriormente se fueron añadiendo diferentes mejoras, pero el principio básico de su funcionamiento es el descrito.

2.8 EL GENERADOR

Por otro lado, en 1832, o sea un año después del anuncio del descubrimiento de Faraday, Hippolyte Pixii en Francia, a sugerencia de Faraday, construyó el primer generador de electricidad. En forma breve, su comportamiento es el siguiente:

Tomemos el mismo aparato mostrado en la figura 2.6 y en lugar de conectar los extremos del cable de la bobina a una batería como en el motor, los conectamos entre sí e intercalamos en el circuito un galvanómetro. Ahora, por medio de una manivela hacemos girar la bobina alrededor del eje LL, con la bobina dentro del imán permanente. De esta manera, el flujo magnético del imán permanente a través del plano de cada espira de la bobina varía con el tiempo. Por lo tanto podemos decir que, según la ley de Faraday, se induce una corriente eléctrica a través del alambre conductor. En efecto, se puede observar que la aguja del galvanómetro se empieza a mover. De esta manera se produce electricidad que se puede, por así decirlo, recoger de los extremos del alambre de la bobina, por ejemplo, conectándolos a un foco. Con este aparato la energía mecánica que se desarrolla al girar la bobina por medio de la manivela se ha convertido en energía eléctrica que tiene la corriente que se induce. Este aparato se llama generador (o dinamo) de electricidad.

Desde la década de 1830, hasta 1880, se fueron añadiendo diferentes dispositivos tanto al motor como al generador para hacerlos más eficientes. Sin embargo, el uso de estos aparatos en forma masiva no se dio sino hasta la década de 1880. El motivo principal no fue técnico sino económico. En efecto, la industria europea de mediados del siglo XIX estaba basada en unidades productoras de fuerza motriz muy grandes, como las máquinas de vapor estacionarias en las fábricas, y en las locomotoras y motores marinos para el transporte. La creciente mecanización de las industrias menores dio lugar a la construcción de pequeñas unidades también accionadas por vapor. Hacia la octava década del siglo se empezaron a usar máquinas que utilizaban gas y luego gasolina. Estos fueron los primeros motores de combustión interna. Sin embargo, para la industria, el motor eléctrico era un medio más flexible y práctico para disponer de fuerza motriz que los motores de vapor, gas o gasolina.

Pero la posibilidad de utilizar masivamente el motor eléctrico dependía de que se contara con una amplia red de abastecimiento de energía eléctrica, la cual solamente se pudo construir cuando se creó una necesidad más fuerte que la pura demanda industrial. Esta necesidad surgió con la evolución de los servicios domésticos.

Con los descubrimientos del electromagnetismo, las únicas aplicaciones que tuvieron demanda inicial fueron en primer lugar las relacionadas con las comunicaciones, como el telégrafo; luego hubo demanda en la galvanoplastia (operación mediante la cual se deposita una capa de metal sobre un objeto determinado) y ya posteriormente en la iluminación y en la fuerza motriz.

Entre 1845 y 1870 se hicieron diversas modificaciones a los generadores y motores eléctricos, con lo que se mejoró sustancialmente su funcionamiento. Cuando en un principio se construyeron estas máquinas presentaban diferentes problemas como baja eficiencia, inestabilidad en el funcionamiento, etc. Se requirió un gran esfuerzo de investigación e ingenio para sortear los obstáculos. De esta manera, por ejemplo, en 1870 el francés Zénobe Théophile Gramme alcanzó voltajes muy altos en un generador eléctrico.

En 1881, por medio de una ingeniosa combinación, Charles Brush logró que el voltaje del generador tuviese siempre un valor constante, sin importar cuánta corriente proporcionara el aparato.

Entre los primeros en reconocer los factores que causaban pérdidas en un generador se encuentran los estadounidenses Edward Weston y Thomas A. Edison, quienes aumentaron la eficiencia de los generadores del 50 al 90 por ciento.

Hacia principios de la década de 1890 se empezaron a utilizar conjuntos de generadores conectados en paralelo, con lo que se logró producir grandes cantidades de electricidad. Para mover los generadores se usaban máquinas de vapor, y ocasionalmente fuentes hidráulicas.

Una vez que la electricidad pudo ser generada y distribuida para la iluminación, se aprovechó para ser utilizada como fuerza motriz por medio de motores eléctricos. Se puso así a disposición de la industria y de los transportes un nuevo medio universal y barato de distribución de energía que dio un gran impulso a la utilización de los motores eléctricos.

Así se creó la industria eléctrica pesada. Como se puede apreciar la industria eléctrica, en contraste con otras más antiguas, tuvo un carácter científico desde sus inicios.

A pesar de los extraordinarios logros de Edison hubo problemas con la corriente eléctrica que utilizaba, que como vimos era corriente directa. Esto ocasionó problemas. En efecto, en primer lugar, la utilización de circuitos en paralelo requirió que los cables fueran muy gruesos, lo cual generaba costos altos. En segundo lugar, y de mas importancia, al aumentar la demanda de iluminación se necesitaron cargas cada vez más altas que implicaban corrientes eléctricas enormes. Por lo tanto, se estaba ante la alternativa de enviar corrientes muy altas a través de grandes cables de cobre, lo cual era muy ineficiente, o de construir muchas plantas generadoras de electricidad cercanas a los usuarios, con el respectivo aumento considerable de los costos.

Además, rápidamente quedó en evidencia que el sistema de corriente directa que se ramificaba dos kilómetros fuera de la planta estaba cerca de su límite de crecimiento. Por otro lado, la transmisión de corriente eléctrica de alto voltaje a largas distancias, por medio de alambres relativamente delgados, podría ser muy eficiente. La objeción era que un generador de corriente directa produce corriente con un voltaje determinado que no se puede modificar y por tanto, no habría forma de reducir el voltaje al valor que se necesitara, en particular en el uso doméstico. Hemos de mencionar que cuando hablamos de alto voltaje nos referimos a decenas de miles de volts, mientras que los valores para los usuarios son de 125 a 250 volts.

Desde que Faraday descubrió la inducción electromagnética se construyeron los primeros generadores que producían corriente eléctrica que variaba o alternaba al transcurrir el tiempo; el número de veces que el valor de la corriente cambia en un segundo es la frecuencia de la corriente y se mide en hertz (Hz); así, una corriente de 60 Hz es aquella que varía 60 veces en un segundo. En 1888 Nikola Tesla obtuvo una patente por un generador polifásico alterno que producía gran potencia eléctrica; muy pronto este tipo de máquina fue la más usada. Hoy en día se emplean generadores que son versiones muy mejoradas del generador polifásico de Tesla. Los primeros generadores fueron diseñados para que produjeran corrientes que tenían diferentes valores de sus frecuencias: los de 25, 33.5, 40, 50, 60, 90, 130, 420 Hz fueron los más usados. Con el tiempo se ha convenido en utilizar 60 Hz.

Por otro lado, un inventor francés, Lucien H. Gaulard, y un ingeniero inglés, John D. Gibbs, obtuvieron en 1882 una patente para un dispositivo que ellos llamaron generador secundario. De esta manera incorporaron a un sistema de iluminación la corriente alterna. El sistema que ellos patentaron fue una versión poco práctica de lo que hoy en día llamamos un transformador.

2.9 EL TRANSFORMADOR

El primer transformador (Fig. 2.7) fue, de hecho, construido por Faraday cuando realizó los experimentos en los que descubrió la inducción electromagnética. Como ya vimos, el aparato que usó fueron dos bobinas enrolladas una encima de la otra. Al variar la corriente que circulaba por una de ellas, cerrando o abriendo el interruptor, el flujo magnético a través de la otra bobina variaba y se inducía una corriente eléctrica en la segunda bobina. Pues bien, este dispositivo es precisamente un transformador. Faraday no puso mayor atención en este aparato ya que estaba interesado en otras cuestiones. En el transcurso de los años varios experimentadores trabajaron con diferentes versiones de transformadores.

Un transformador funciona de la siguiente forma: supongamos que se construye un núcleo de hierro como se muestra en la figura 2.7. Si en un extremo del núcleo se enrolla un cable para formar una bobina A, y por ésta circula una corriente eléctrica, entonces resulta que el campo magnético producido por esta corriente (según la ley de Ampère) queda confinado dentro del núcleo de hierro; prácticamente no hay campo fuera del núcleo. Esto ocurre si el núcleo está construido de sustancias llamadas ferromagnéticas, como el hierro, cobalto, etc.

Ahora bien, si la corriente que circula por la bobina varía con el tiempo, entonces el campo magnético producido también variará, y por tanto también cambiará el flujo de este campo a través del núcleo. Si ahora se enrolla otra bobina, la B, en otra parte del núcleo, entonces, de acuerdo con la ley de inducción electromagnética de Faraday sabemos que se inducirá una corriente a lo largo de la segunda bobina. A la bobina A se le llama el primario y a la B el secundario. Las características de la corriente inducida en B dependen del número de espiras que hay en cada una de las bobinas. Mientras mayor sea el número de espiras en el secundario, mayor será el voltaje inducido en él. Por ejemplo, si el voltaje en el primario es de 125 V, y en el primario hay 100 espiras, mientras que en el secundario hay 2 000 espiras, entonces la relación es:

$$\frac{\text{espiras en el secundario}}{\text{espiras en el primario}} = \frac{2\,000}{100} = 20$$

Por lo tanto, el voltaje inducido en el secundario será 20 veces el voltaje del primario, o sea $20 \times 125 \text{ V} = 2\,500 \text{ V}$.

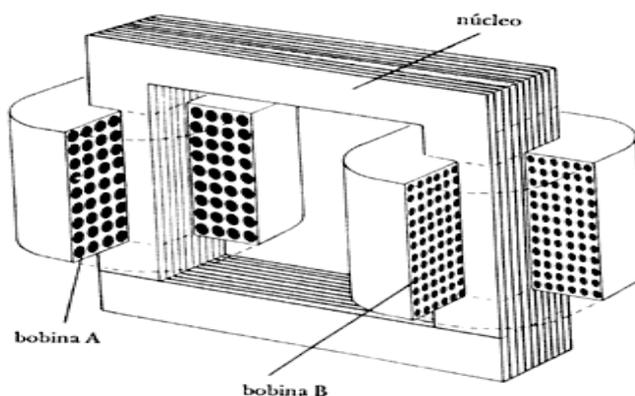


Figura 2.7. Esquema de un transformador.

Por otro lado, a medida que el voltaje aumenta en el secundario, la corriente que circula en él disminuye en la misma proporción. Si, en nuestro ejemplo, por el primario circula una corriente de 3 amperes, entonces por el secundario circulará una corriente 20 veces menor, o sea, $3/20 = 0.15$ amperes.

Este ejemplo nos ilustra las características de un transformador: si el voltaje inducido aumenta en el secundario entonces la corriente inducida disminuye en la misma proporción, e inversamente, si el voltaje disminuye, la corriente aumenta en la misma proporción.

Un dato muy importante es que un transformador solamente funciona con corrientes que varían con el tiempo, pues es en estas circunstancias que el flujo magnético cambia y se puede inducir una corriente en el secundario. Por tanto, con corriente directa no funciona el transformador.

2.10 LAS PRIMERAS PLANTAS GENERADORAS DE ELECTRICIDAD

Regresemos ahora a nuestra historia del desarrollo de la electricidad. Como vimos arriba, después de haber patentado una versión de un transformador, Gaulard y Gibbs inventaron un sistema de iluminación en el cual usaron corriente alterna y lámparas incandescentes, del tipo que inventó Edison. Demostraron su sistema en Inglaterra en 1883 y en Italia en 1884. Sin embargo, su transformador no era muy práctico.

Entre los visitantes a sus exposiciones estuvieron tres húngaros: Otto T. Bláthy, Max Déri y Karl Zipernowski. Ellos mejoraron el diseño del transformador y en mayo de 1885, en la Exposición Nacional Húngara en Budapest presentaron lo que resultó ser el prototipo del sistema de iluminación que se utiliza hasta hoy en día. Su sistema tenía 75 transformadores conectados en paralelo que alimentaban 1 067 lámparas incandescentes del tipo de Edison, todo esto alimentado por un generador de corriente alterna que proveía un voltaje de 1 350 V. Los transformadores que usaron los húngaros proveían voltajes bajos y eran muy eficientes, pero su construcción resultaba muy laboriosa y por tanto, muy cara. Sin embargo, lograron su objetivo: operar un sistema de lámparas a bajo voltaje a partir de un tema de distribución de corriente operado a alto voltaje. (Fue Bláthy primero en usar la palabra "transformador").

Otra persona que también presencié la demostración de Gaulard y Gibbs en Italia fue el estadounidense George Westinghouse (1846-1914). Éste era un industrial que conocía el sistema construido por Edison en Nueva York, del cual no era partidario, ya que estaba consciente de sus desventajas. En 1884 Westinghouse contrató a un joven ingeniero eléctrico, William Stanley, quien tenía algunas ideas para utilizar el transformador. Hacia 1885 Stanley ya había diseñado varios tipos de transformadores superiores a los de los científicos húngaros. Con ayuda de otros ingenieros, Oliver B. Schallenberger y Albert Schmid, construyeron transformadores como el que se muestra en la figura 12, con laminillas de hierro que evitaban las pérdidas de energía. En marzo de 1886 entró en operación una planta construida bajo la dirección de Stanley en el pueblo de Great Barrington, Massachusetts. Esta planta operó con corriente alterna, con un generador que produjo una corriente de 500 V y que aumentó un conjunto de lámparas a una distancia de

alrededor de 2 km. Por medio de transformadores redujeron el voltaje a 100 volts, que es el valor que se requiere para hacer funcionar las lámparas. Para demostrar que se podía transmitir la electricidad a distancias mayores por medio de un transformador elevaron el voltaje a un valor de 3 000 volts, y luego lo redujeron a 100 volts. El resultado fue un gran éxito y de inmediato Westinghouse inició la manufactura y venta de equipos para distribuir electricidad por medio de corriente alterna. Al mismo tiempo Schallenger inventó un medidor de energía eléctrica consumida, para poder cobrarla en forma precisa. Todo esto, aunado al hecho de que el costo de la transmisión era relativamente barato, dio inicio a la utilización de la energía eléctrica por medio de corriente alterna, sistemas que aún utilizamos en la época actual.

Edison y sus asociados pelearon contra la utilización de la corriente alterna tanto en la prensa como en los tribunales. Sin embargo, su lucha estaba perdida. Muy pronto la corriente directa cedió su lugar a la alterna debido a su flexibilidad, conveniencia y bajo costo. Tres años después del éxito con su planta Edison quedó desplazado.

En la década de 1890 el crecimiento de los sistemas de corriente alterna fue muy vertiginoso. En las cataratas del Niágara, EUA, se instalaron generadores inmensos que iniciaron su servicio en 1895 y alimentaron de electricidad a lugares bastante lejanos, algunos situados a centenares de kilómetros. De esta manera muy pronto se establecieron sistemas de transmisión en muchos países, tendencia que continúa hasta la fecha.

En la figura 2.8 se presenta el esquema de un sistema de distribución de energía eléctrica que nace de una planta generadora y que va hasta una ciudad muy alejada. A la salida de la planta un transformador eleva el voltaje para iniciar la distribución. En la cercanía de la meta se inicia el descenso del voltaje por medio de transformadores que se encuentran en subestaciones, descenso que se va realizando de manera gradual para poder alimentar a usuarios con diferentes necesidades.

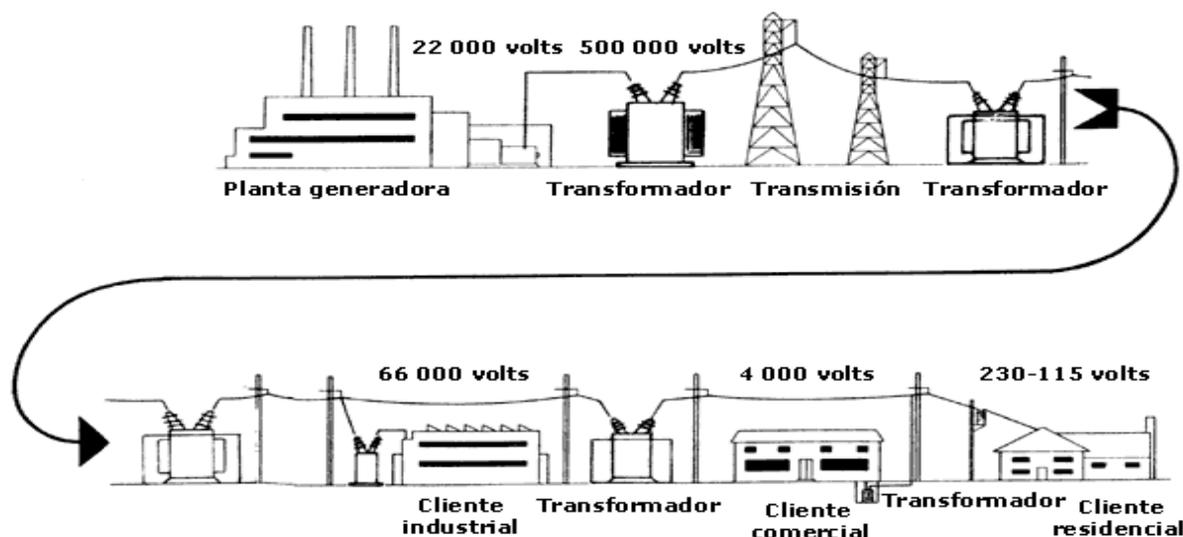


Figura 2.8 Esquema de un sistema de distribución de electricidad, desde la planta generadora hasta los diversos consumidores. Este sistema es posible gracias a los transformadores.

En el transcurso del presente siglo ha habido una gran actividad de trabajo científico y desarrollo tecnológico para mejorar la eficiencia del funcionamiento de los transformadores.

Este trabajo ha estado centrado en desarrollar mejores materiales para los núcleos, a fin de evitar pérdidas de energía que ocasionan el calentamiento del transformador. Ahora bien, al aumentar la temperatura las características del material ferromagnético cambian y a la larga deja de ser ferromagnético, con lo que el núcleo del transformador ya no funciona eficientemente. Es por esto que se hizo un gran esfuerzo científico y técnico para evitar este calentamiento, lo cual se logró al sumergirlo en un líquido, por ejemplo, aceite.

Hemos relatado el desarrollo de la electricidad y el magnetismo durante el siglo XIX. El aspecto práctico de este desarrollo se mantuvo continuamente en interacción con el avance de la teoría. Es a partir de 1830 que la electricidad empezó a intervenir directamente en la vida económica de algunos países, principalmente Gran Bretaña y Francia, primero en las comunicaciones, luego en la galvanoplastia, en la iluminación, en la fuerza motriz y finalmente en el nuevo método de comunicaciones sin hilos. Por primera vez en la historia, como consecuencia del estudio científico de un campo del conocimiento, la electricidad y el magnetismo, se creó una industria independiente de las tradicionales.

Sin embargo, a pesar de que hubo notables éxitos, el proceso real de industrialización eléctrica fue bastante lento. La introducción de cada idea nueva planteó siempre grandes dificultades prácticas que tuvieron que ser resueltas antes de que la idea pudiera producir un beneficio económico. Tanto los científicos académicos como los inventores independientes siempre tuvieron, en general, que pasar estrecheces económicas para poder financiar la realización de sus ideas. Les resultó más eficaz producir algún artículo que se pudiera vender con suficiente rapidez y así financiar los nuevos desarrollos. Muy pocos lograron superar todas las dificultades inherentes a la introducción de alguna aplicación importante. La mayoría quebró o se desanimó antes de alcanzar su objetivo y fueron muchos los fracasos iniciales.

En el campo de la electricidad y el magnetismo podemos distinguir cinco etapas principales en el proceso en que un descubrimiento científico se convierte en producto de una industria lucrativa. Cada una de estas etapas se relaciona con una determinada aplicación práctica de los nuevos principios eléctricos. Estas aplicaciones fueron el telégrafo con alambres, la galvanoplastia, la luz de arco, la lámpara de filamento y finalmente el telégrafo inalámbrico.

Todas las aplicaciones de la electricidad y del magnetismo que hemos mencionado fueron elaboraciones de los experimentos originales que llevaron a cabo Oersted, Ampère y Faraday, sintetizados en forma matemática por Maxwell. La industria eléctrica que se derivó en el siglo XIX es un ejemplo de una industria puramente científica en la cual se utilizaron unos cuantos principios básicos, con destreza e ingenio, para encontrar un número creciente de aplicaciones prácticas.

La historia de la electricidad y el magnetismo constituye el primer ejemplo de un conjunto de teoría y experimentos puramente científicos que se transformó en una industria en gran escala. Esta industria ha sido necesariamente científica. Éste es un ejemplo del modo en que la investigación científica se convirtió en ingeniería práctica.

2.11 HISTORIA DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN MÉXICO

Los inicios de la energía eléctrica en México se remontan a finales del siglo XIX cuando comienza el periodo presidencial de Porfirio Díaz (1877-1911). Durante el porfiriato, en 1879 se instala en el estado de Guanajuato, en la ciudad de León, la primera planta termoeléctrica (de carbón) generadora de energía eléctrica, utilizada por la fábrica textil La Americana. En esos primeros años, la energía eléctrica se usaba para la incipiente industria textil y minera; y muy poco para el servicio municipal, la iluminación de pocos espacios públicos y algunos pueblos. Dos años después, en 1881 da inicio el alumbrado público en el país cuando la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica se hace cargo del alumbrado público residencial en la capital de la República Mexicana. Para 1885 la cañería que distribuía el gas para el alumbrado público en la capital era de 100 kilómetros, y se contaba con 50 focos de luz eléctrica, 2 mil faroles de gas y 500 de aceite para los barrios alejados del Centro. Diez años después de la aparición de la primera planta termoeléctrica, en 1889 entró en operación la primera planta hidroeléctrica en Batopilas, en el estado de Chihuahua y frontera con los Estados Unidos. De este modo, las plantas generadoras empezaron a cubrir las necesidades más allá de las fábricas y minas, atendiendo al comercio, al alumbrado público y a las residencias de las familias más ricas.

Durante el porfiriato llegaron a México empresas transnacionales de muchos tipos, y fue cuando el sector eléctrico tuvo un carácter de servicio público. Fue entonces cuando se colocaron las primeras 40 lámparas "de arco" en el actual Zócalo de la Ciudad de México, luego 100 lámparas a la plaza de la Alameda Central y posteriormente a la Avenida Reforma y otras principales calles de la ciudad. La demanda de electricidad atrajo a las empresas extranjeras como a la The Mexican Light and Power Company, de origen canadiense, que se instaló en la capital en 1898 y más tarde se extendió hacia el centro del país. En 1903 Porfirio Díaz le otorga la concesión de la explotación de las caídas de las aguas de los ríos de Tenango, Necaxa y Xaltepuztla. La planta de Necaxa, en el estado de Puebla, fue el primer gran proyecto hidroeléctrico, con seis unidades y una capacidad instalada de 31.500 MW, y comenzó a transmitir el fluido eléctrico desde Necaxa a la Ciudad de México en 1905. Para ese año los canadienses ya controlaban a la Compañía Mexicana de Electricidad, la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica y a la Compañía Explotadora de las Fuerzas Eléctricas de San Idelfonso. Un año después, en 1906, esta empresa canadiense obtiene de Porfirio Díaz y autoridades estatales nuevas concesiones en los estados de Puebla, Hidalgo, México y Michoacán, extendiendo su poder. Adquirió también la planta hidroeléctrica del Río Alameda, la Compañía de Luz y Fuerza de Toluca, la de Temascaltepec y la de Cuernavaca. Comenzó a elevar la capacidad de la planta de Necaxa y a modernizar las de Nonoalco y Tepéxic. De esta manera, la canadiense The Mexican Light and Power Company se convirtió en la principal empresa transnacional que tenía en su poder la mayor parte de la energía eléctrica de México, y su presencia se prolongaría hasta 1960. Cuarenta años después de que haya sido nacionalizada esta empresa por el gobierno mexicano, en enero de 2002, el embajador de Canadá en México, Keith Christie, expresó que la reforma al sector energético es fundamental para el crecimiento de la inversión privada canadiense en México, y estaría anhelando regresar al país con estas palabras: "Las empresas canadienses podrían aumentar inversiones si el Congreso y el Ejecutivo ofrecen un mayor espacio competitivo para la iniciativa privada".

Para 1910 se producían ya 50.000 MW de los cuales el 80% las generaba la empresa canadiense The Mexican Light and Power. Con el inicio del siglo XX comenzó el primer esfuerzo para ordenar la industria eléctrica por medio de la creación de la Comisión Nacional para el Fomento y Control de la Industria de Generación y Fuerza, conocida luego como Comisión Nacional de Fuerza Motriz. Durante la segunda década del siglo XX llegó a México la segunda empresa transnacional, ahora de origen estadounidense, llamada The American and Foreign Power Company, que instaló 3 sistemas interconectados en el norte. En el occidente se extendió otra compañía con empresarios extranjeros formando la Compañía Eléctrica de Chapala, con sede en la ciudad de Guadalajara, en el estado de Jalisco. Y el Sur, seguía sin existir.

2.11.1 UNA LUZ MEXICANA

A inicios del siglo XX la energía estaba prácticamente en manos de 3 empresas privadas extranjeras: The Mexican Light and Power Company, The American and Foreign Power Company y la Compañía Eléctrica de Chapala, quienes adquirieron las concesiones e instalaciones de la mayor parte de las pequeñas empresas extendiendo su poder y sus redes de distribución, y creando un monopolio que duró 20 años. Y parece que no aprendemos de la historia, ni del sentido común. Esto volverá a pasar de continuar con la apertura a las inversiones de las grandes empresas transnacionales en México. Esto sucede en cualquier rama de la economía, los peces grandes se tragan a los chicos.

Pero es hasta diciembre de 1933, cuando el Presidente sustituto, el General Abelardo L. Rodríguez, envía al Congreso de la Unión la iniciativa que decreta la creación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), considerándose por primera vez a la electricidad como una actividad de utilidad pública y que, 70 años después, pretende regresar como actividad y utilidad privada. Sin embargo, la presión de las empresas transnacionales por mantener el monopolio fue tan fuerte que lograron posponer por cuatro años más, hasta 1937, la inauguración e inicio de operaciones de la CFE. Esto fue gracias al nuevo Presidente de la República, al General Lázaro Cárdenas del Río. Es curioso que los generales del ejército aquél que ayer nos dio patria y soberanía, rescatando los recursos estratégicos en manos de las empresas transnacionales extranjeras, y entregándolas a manos del pueblo mexicano, son ahora los que garantizan las inversiones de aquellos que ahora regresan por todo, son quienes en América Latina y el Caribe persiguen y matan indios, desplazan comunidades enteras y crean un ambiente de terror para que la Shell, Texaco, MobilOil, Unión Fenosa, EDF, AES y otras empresas energéticas más poderosas del mundo, sigan saqueando el Continente.

Resucitada ya la CFE en 1937 que nació muerta con el decreto de 1933, las empresas extranjeras intentaron de inmediato ahorcar al gobierno que exigía control y soberanía sobre el recurso estratégico, y suspendieron sus planes de expansión por lo que en los primeros cinco años de vida de la CFE, la capacidad instalada en el país sólo se elevó de 629.000 MW a 681.000 MW. En 1937 México tenía 18.3 millones de habitantes y sólo tres empresas tenían en sus manos el servicio de distribución de la energía eléctrica a 7 millones de habitantes, que equivalen al 38% de la población mexicana. Esas empresas distribuían la

energía eléctrica principalmente a la población urbana que podría pagar el servicio, y no al 67% de la población que se encontraba en el campo.

La CFE comenzó a aumentar su capacidad de generación ante el incremento de la población, ante la demanda del comercio, del desarrollo y la industria del país, pero no contaba con redes de distribución, por lo que casi todo lo que producía lo entregaba a las grandes empresas monopólicas. Por ello la CFE crea sus primeros proyectos comenzando en 4 estados del país: Guerrero (Teloloapan), Oaxaca (Suchiate y Chía), Michoacán (Pátzcuaro) y Sonora (Ures y Altar). Poco después, el General Lázaro Cárdenas comienza el proceso de nacionalización de la industria eléctrica.

Para 1946 la CFE tenía ya una capacidad de 45,594 KW. Era el fin de la II Guerra Mundial y las empresas privadas habían dejado de invertir, por lo que la CFE tuvo que rescatarlas generando energía para que éstas la revendieran. En 1949 el Presidente de la República, Miguel Alemán, expide un Decreto que hizo de la CFE un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio. En 1960, de los 3,208 MW de capacidad instalada en el país, la CFE aportaba el 54%; la canadiense The Mexican Light and Company Power el 25%; la estadounidense Th American and Foreign Power Company el 12%, y otras compañías el 9%. Sin embargo, el 64% de los mexicanos y mexicanas no contaban con electricidad. Estas empresas privadas invertían poco y se enfrentaban a las luchas sindicales que exigían justicia laboral. Es durante la década de los 50's y 60's que se dieron las luchas sindicales de los electricistas, médicos, ferrocarrileros y que culminaron con la matanza estudiantil del 8 de octubre de 1968.

El 27 de septiembre de 1960, el Presidente Adolfo López Mateos nacionaliza la industria eléctrica comprando con fondos públicos y deuda externa los bienes e instalaciones de las empresas transnacionales. El gobierno adquirió en 52 millones de dólares, el 90% de las acciones de la canadiense The American Light and Power Company y se comprometió con ellas a pagar los pasivos (deudas) de esas empresas que ascendían a 78 millones de dólares. Por 70 millones de dólares obtuvo las acciones de la estadounidense American and Foreign Power Company. Sin embargo, el gobierno los comprometió a invertir ese dinero en México para evitar que todos esos dólares salieran del país. Al adquirir la Mexican Light and Power and Company, la nación mexicana adquirió 19 plantas generadoras que servían al Distrito Federal y a los estados de Puebla, México, Michoacán, Morelos e Hidalgo; 16 plantas hidráulicas y 3 térmicas; 137 km. de línea de transmisión de doble circuito trifásico en el sistema de 220 KW; dos subestaciones transformadoras de cerro Gordo, México y El Salto, Puebla; 38 subestaciones receptoras conectadas a la red de transmisión de 85 y 60 KV; gran número de bancos de transformadores; 4,500 km. de líneas primarias de distribución de 6 KV; 11 mil transformadores de distribución con capacidad de 670 mil KVA; y 6,800 km. de líneas de baja tensión. Entre las plantas hidroeléctricas se obtuvieron: Necaxa, Patla, Tezcapa, Lerma, Villada, Fernández Leal, Tlilán, Juandó, Cañada, Alameda,

Las Fuentes, Temascaltepec, Zictepec, Zepayautla y San Simón. Entre las plantas termoeléctricas: Nonoalco, Tacubaya y Lechería. Además la nación recibió el edificio situado en la esquina de Melchor Ocampo y Marina Nacional de la Ciudad de México y todos los inmuebles y muebles de las estaciones y plantas termoeléctricas e hidroeléctricas, así como equipos y materiales de oficina. Con el dinero del pueblo, se pagó todo esto.

Un año después, en 1961, la capacidad instalada de la CFE había llegado a 3,250 MW y, de toda la energía que producía, vendía el 25%. De no tener ninguna participación en la propiedad de las centrales generadoras de electricidad, por estar en manos extranjeras, pasó a tener el 54%, siendo así la CFE quien dirigía la energía eléctrica del país. En 1963 se crea la denominación social Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. (LyFC). En ésta década se configura la integración de los sistemas de transmisión entre el Sistema de Operación Noroeste, Noreste, Norte, Oriental, Occidental y Central. Y el Sur quedó nuevamente olvidado, todavía no existía para el desarrollo. En la década de los 60's la inversión pública se destinó en más del 50% a obras de infraestructura entre los que se encuentran los centros generadores de energía de el Infiernillo y Temascal. Al final de la década se habían construido ya plantas generadoras por el equivalente a 1.4 veces lo hecho hasta esta época.

La construcción de presas hidroeléctricas se extendió en todo el mundo generando millones de pobres expulsados de sus tierras y serios problemas ambientales irreversibles.

Para 1971, la CFE tenía una capacidad instalada de 7,874 MW. Al final de ésta década se dio un mayor crecimiento llegando a instalarse centrales generadoras por el equivalente a 1.6 veces lo hecho hasta el momento. En 1974 se le autoriza a LyFC a realizar los actos necesarios y procedentes para su disolución y liquidación. En esta década todos los sistemas de transmisión de energía eléctrica se encontraban interconectados, excepto Baja California y Yucatán que se incorporaron al Sistema Interconectado Nacional en 1990, quedando por fin el sistema de transporte de energía cubriendo casi la totalidad del territorio mexicano. Durante la década de los 70's también se logró unificar la frecuencia eléctrica de 60 hertz en todo el país y en 5 años se logró la unificación más grande del mundo, ya que se visitaron 2 millones 434,810 consumidores de energía para adaptar sus equipos electrodomésticos a la nueva frecuencia; se convirtieron 32 centrales generadoras, con 87 unidades; y se ajustaron 41 subestaciones.

Así, grandes obras de infraestructura, pero mucha deuda externa pesaba sobre el país. Durante la década de los 80's disminuyó la inversión en la CFE y, a partir de 1982 con el gobierno del presidente Miguel de la Madrid, comienza en México la aplicación de las políticas neoliberales y los Programas de Ajuste Estructural que empezaron a imponer el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial. El país empieza a vender sus activos rápidamente cuando entonces el gobierno administraba alrededor de 1,115 empresas paraestatales. En 1989 se reforma la Ley del Servicio Público de Energía permitiendo que el Ejecutivo Federal pudiera disponer de la constitución, estructura y funcionamiento del servicio que venía proporcionando la Compañía de LyFC en liquidación. En este Decreto presidencial se afirmaba que "Las empresas concesionarias, entrarán o continuarán en disolución y liquidación y prestarán el servicio hasta ser totalmente liquidadas. Concluida la liquidación de la compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., y sus asociadas Compañía de

Luz y Fuerza de Pachuca, S.A., Compañía Mexicana Meridional de Fuerza, S.A., y Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca, S.A., el ejecutivo Federal, dispondrá la constitución de un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonios propios, el cual tendrá a su cargo la prestación del servicio que ha venido proporcionando dichas Compañías." Será hasta febrero de 1994 cuando se crea por Decreto presidencial el

organismo descentralizado Luz y Fuerza del Centro, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Luego, la capacidad de endeudamiento del gobierno mexicano se recuperó con la venta de empresas y el cumplimiento de las políticas de ajuste. Para 1991, la capacidad instalada de energía eléctrica ascendía a 26,797 MW. En la década de los 90's se prepara el gobierno para entregar nuevamente en manos privadas la energía eléctrica del país. El presidente Ernesto Zedillo (1994-2000) amenazó en varias ocasiones con la privatización de la energía eléctrica sin lograrlo. Ahora, el presidente Vicente Fox tiene que pagar la factura atrasada, y lanza argumentos tramposos para justificar la desregulación del sector energético que ha traído malas experiencias en los Estados Unidos, Chile, Argentina, Guatemala, Perú, entre otros.

2.11.2 RADIOGRAFÍA ACTUALIZADA DE LA LUZ

La generación de energía eléctrica se hace actualmente con 4 tecnologías disponibles: 1) centrales hidroeléctricas (usando el agua como fuente de energía); 2) eólicas (usando la fuerza del aire); 3) termoeléctricas (produciendo calor por medio de hidrocarburos como combustóleo, gas natural y diesel; con vapor de agua, del subsuelo; o por medio del carbón). 4) Nuclear (con el uso de uranio enriquecido). Pues bien, al iniciar el año 2002, México registraba la existencia de 159 centrales generadoras de energía en el país que incluye al Productor Externo de Energía -PEE- (inversión extranjera). Todas estas centrales tienen una capacidad instalada de generación de energía eléctrica de 37,650 MW (en 1938 la CFE tenía apenas una capacidad de 64 KW), e incluye las 4 Centrales de PEE con capacidad total de 1,455.43 MW. De esta capacidad instalada el 62.3% proviene de las termoeléctricas; el 24.94 proviene de hidroeléctricas; el 6.91% de centrales carboeléctricas; el 2.22% de geotérmicas; el 3.62 de la nucleoeléctrica de Laguna Verde; y el 0.01% de eoléctrica. La energía actual alcanzaría para todos los habitantes. Sin embargo, en la llamada "demanda actual" tenemos que ubicar que es necesidad los Estados Unidos, como mayor consumidor de energía en el mundo (y al que México le suministra energía desde 1905); y de las empresas que se instalarán en la región en el marco del Plan Puebla-Panamá y del Area de Libre Comercio de Las Américas (ALCA). En este sentido, obviamente, la energía no alcanzará.

Para conducir la electricidad desde las plantas de generación hasta los consumidores finales se requiere de redes de transmisión y de distribución, integradas por las líneas de conducción de alta, media y baja tensión. Las subestaciones eléctricas sirven para transformar la electricidad, cambiando sus características (voltaje y corriente), para facilitar su transmisión y distribución. Para ello se usan las subestaciones de transmisión y subestaciones de distribución de la energía. Pues bien, toda la red de transmisión contaba, en 1994 cuando surgió el conflicto armado en Chiapas, con 30,033 kilómetros que, para finales del 2001, llegaba a 38,848 km. de red de transmisión con 113,556 MVA de capacidad. Hoy existen 275 subestaciones de 113,556 MVA y 1,371 con 33,078 MVA; 40,148 km. de líneas de subtransmisión; 5,858 circuitos de distribución con una longitud de 333,295 km.; 809,005 transformadores de distribución de 26,671 MVA; 221,079 km. de líneas secundarias de baja tensión y 488,132 km. de menor voltaje.

Actualmente cuentan con electricidad 116,840 localidades de las cuales 113,350 son rurales y 3,489 urbanas. El servicio de energía eléctrica llega al 94.7% de la población, y quedan por electrificar 85,120 localidades; 4,265 localidades de 100 a 2,499 habitantes y 80,855 localidades con una población menor a 100 habitantes. En los últimos diez años se han instalado 52,169 pequeños módulos solares para el mismo número de viviendas. Como no se pretende invertir mucho en el sector rural, para la CFE "Esta será la tecnología de mayor aplicación en el futuro para las poblaciones pendientes de electrificación en el medio rural." Por otro lado, el sector eléctrico en el país cuenta con 930 oficinas de atención al público y 974 cajeros Cfemático.

Para finales de septiembre del 2001, la CFE y LyFC daban servicio a un total de 24 millones 609 mil clientes en todo el país, los cuales han mostrado una tasa de crecimiento anual del 4.3% desde que estalló el conflicto en Chiapas en 1994. De todos estos clientes el 87.95% corresponde al sector Doméstico que aporta el 24.50% de las ventas de la CFE; el 10.32% al sector Comercial que aporta el 6.55% de las ventas; el 0.65% a Servicios con el 3.19% de las ventas; el 0.59% al Industrial del que se recauda el 59.33% de las ventas de energía; y el 0.49% al sector Agrícola que aporta el 6.43% de las ganancias anuales. El sector eléctrico tiene una oportunidad de cobranza que ha aumentado ligeramente del 98.5% en 1998, al 98.8% en el 2001. Para el año 2001, del volumen de ventas totales de la CFE, el 0.18% se exporta; el 77.11% corresponden de ventas directas al público; el 22.71% se suministra a LyFC quien da servicio al Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Morelos y Puebla.

CAPÍTULO III

LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA ÉPOCA ACTUAL.

3.1 ¿CÓMO SE HA GENERADO LA ENERGÍA ELÉCTRICA?

Como hemos mencionado anteriormente los primeros sistemas de suministros de electricidad pública eran propiedad de compañías privadas u organismos públicos locales. Algunos sistemas proporcionaban corriente continua (CC) que circula en una única dirección, como la corriente de una batería. Otros suministraban corriente alterna (CA) que cambia su dirección o flujo, cierto número de veces por segundo. Los voltajes de los diferentes suministros y las frecuencias (índices de alternancia) de la corriente alterna suministrada también variaban.

A medida que se incrementaba el uso de la electricidad, se hacía obvio que los distintos suministros tenían que ser homologados, al menos en cada país. Esto no solo facilitaría la transmisión de energía de un lugar a otro del país, sino que también simplificaría el diseño y la construcción de equipos eléctricos.

La energía eléctrica se ha convertido en parte de nuestra vida diaria. Sin ella, difícilmente podríamos imaginarnos los niveles de progreso que el mundo ha alcanzado, pero cómo se produce y cómo llega a nuestros hogares.

Ya vimos que la energía puede ser conducida de un lugar o de un objeto a otro (conducción). Eso mismo ocurre con la electricidad. Es válido hablar de la "corriente eléctrica", pues a través de un elemento conductor, la energía fluye y llega a nuestras lámparas, televisores, refrigeradores y demás equipos domésticos que la consumen.

También conviene tener presente que la energía eléctrica que utilizamos está sujeta a distintos procesos de generación, transformación, transmisión y distribución, ya que no es lo mismo generar electricidad mediante combustibles fósiles que con energía solar o nuclear. Tampoco es lo mismo transmitir la electricidad generada por pequeños sistemas eólicos y/o fotovoltaicos que la producida en las grandes hidroeléctricas, que debe ser llevada a cientos de kilómetros de distancia y a muy altos voltajes.

Hasta aquí hemos visto que la electricidad fluye a través de los cables, generalmente de cobre o aluminio (por su buena conductividad), hasta llegar a nuestras lámparas, televisores, radios y cualquier otro aparato que tengamos en casa. Pero ¿cómo se produce la electricidad y de dónde nos llega?

3.2 CENTRAL ELÉCTRICA

Una central es una instalación capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica. Las principales fuentes para la generación de energía son: el agua (Energía Hidráulica), el gas natural, el petróleo y el carbón (Energía Termoeléctrica), así como el uranio (Energía Nuclear). Existen otras fuentes de uso menos común como la materia orgánica residual (Biomasa), el viento (Energía Eólica) y los rayos solares (Energía Solar), a estas las llamaremos energías limpias al igual que la hidroeléctrica no producen muchos contaminantes.

Estas fuentes de generación permiten el movimiento de una turbina por acción del agua o del vapor, la misma que a su vez hace girar un generador. Al moverse hace que a su vez gire la bobina en el interior de un campo magnético, produciéndose así la electricidad.

En la Fig. 3.1 Podemos considerar que:

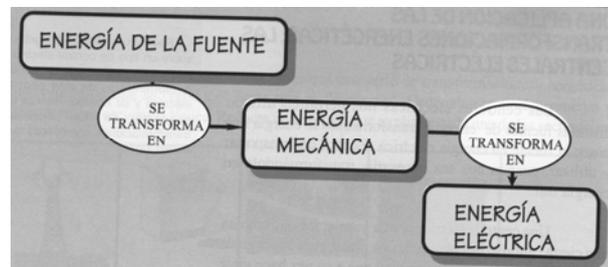


Fig.3.1 Diagrama a bloque de la generación de electricidad.

Para realizar la conversión de energía mecánica en eléctrica, se emplean unos generadores, que constan de dos piezas fundamentales:

- El estator: Armadura metálica, que permanece en reposo, cubierta en su interior por unos hilos de cobre, que forman diversos circuitos.
- El rotor: Está en el interior del estator y gira accionado por la turbina. Está formado en su parte interior por un eje, y en su parte más externa por unos circuitos, que se transforman en electroimanes cuando se les aplica una pequeña cantidad de corriente.

Cuando el rotor gira a gran velocidad, debido a la energía mecánica aplicada en las turbinas, se produce unas corrientes en los hilos de cobre del interior del estator. Estas corrientes proporcionan al generador la denominada fuerza electromotriz, capaz de producir energía eléctrica a cualquier sistema conectado a él, un ejemplo de ello lo podemos ver en la Fig. 3.2

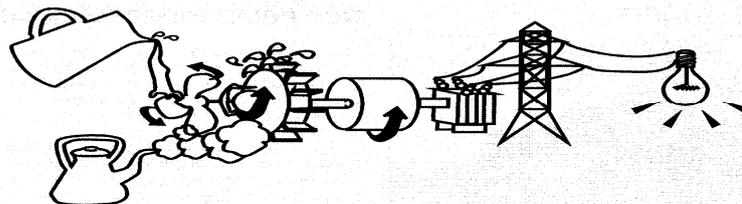


Fig. 3.2 Conversión de la energía mecánica en eléctrica.

Como hemos visto la turbina es la encargada de mover el rotor del generador y producir la corriente eléctrica. La turbina a su vez es accionada por la energía mecánica del vapor de agua a presión o por un chorro de agua.

Todas las centrales eléctricas constan de un sistema de "**turbina-generador**" cuyo funcionamiento básico es, en todas ellas, muy parecido, variando de unas a otras la forma en que se acciona la turbina, o sea, dicho de otro modo en que fuente de energía primaria se utiliza, para convertir la energía contenida en ella en energía eléctrica.

3.2.1 GENERADORES

Un generador consta, en su forma más simple de:

- Una espira que gira impulsada por algún medio externo.
- Un campo magnético uniforme, creado por un imán, en el seno del cual gira la espira anterior.

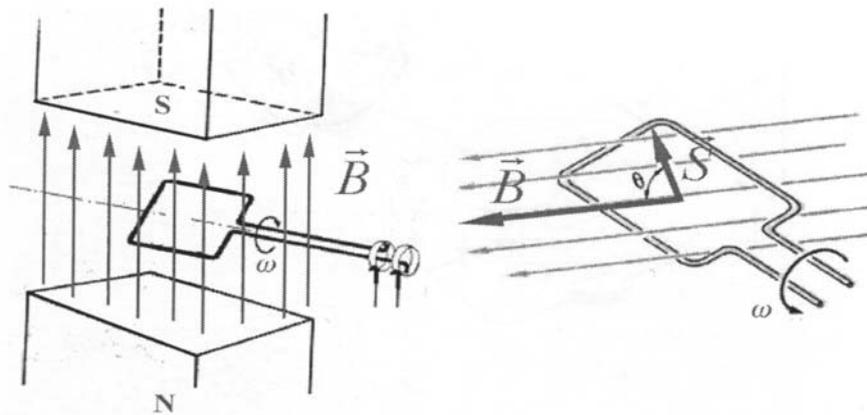


Fig. 3.3 Generador ideal de energía eléctrica

A medida que la espira gira, el flujo magnético a través de ella cambia con el tiempo, induciéndose una fuerza electromotriz, y si existe un circuito externo, circulará una corriente eléctrica.

Para que un generador funcione, hace falta una fuente externa de energía (hidráulica, térmica, nuclear.) que haga que la bobina gire con una frecuencia deseada.

3.2.2 TURBINA

Turbina es el nombre genérico que se da a la mayoría de las turbomáquinas motoras. Éstas son máquinas de fluido, a través de las cuales pasa un fluido en forma continua y este le entrega su energía a través de un rodete con paletas o álabes.

Las turbinas constan de una o dos ruedas con paletas, denominadas rotor y estator, siendo la primera la que, impulsada por el fluido, arrastra el eje en el que se obtiene el movimiento de rotación.

3.2.2.1 TURBINAS HIDRÁULICAS

La Turbina que aparece en la Fig 3.4, es una turbina hidráulica de acción de admisión parcial.

Son aquéllas cuyo fluido de trabajo no sufre un cambio de densidad considerable a través de su paso por el rodete o por el estator; éstas son generalmente las turbinas de agua, que son las más comunes, pero igual se pueden modelar como turbinas hidráulicas a los molinos de viento o aerogeneradores.



3.4 Turbina hidráulica

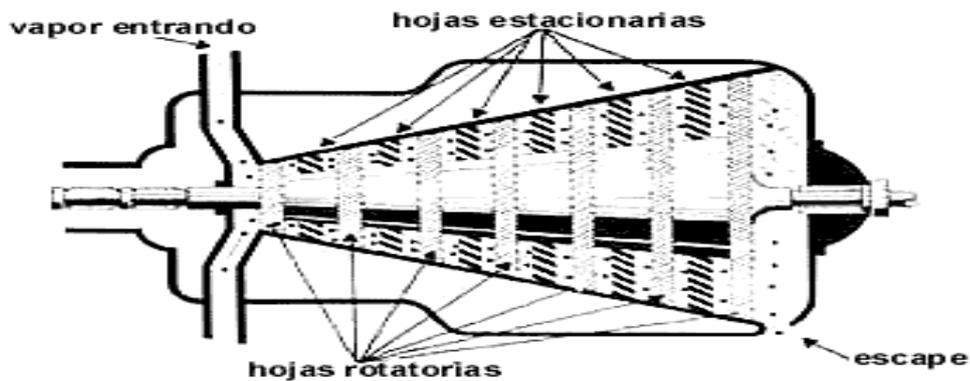
3.2.2.2 TURBINAS TÉRMICAS

Son aquéllas cuyo fluido de trabajo sufre un cambio de densidad considerable a través de su paso por la máquina.

Estas se suelen clasificar en dos subconjuntos distintos debido a sus diferencias fundamentales de diseño:

- *Turbinas a vapor:* su fluido de trabajo puede sufrir un cambio de fase durante su paso por el rodete; este es el caso de las turbinas a mercurio, que fueron populares en algún momento, y el de las turbinas a vapor de agua, que son las más comunes.

- *Turbinas a gas*: En este tipo de turbinas no se espera un cambio de fase del fluido durante su paso por el rodete.



3.5 Turbina hidráulica térmica

3.3 TRANSPORTE DE LA ENERGÍA

Una de las mayores ventajas de la energía eléctrica es la facilidad y rapidez con que puede ser transportada: viaja a 300.000 Km/seg.

Para evitar pérdidas de energía a lo largo de la línea, que obedecen a distintas causas bastante complejas, se eleva el voltaje de la corriente mediante un transformador. De este modo se logra mantener constante la potencia, ya que a voltajes más altos se necesita una menor intensidad de corriente para transportar una cantidad cualquiera de energía.

3.3.1 LA RED DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía generada en las centrales eléctricas.

Para ello, los volúmenes de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de tensión. Esto se hace considerando que para un determinado nivel de potencia a transmitir, al elevar el voltaje se reduce la corriente que circulará, reduciéndose las pérdidas por Efecto Joule. Con este fin se emplazan subestaciones elevadoras en las cuales dicha transformación se efectúa empleando transformadores, o bien autotransformadores. De esta manera, una red de transmisión emplea usualmente voltajes del orden de 220 KV y superiores, denominados alta tensión, de 400 KV.

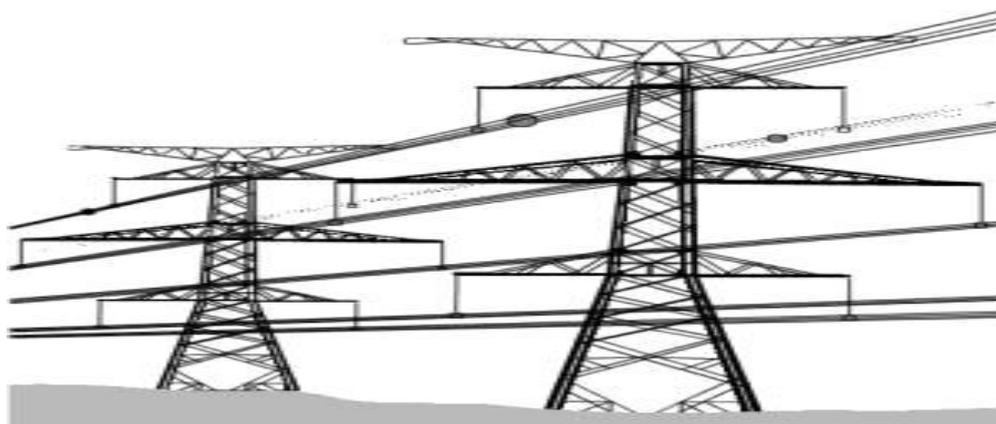
Parte fundamental de la red de transporte de energía eléctrica son las líneas de transporte.

Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de cobre o aluminio,

como por sus elementos de soporte, las Torres de alta tensión. Generalmente se dice que los conductores "tienen vida propia" debido a que están sujetos a tracciones causadas por la combinación de agentes como el viento, la temperatura del conductor, la temperatura del viento, etc.

Existen una gran variedad de torres de transmisión como son conocidas, entre ellas las más importantes y más usadas son las torres de amarre, la cual debe ser mucho más fuertes para soportar las grandes tracciones generadas por los elementos antes mencionados, usadas generalmente cuando es necesario dar un giro con un ángulo determinado para cruzar carreteras, evitar obstáculos, así como también cuando es necesario elevar la línea para subir un cerro o pasar por debajo/encima de una línea existente.

Existen también las llamadas torres de suspensión, las cuales no deben soportar peso alguno más que el del propio conductor. Este tipo de torres son usadas para llevar al conductor de un sitio a otro, tomando en cuenta que sea una línea recta, que no se encuentren cruces de líneas u obstáculos.



3.6 Torres de transmisión.

El voltaje y la capacidad de la línea de transmisión afectan el tamaño de estas estructuras principales. Por ejemplo, la estructura de la torre varía directamente según el voltaje requerido y la capacidad de la línea. Las torres pueden ser postes simples de madera para las líneas de transmisión pequeñas hasta 46 kilovoltios (KV). Se emplean estructuras de postes de madera en forma de H, para las líneas de 69 a 231 KV. Se utilizan estructuras de acero independientes, de circuito simple, para las líneas de 161 KV o más. Es posible tener líneas de transmisión de hasta 1.000 KV.

3.3.2 DISTRIBUCION DE LA ENERGÍA

Desde las subestaciones ubicadas cerca de las áreas de consumo, el servicio eléctrico es responsabilidad de la compañía suministradora (distribuidora) que ha de construir y mantener las líneas necesarias para llegar a los clientes. Estas líneas, realizadas a distintas tensiones, y las instalaciones en que se reduce la tensión hasta los valores utilizables por los usuarios, constituyen la red de distribución. Las líneas de la Red de Distribución pueden ser aéreas o subterráneas.

La Red de Distribución de la Energía Eléctrica o Sistema de Distribución de Energía Eléctrica es un subsistema del Sistema Eléctrico de Potencia cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales (medidor del cliente).

Los elementos que conforman la red o sistema de distribución son los siguientes:

- Subestación de Distribución: conjunto de elementos (transformadores, interruptores, seccionadores, etc.) cuya función es reducir los niveles de alta tensión de las líneas de transmisión (o subtransmisión) hasta niveles de media tensión para su ramificación en múltiples salidas.
- Circuito Primario
- Circuito Secundario

La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la red de transporte se realiza en dos etapas.

La primera está constituida por la red de reparto, que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 kV. Intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión.

La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 kV y con una característica muy radial. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (125/220 ó 220/380 V).

Las líneas que forman la red de distribución se operan de forma radial, sin que formen mallas, al contrario que las redes de transporte y de reparto. Cuando existe una avería, un dispositivo de protección situado al principio de cada red lo detecta y abre el interruptor que alimenta esta red.

La localización de averías se hace por el método de "prueba y error", dividiendo la red que tiene la avería en dos mitades y energizando una de ellas; a medida que se acota la zona con avería, se devuelve el suministro al resto de la red. Esto ocasiona que en el transcurso de localización se pueden producir varias interrupciones a un mismo usuario de la red.

3.4 CENTRAL TERMOELÉCTRICA

Las plantas generadoras de energía eléctrica se clasifican según la materia prima que utilizan para la generación de electricidad como por ejemplo la termoeléctrica que utiliza de carbón, fueloil o gas (actualmente ya no se utiliza el carbón como materia prima).

Se denominan centrales termoeléctricas clásicas o convencionales aquellas centrales que producen energía eléctrica a partir de la combustión de carbón, fueloil o gas en una caldera diseñada al efecto. El apelativo de "clásicas" o "convencionales" sirve para diferenciarlas de otros tipos de centrales termoeléctricas (nucleares y solares, por ejemplo), las cuales generan electricidad a partir de un ciclo termodinámico, pero mediante fuentes energéticas distintas de los combustibles fósiles empleados en la producción de energía eléctrica desde hace décadas y, sobre todo, con tecnologías diferentes y mucho más recientes que las de las centrales termoeléctricas clásicas.

Independientemente de cuál sea el combustible fósil que utilicen (fuel-oil, carbón o gas), el esquema de funcionamiento de todas las centrales termoeléctricas clásicas es prácticamente el mismo. Las únicas diferencias consisten en el distinto tratamiento previo que sufre el combustible antes de ser inyectado en la caldera y en el diseño de los quemadores de la misma, que varían según sea el tipo de combustible empleado.

Una central termoeléctrica clásica posee, dentro del propio recinto de la planta, sistemas de almacenamiento del combustible que utiliza (parque de carbón, depósitos de fuel-oil) para asegurar que se dispone permanentemente de una adecuada cantidad de éste. Si se trata de una central termoeléctrica de carbón (hulla, antracita, lignito,...) es previamente triturado en molinos pulverizadores hasta quedar convertido en un polvo muy fino para facilitar su combustión. De los molinos es enviado a la caldera de la central mediante chorro de aire precalentado.

Si es una central termoeléctrica de fuel-oil, éste es precalentado para que fluidifique, siendo inyectado posteriormente en quemadores adecuados a este tipo de combustible. Si es una central termoeléctrica de gas los quemadores están asimismo concebidos especialmente para quemar dicho combustible.

Una vez en la caldera, los quemadores provocan la combustión del carbón, fuel-oil o gas, generando energía calorífica. Esta convierte a su vez, en vapor a alta temperatura el agua que circula por una extensa red formada por miles de tubos que tapizan las paredes de la caldera. Este vapor entra a gran presión en la turbina de la central, la cual consta de tres cuerpos -de alta, media y baja presión, respectivamente- unidos por un mismo eje.

En el primer cuerpo (alta presión) hay centenares de álabes o paletas de pequeño tamaño. El cuerpo a media presión posee asimismo centenares de álabes pero de mayor tamaño que los anteriores. El de baja presión, por último, tiene álabes aún más grandes que los precedentes. El objetivo de esta triple disposición es aprovechar al máximo la fuerza del vapor, ya que este va perdiendo presión progresivamente, por lo cual los álabes de la turbina se hacen de mayor tamaño cuando se pasa de un cuerpo a otro de la misma. Hay que advertir, por otro lado, que este vapor, antes de entrar en la turbina, ha de ser cuidadosamente deshumidificado. En caso contrario, las pequeñísimas gotas de agua en suspensión que

transportaría serían lanzadas a gran velocidad contra los álabes, actuando como si fueran proyectiles y erosionando las paletas hasta dejarlas inservibles.

El vapor de agua a presión, por lo tanto, hace girar los álabes de la turbina generando energía mecánica. A su vez, el eje que une a los tres cuerpos de la turbina (de alta, media y baja presión) hace girar al mismo tiempo a un alternador unido a ella, produciendo así energía eléctrica. Esta es vertida a la red de transporte a alta tensión mediante la acción de un transformador.

Por su parte, el vapor -debilitada ya su presión- es enviado a unos condensadores. Allí es enfriado y convertido de nuevo en agua. Esta es conducida otra vez a los tubos que tapizan las paredes de la caldera, con lo cual el ciclo productivo puede volver a iniciarse.

3.4.1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA CLÁSICA

Un ejemplo de una central termoeléctrica clásica se muestra en la Fig. 3.7, muestra la central, estaciones, subestaciones y su ubicación t en un esquema general.

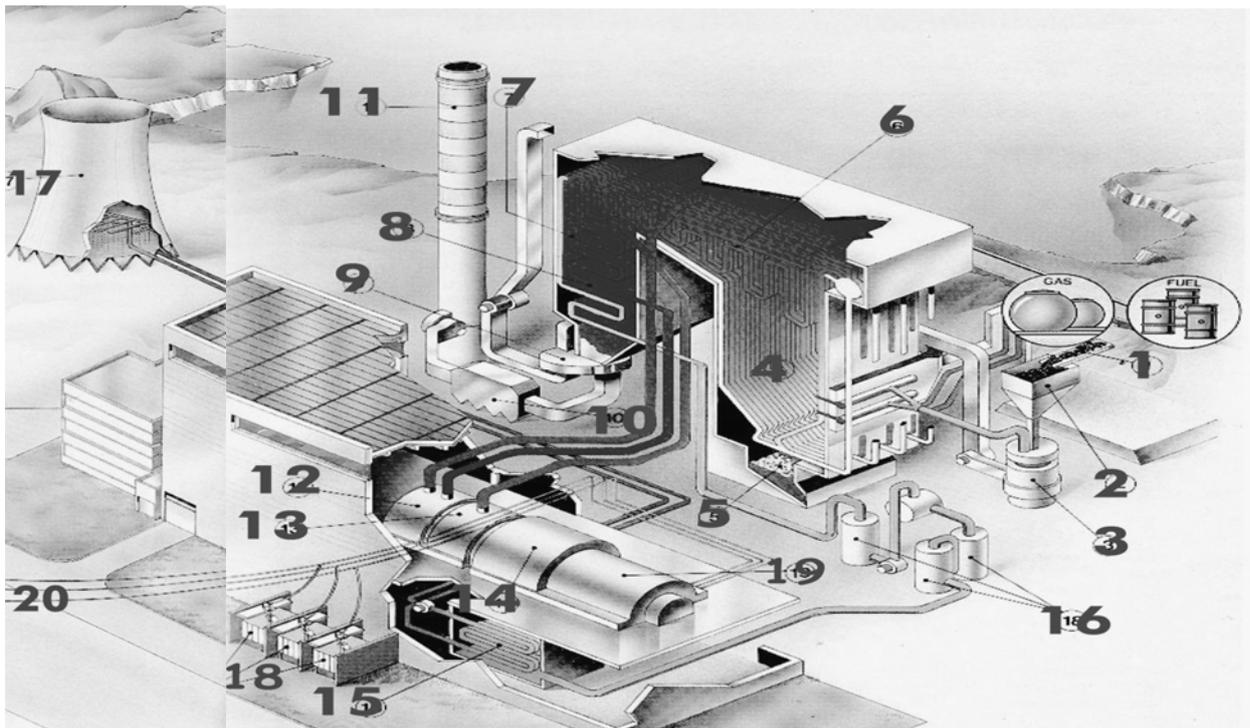


Fig. 3.7 Esquema general de una central termoeléctrica clásica

1. *Cinta transportadora*
2. *Tolva*
3. *Molino*

4. *Caldera*
5. *Cenizas*
6. *Sobrecalentador*
7. *Recalentador*
8. *Economizador*
9. *Calentador de aire*
10. *Precipitador*
11. *Chimenea*
12. *Turbina de alta presión*
13. *Turbina de media presión*
14. *Turbina de baja presión*
15. *Condensador*
16. *Calentadores*
17. *Torre de refrigeración*
18. *Transformadores*
19. *Generador*
20. *Línea de transporte de energía eléctrica*

3.4.2 IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

La emisión de residuos a la atmósfera y los propios procesos de combustión que se producen en las centrales térmicas tienen una incidencia importante sobre el medio ambiente. Para tratar de paliar, en la medida de lo posible, los daños que estas plantas provocan en el entorno natural, se incorporan a las instalaciones diversos elementos y sistemas.

El problema de la contaminación es máximo en el caso de las centrales termoeléctricas convencionales que utilizan como combustible carbón. Además, la combustión del carbón tiene como consecuencia la emisión de partículas y ácidos de azufre.[3] En las de fueloil los niveles de emisión de estos contaminantes son menores, aunque ha de tenerse en cuenta la emisión de óxidos de azufre y hollines ácidos, prácticamente nulos en las plantas de gas.

En todo caso, en mayor o menor medida todas ellas emiten a la atmósfera dióxido de carbono, CO₂. Según el combustible, y suponiendo un rendimiento del 40% sobre la energía primaria consumida, una central térmica emite aproximadamente:

Combustible	Emisión de CO₂ kg/kWh
Gas natural	0,44
Fuelóleo	0,71

Biomasa (leña, madera)	0,82
Carbón	1,45

Las centrales de gas natural pueden funcionar con el llamado ciclo combinado, que permite rendimientos mayores (de hasta un poco más del 50%), lo que todavía haría las centrales que funcionan con este combustible menos contaminantes.

3.4.3 CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE CICLO COMBINADO

En la actualidad se están construyendo numerosas centrales termoeléctricas de las denominadas de ciclo combinado, que son un tipo de central que utiliza gas natural, gasóleo o incluso carbón preparado como combustible para alimentar una turbina de gas. Luego los gases de escape de la turbina de gas todavía tienen una elevada temperatura, se utilizan para producir vapor que mueve una segunda turbina, esta vez de vapor. Cada una de estas turbinas está acoplada a su correspondiente alternador para generar la electricidad como en una central termoeléctrica clásica.

Normalmente durante el proceso de partida de estas centrales, sólo funciona la turbina de gas, a este modo de operación se le llama ciclo abierto. Si bien la mayoría de las centrales de este tipo pueden intercambiar de combustible (entre gas y diésel) incluso en funcionamiento. Al funcionar con petróleo diésel ven afectada su potencia de salida (baja un 10% aprox.), y los intervalos entre mantenimientos mayores y fallas, se reducen fuertemente.

Como la diferencia de temperaturas que se produce entre la combustión y los gases de escape es más alta que en el caso de una turbina de gas o una de vapor, se consiguen rendimientos muy superiores, del orden del 55%.

3.4.3.1 FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO

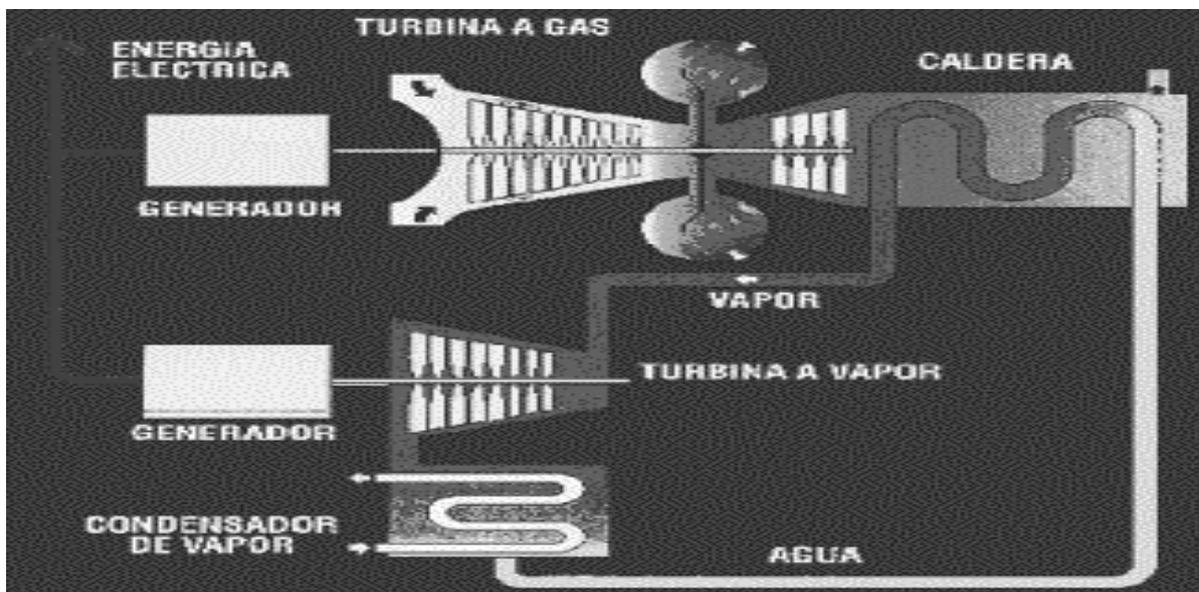
El proceso de generación de energía eléctrica en una central de ciclo combinado comienza con la aspiración de aire desde el exterior siendo conducido al compresor de la Turbina a Gas a través de un filtro. El aire es comprimido y combinado con el combustible atomizado (Gas Natural) en una cámara donde se realiza la combustión. El resultado es un flujo de gases calientes que al expandirse hacen girar la Turbina a Gas proporcionando trabajo. El generador acoplado a la Turbina a Gas transforma este trabajo en energía eléctrica. Los gases de escape que salen de la Turbina a Gas pasan a la chimenea recuperadora de Calor o HRSG. En esta chimenea se extrae la mayor parte del calor aún disponible en los gases de escape y se transmiten al ciclo agua-vapor, antes de pasar a la atmósfera.

La Chimenea de recuperación se divide en tres áreas de intercambio de calor:

- Área 1: Se denomina economizador y está ubicado en la parte superior de la chimenea. El agua a alta presión ingresa al economizador para ser recalentada hasta el punto de saturación.
- Área 2: Se denomina ciclo de evaporación y está ubicada en la zona intermedia de la chimenea. Es donde se transforma el agua en vapor.
- Área 3: Se denomina recalentador y está ubicada en la parte inferior de la chimenea, zona donde la temperatura es más alta producto de que está cerca de la salida de la Turbina a Gas. Aquí el vapor saturado se recalienta aún más.

Posteriormente este vapor recalentado es inyectado en la Turbina a Vapor donde se expande en las filas de álabes haciendo girar el eje de esta Turbina lo que genera trabajo, el cual es transformado en energía eléctrica en el generador acoplado a la Turbina a Vapor. El vapor que sale de la Turbina de Vapor, pasa a un condensador donde se transforma en agua. Este condensador es refrigerado mediante un sistema que inyecta agua fría por la superficie del condensador, lo que ocasiona la disipación del calor latente contenido en el vapor.

Posteriormente el agua pasa a un desgasificador/tanque de agua de alimentación. En el desgasificador se eliminan todos los gases no condensables. El tanque envía, a través de bombas, el agua a alta presión hacia la chimenea de recuperación para iniciar nuevamente el ciclo. (Fig. 3.8)



3.8 Esquema de una central termoeléctrica de ciclo combinado.

Con este esquema es mucho más fácil comprender el funcionamiento de la central, el esquema muestra lo siguiente:

- Turbina a gas con múltiples entradas de combustible y esta conectada a un generador.

- Una caldera alimentada por los gases que escapan de la turbina a gas a altas temperaturas, esta energía es aprovechada para transformar agua en vapor.
- Una turbina a vapor también conectada a un generador.
- Un condensador de vapor para aprovechar mejor el recurso (ciclo cerrado) el cual es enfriado mediante una corriente de agua externa, el cual también es un ciclo cerrado.

3.4.3.2 IMPACTO AMBIENTAL CENTRALES DE CICLO COMBINADO

Se vio que el uso de Centrales Termoeléctricas Clásicas, y sobretodo las que utilizan carbón, tienen un gran impacto sobre la contaminación atmosférica del lugar en que se encuentran, por tanto resulta importante conocer las características del gas natural a fin de establecer los posibles daños que podría causar o no en el medio ambiente.

3.4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS CENTRALES TERMOELECTRICA

VENTAJAS

Son las centrales más baratas de construir (teniendo en cuenta el precio por megavatio instalado), especialmente las de carbón, debido a la simplicidad (comparativamente hablando) de construcción y la energía generada de forma masiva.

Las centrales de ciclo combinado de gas natural son mucho más eficientes (alcanzan el 50%) que una termoeléctrica convencional, aumentando la energía eléctrica generada (y por tanto, las ganancias) con la misma cantidad de combustible, y rebajando las emisiones citadas más arriba en un 20%, 0,35 kg de CO₂, por kWh producido.

DESVENTAJAS

El uso de combustibles fósiles genera emisiones de gases de efecto invernadero y de lluvia ácida a la atmósfera, junto a partículas volantes (en el caso del carbón) que pueden contener metales pesados.

Al ser los combustibles fósiles una fuente de energía finita, su uso está limitado a la duración de las reservas y/o su rentabilidad económica.

Sus emisiones térmicas y de vapor pueden alterar el microclima local.

Afectan negativamente a los ecosistemas fluviales debido a los vertidos de agua caliente en estos.

Su rendimiento (en muchos casos) es bajo (comparado con el rendimiento ideal), a pesar de haberse realizado grandes mejoras en la eficiencia (un 30-40% de la energía liberada en la combustión se convierte en electricidad, de media).

3.5 CENTRAL NUCLEAR

Una central nuclear es una instalación industrial empleada para la generación de energía eléctrica a partir de energía nuclear, que se caracteriza por el empleo de materiales fisionables que mediante reacciones nucleares proporcionan calor. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.

Estas centrales constan de uno o varios reactores, que son contenedores (llamados habitualmente vasijas) en cuyo interior se albergan varillas u otras configuraciones geométricas de minerales con algún elemento fósil (es decir, que puede fisionarse) o fértil (que puede convertirse en fósil por reacciones nucleares), usualmente uranio, y en algunos combustibles también plutonio, generado a partir de la activación del uranio. En el proceso de fisión radiactiva, se establece una reacción que es sostenida y moderada mediante el empleo de elementos auxiliares dependientes del tipo de tecnología empleada. (Fig. 3.9)

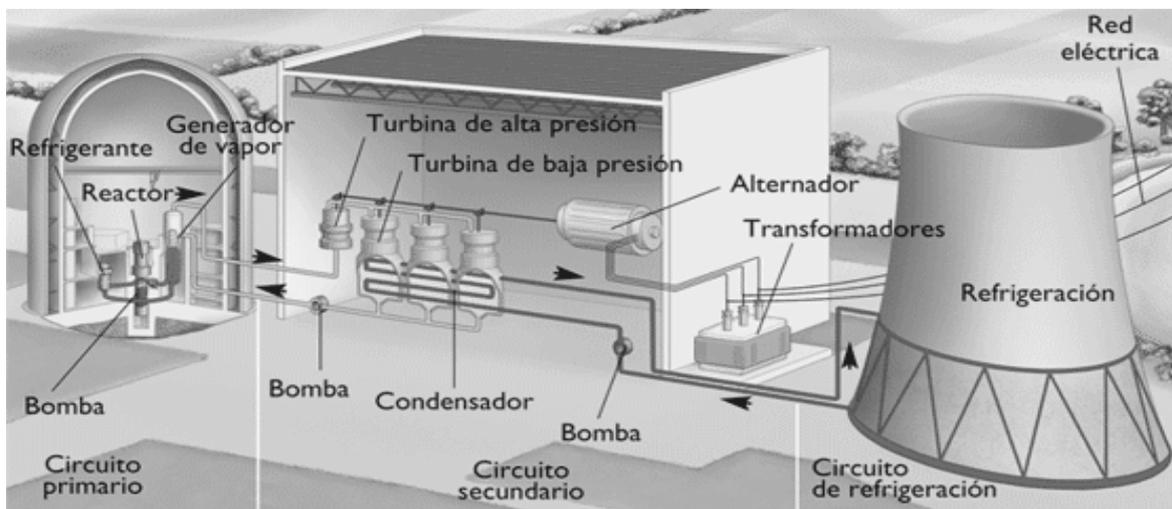


Fig. 3.9 Esquema de una central nuclear

Las instalaciones nucleares son construcciones muy complejas por la variedad de tecnologías industriales empleadas y por la elevada seguridad con la que se les dota. Las características de la reacción nuclear hacen que pueda resultar peligrosa si se pierde su control y prolifera por encima de una determinada temperatura a la que funden los materiales empleados en el reactor, así como si se producen escapes de radiación nociva por esa u otra causa.

La energía nuclear se caracteriza por producir, además de una gran cantidad de energía eléctrica, residuos nucleares que hay que albergar en depósitos aislados y controlados durante largo tiempo. A cambio, no produce contaminación atmosférica de gases derivados de la combustión que producen el efecto invernadero, ni precisan el empleo de combustibles fósiles para su operación. Sin embargo, las emisiones contaminantes indirectas derivadas de su propia construcción, de la fabricación del combustible y de la gestión posterior de los residuos radiactivos (se denomina gestión a todos los procesos de tratamiento de los residuos, incluido su almacenamiento) no son despreciables, pero cabe recavar que este tipo de plantas generadoras son extremadamente peligrosas.

3.5.1 FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL NUCLEAR

Las centrales nucleares (Fig. 3.10) constan principalmente de cuatro partes:

- El reactor nuclear, donde se produce la reacción nuclear.
- El generador de vapor de agua (sólo en las centrales de tipo PWR).
- La turbina, que mueve un generador eléctrico para producir electricidad con la expansión del vapor.
- El condensador, un intercambiador de calor que enfría el vapor transformándolo nuevamente en líquido.

El reactor nuclear es el encargado de realizar la fisión o fusión de los átomos del combustible nuclear, como uranio o plutonio, liberando una gran cantidad de energía calorífica por unidad de masa de combustible.

El generador de vapor es un intercambiador de calor que transmite calor del circuito primario, por el que circula el agua que se calienta en reactor, al circuito secundario, transformando el agua en vapor de agua que posteriormente se expande en las turbinas, produciendo el movimiento de éstas que a la vez hacen girar los generadores, produciendo la energía eléctrica. Mediante un transformador se aumenta la tensión eléctrica a la de la red de transporte de energía eléctrica.

Después de la expansión en la turbina el vapor es condensado en el condensador, donde cede calor al agua fría refrigerante, que en las centrales PWR procede de las torres de refrigeración. Una vez condensado, vuelve al reactor nuclear para empezar el proceso de nuevo.

Las centrales nucleares siempre están cercanas a un suministro de agua fría, como un río, un lago o el mar, para el circuito de refrigeración, ya sea utilizando torres de refrigeración o no.

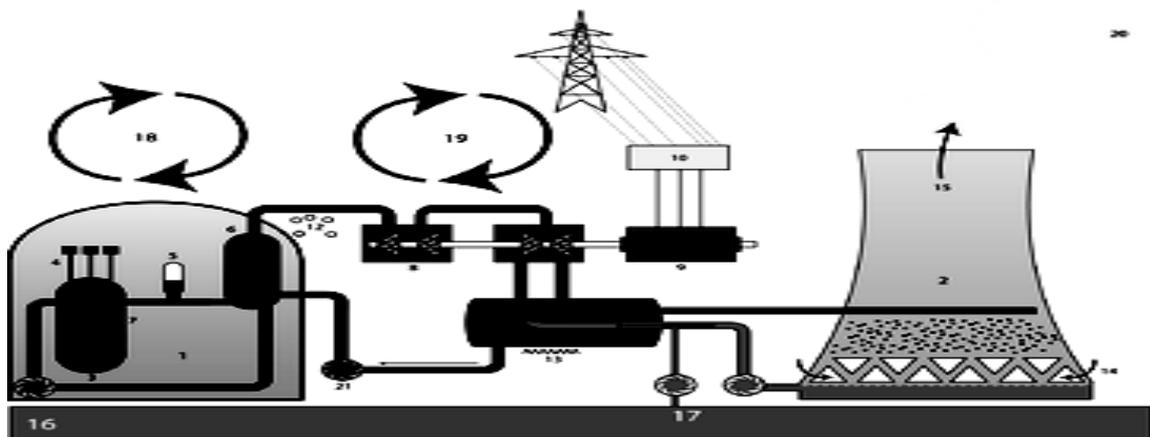


Fig. 3.10 Central nuclear con un reactor de agua a presión

1- Edificio de contención. 2- Torre de refrigeración. 3- Reactor nuclear. 4- Barras de control. 5- Acumulador de presión. 6- Generador de vapor. 7- Combustible nuclear. 8- Turbina. 9- Generador eléctrico. 10- Transformador. 11- Condensador. 12- Vapor. 13-

Líquido saturado. 14- Aire ambiente. 15- Aire húmedo. 16- Río. 17- Circuito de refrigeración. 18- Circuito primario. 19- Circuito secundario. 20- Emisión de aire húmedo (con vapor de agua).

3.5.2 IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CENTRAL NUCLEAR

Los modelos utilizados por la industria nuclear, para estimar el impacto de las radiaciones en el cuerpo humano, parten de un cierto nivel de daño permitido. El uso del término "nivel de seguridad" por la industria nuclear, no supone niveles de exposición inocuos para la salud, sino niveles en los cuales inversiones de prevención exceden a los gastos de curación. Es más: recientes estudios sobre poblaciones "sobrevivientes a la bomba" muestran, que la exposición a ciertas radiaciones puede ser mucho más peligrosa de lo presentado en dichos modelos oficiales.

Con frecuencia se intenta minimizar el impacto de la radioactividad artificial, comparándola con el nivel de radiación ambiental natural. El comportamiento químico y biológico de los radio isótopos artificiales provoca su concentración en la cadena alimenticia, o en ciertos órganos, en mayor grado que los naturales. Los organismos vivientes nunca tuvieron que evolucionar para soportar tales sustancias. Por tanto, su presencia supone un riesgo mucho mayor de lo que muestra una comparación simplista de su radioactividad.

En relación a la contaminación nuclear, no se puede recalcar suficientemente que lo que cuenta, biológicamente, es la suma a través del tiempo de todos los daños de todas las fuentes y eventos combinados que liberan venenos persistentes (radioactivos u otros) a la biosfera.

Como parte de su operación normal, la producción nuclear libera radioactividad venenosa en el aire, tierra y agua. Las sustancias radioactivas emiten partículas alfa y beta y rayos gamma, los que pueden dañar a las células vivas. Una alta dosis de radiación puede conducir a la muerte en cuestión de días o semanas, y se sabe ahora que las dosis bajas de radiación son mucho más dañinas para la salud de lo que se pensaba anteriormente. La exposición prolongada a la llamada radiación de bajo nivel puede causar problemas graves y perdurables a la salud humana, tanto para las personas expuestas como para su descendencia.

A pesar de algunas informaciones de la industria nuclear, nunca ha sido científicamente demostrada la inocuidad de ninguna dosis radiactiva, por baja que sea. En otros términos: *No existe un nivel de exposición radiactiva que pueda considerarse seguro.* Como ejemplo, la radiación natural de fondo de zonas de roca granítica, que suele ser superior a la normal, se supone causante del incremento de ciertas enfermedades. No es difícil deducir que cualquier incremento a esta radiación natural inevitable no puede producir más que riesgos añadidos. *Cuando la industria nuclear afirma que escapes nucleares no afectan a la salud, está simplemente, saltando a la verdad.*

Los trabajadores de la industria nuclear, sus hijos y los vecinos de las instalaciones nucleares en todo el mundo sufren tasas mucho mayores que la población en general de cáncer, defectos congénitos y disfunciones del sistema inmunológico. Nuevos estudios que han investigado las causas de un aumento global del cáncer de mamas en las mujeres muestran que el tejido de las mamas es particularmente propenso a desarrollar cáncer a causa de la exposición a la radiación. Esta también está reconocida como causante del cáncer a la próstata y al pulmón.

Lo trágico es que el daño genético que ocasiona la radiación puede pasar de una generación a otra, afectando potencialmente a la descendencia de todas las especies.

Con frecuencia se intenta minimizar el impacto de la radiactividad artificial comparándola con el nivel de radiación ambiental natural.

Este enfoque de la cuestión ignora las diferencias existentes entre algunos importantes radioisótopos artificiales y los de origen natural. El comportamiento químico y biológico de dichos radioisótopos artificiales es tal que se concentran en la cadena alimenticia, ó en ciertos órganos, en mayor grado que los naturales.

Los organismos vivientes nunca tuvieron que evolucionar para soportar tales sustancias. Por tanto, su presencia podría suponer un riesgo mucho mayor de lo que puede dar a entender una simplista comparación de su radiactividad.

Además existe otra diferencia entre la radiactividad artificial y la natural. Mientras que las fuentes de ésta se encuentran en cierto modo uniformemente repartidas, *la radiactividad artificial se genera de forma puntual*. Las informaciones sesgadas sobre dosis promediadas sobre la población, no dan idea de las situaciones locales, del mismo modo que las cifras de promedios de lluvia caída no permiten predecir la distribución de lluvias en los próximos días.

A pesar de que sólo una pequeña parte de la dosis promedio individual pública tenga origen en la industria nuclear, entre los miembros de ciertos “*grupos de riesgo*” (personas que por su lugar de trabajo vivienda, ó por alimentos que consumen, son más susceptibles de esta sometidas a radiaciones), las dosis de origen artificial pueden estar muy por encima de la media. Las dosis individuales de este origen pueden doblar, permisivamente, las de origen natural (aunque estas cifras pueden quedar diluidas dentro de los promedio sobre el total de la población). Así el riesgo de enfermedades inducidas por la radiactividad puede incrementarse hasta un 50%. Naturalmente no se incluyen los efectos de escapes radiactivos a gran escala como los ocurridos en Windscale en 1957 y en Chernobyl en 1986.

En la explotación comercial de la energía nuclear, que para las centrales de agua ligera hoy y considerar distintas fases: de las cuales, utilización del uranio es lo que produce menos efectos medioambientales.

3.5.2.1 ¿QUE TIPOS DE CONTAMINACION PRODUCEN ESTAS CENTRALES?

Los tipos de contaminación que producen las centrales son dos: radiactividad y contaminación térmica.

- La *contaminación térmica* es común a las centrales térmicas convencionales, pero en el caso de las centrales nucleares aún es más importante, ya que al ser menor la temperatura y la presión del vapor producido también lo es el rendimiento térmico.
- La *contaminación radiactiva* representa el principal problema de los nucleares, pero las seguridades del diseño, construcción y explotación, impiden que las radiaciones de estas plantas tengan incidencia apreciable en el medio ambiente.

Un reactor de fisión produce tres tipos de sustancias o material radiactivo: productos de fisión, de activación y actinidos. La emisión de este tipo de materiales comporta riesgos de irradiación y la seguridad de la industria nuclear depende de que estas emisiones se controlen a un nivel, de forma que no produzca una gran acción en el medio ambiente.

En resumen, el mayor problema que presenta la utilización de la energía nuclear es el del tratamiento, manejo, almacenamiento de los residuos radiactivos, especialmente el de los de alta radiactividad.

El hecho básico es que la radiactividad produce riesgos reales para la salud, las fugas rutinarias por vía aérea o acuática de las instalaciones nucleares incrementan estos riesgos, mientras que las propias instalaciones son una permanente amenaza de accidentes y de proliferación de materiales nucleares.

3.5.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CENTRAL NUCLEAR

VENTAJAS

Una de las ventajas de los reactores nucleares actuales es que casi no emiten contaminantes al aire (aunque periódicamente purgan pequeñas cantidades de gases radiactivos), y los residuos producidos son muchísimo menores en volumen y más controlados que los residuos generados por las plantas alimentadas por combustibles fósiles. Los costes totales de construcción, explotación, seguridad, tratamiento de los residuos y desmantelamiento son muy inferiores a los costes de una planta de energía fósil, incluyendo los costes medioambientales. En esas centrales térmicas convencionales que utilizan combustibles fósiles (carbón, petróleo o gas), se emiten gases de efecto invernadero (CO₂ principalmente), gases que producen lluvia ácida (SO₂ principalmente), carbonilla, metales pesados, miles de toneladas anualmente de cenizas, e incluso material radiactivo natural concentrado (NORM). En una central nuclear los residuos sólidos generados son del orden de un millón de veces menores en volumen que los contaminantes de las centrales térmicas. Estas centrales generan residuos radiactivos, sin embargo su volumen puede reducirse considerablemente aplicando tecnologías ya existentes. Una planta nuclear moderna

diseñada para minimizar los residuos no genera desechos radiactivos de vida superior a los 100 años.

El uranio enriquecido utilizado en las centrales nucleares no sirve para construir un arma nuclear ni para usar uranio procedente de ellas. Para ello se diseñan los reactores en ciclos de alto enriquecimiento o bien se usan diseños como reactores tipo RBMK usados para la generación de plutonio.

Últimamente se investigan centrales de fisión asistida, donde parte de los residuos más peligrosos serían destruidos mediante el bombardeo con partículas procedentes de un acelerador (protones seguramente) que por espalación producirían neutrones que a su vez provocarían la transmutación de esos isótopos más peligrosos. Esta sería una especie de central de neutralización de residuos radiactivos automantenida. El rendimiento de estas centrales sería en principio menor, dado que parte de la energía generada se usaría para la transmutación de los residuos. Se estima que la construcción del primer reactor de transmutación (Myrrah) comenzará en el año 2014.

DESVENTAJAS

Los reactores nucleares generan residuos radiactivos. Algunos de ellos con un semiperiodo elevado, como el americio, el neptunio o el curio y de una alta toxicidad. Los detractores de la energía nuclear hacen hincapié en el peligro de esos residuos.

Algunas centrales también sirven para generar material adicional de fisión (plutonio) que puede usarse para la creación de armamento nuclear. Dicho interés en la creación de dichas sustancias impone un diseño específico del reactor en detrimento de la ecología del mismo.

La percepción de peligro en la población proviene de que un accidente o un ataque terrorista les exponga a la radiación. La probabilidad de que un accidente similar al sucedido en Chernobyl se repita en las centrales occidentales es muy pequeño debido a su propio diseño.

3.6 LAS ENERGÍAS LIMPIAS

En este punto hablaremos de lo que se denomina las energías limpias que a diferencia de las dos centrales eléctricas mencionadas anteriormente, no contaminan o sus contaminantes son mínimos ocasionando así un menor impacto ambiental, además de que no ponen en riesgo la vida humana como en el caso de las centrales nucleares que queda ese peligro latente de que si algo sale mal ocurriría una catástrofe.

3.6.1 CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Una central hidroeléctrica es aquella que utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica. Son el resultado actual de la evolución de los antiguos molinos que aprovechaban la corriente de los ríos para mover una rueda. (Fig. 3.11)

Las principales partes de una central de este tipo son:

- Presa

La presa se encarga de mantener el agua en un lugar alto para garantizar que tenga fuerza suficiente el agua como para mover las turbinas

- Turbinas

Las turbinas se encargan de hacer girar el generador cuando reciben la fuerza del agua

- Generador

Se podría decir que es la parte mas importante de la central, después del agua claro, cuya función es la de producir electricidad.

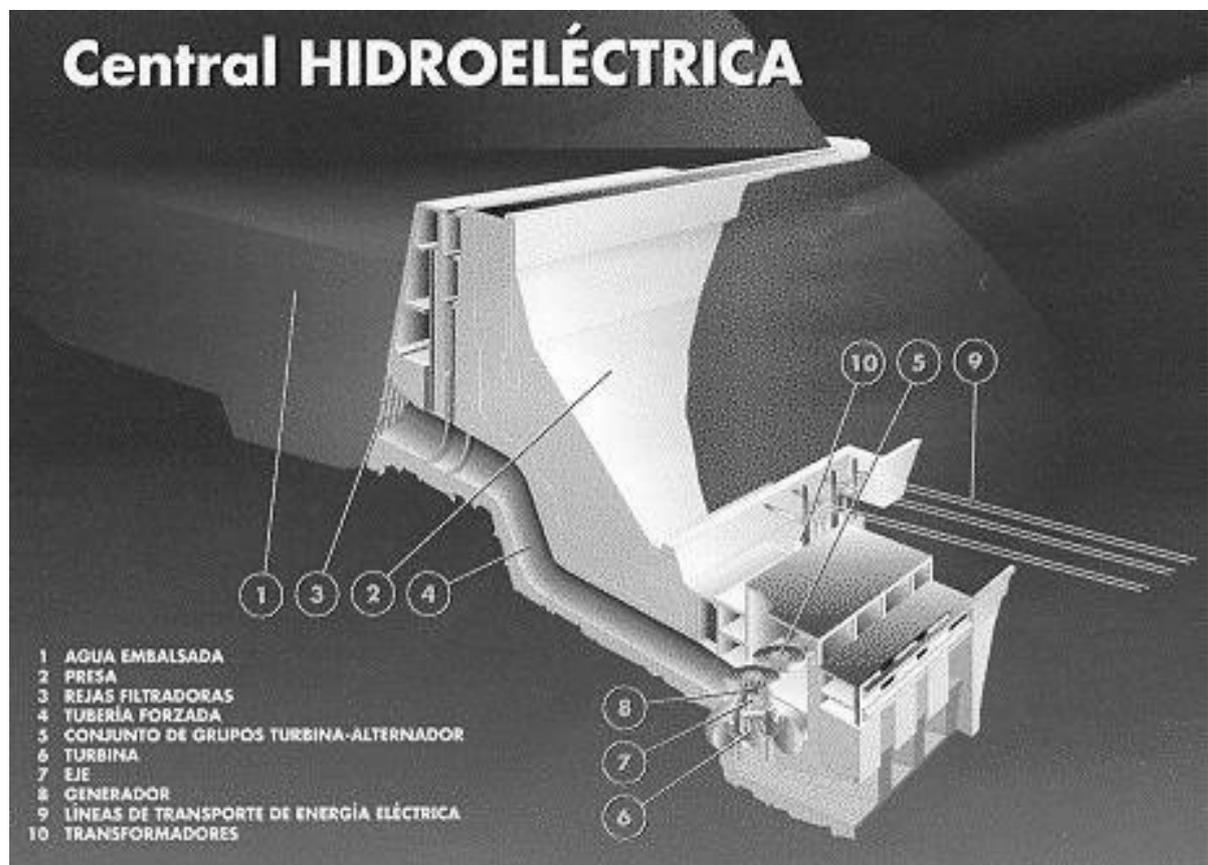


Fig. 3.11 Central hidroeléctrica

Las principales partes de una central de este tipo son:

- Presa

La presa se encarga de mantener el agua en un lugar alto para garantizar que tenga fuerza suficiente el agua como para mover las turbinas

- Turbinas

Las turbinas se encargan de hacer girar el generador cuando reciben la fuerza del agua

- Generador

Se podría decir que es la parte mas importante de la central, después del agua claro, cuya función es la de producir electricidad.

Se pueden distinguir dos tipos de centrales:

- Centrales de baja presión: Son centrales hidroeléctricas situadas en corrientes de agua con desniveles de caída de 10 metros o superiores y se construyen intercalándolas en los cursos de los ríos o de los canales. Por razones de índole económica y ecológica el agua se utiliza en su curso natural, siendo embalsada mediante presas. Estas centrales hidroeléctricas pequeñas tienen la desventaja de proporcionar una corriente eléctrica fluctuante, puesto que las variaciones estacionales de las precipitaciones pueden hacer variar el flujo de agua, y por tanto la cantidad de agua disponible.
- Centrales de mediana o alta presión: Son centrales hidroeléctricas de acumulación o de bombeo (desniveles hasta 100 m.). Estas centrales disponen de zonas de embalse en forma de embalses de gran tamaño o zonas enteras de ríos en las que el agua se acumula durante períodos cortos (acumulación diaria) o más prolongados (acumulación anual). Las centrales hidroeléctricas de acumulación se construyen casi siempre en presas de valles, y aprovechan el agua de cursos naturales renovables. Las centrales hidroeléctricas de bombeo, por el contrario, son centrales que en las épocas de superproducción de energía eléctrica bombean el agua hasta un nivel más elevado para volver a transformar la energía potencial generada, en energía eléctrica en horas de pico de carga. Por esta razón, las centrales hidroeléctricas de bombeo no pueden clasificarse en la categoría de plantas que aprovechan energías renovables (Fig.3.12).

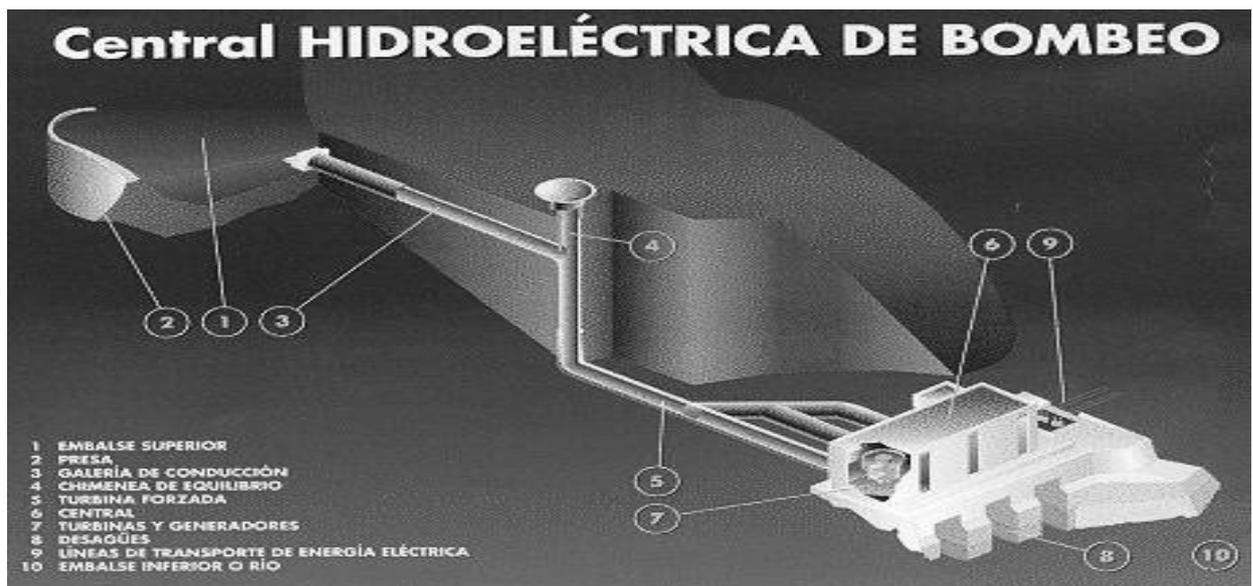


Fig. 3.12 Central de bombeo

3.6.1.1 ¿CÓMO FUNCIONA UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA?

Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías, controlados con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad. El agua que entra en la turbina sale por los canales de descarga. Los generadores están situados justo encima de las turbinas y conectados con árboles verticales. El diseño de las turbinas depende del caudal de agua; las turbinas Francis y Kaplan se utilizan para caudales grandes y saltos medios y bajos, y las turbinas Pelton para grandes saltos y pequeños caudales.

Para la formación de un salto de agua es preciso elevar el nivel superficial de ésta sobre el nivel normal de la corriente, atajando el agua con una presa para producir el salto total utilizable en la misma presa o contribuir a este salto, derivando a la vez las aguas por un canal de derivación de menor pendiente que el cauce del río. Las aguas del canal de derivación hay que conducir las a las turbinas y, para ello, en los saltos menores de unos 12 m, el agua desemboca directamente en la cámara de turbinas y, en los saltos superiores a 12 m, termina en un ensanchamiento llamado cámara de presión desde donde parte la tubería a presión que en conducción forzada, lleva el agua a las turbinas. El agua sale a gran presión por la *tobera* e impulsa los álabes que hacen girar un eje y el generador. A la salida de las turbinas, el agua pasa a un canal de desagüe por el que desemboca nuevamente en el río.

3.6.1.2 LAS TURBINAS KAPLAN, FRANCIS Y PELTON

Las turbinas hidráulicas se emplean para aprovechar la energía del agua en movimiento. Las amplias palas o *álabas* de la turbina son impulsadas por agua de alta presión liberada por una compuerta. La turbina Pelton es un modelo del siglo XIX cuyo funcionamiento es más parecido al de un molino de agua tradicional. La rueda gira cuando el agua procedente del conducto forzado golpea sus paletas o álabes.

3.6.1.2.1 TURBINA KAPLAN

Las turbinas Kaplan son turbinas de agua de reacción de flujo axial, con un rodete que funciona de manera semejante a la hélice de un barco, y deben su nombre a su inventor, el austriaco Viktor Kaplan. Se emplean en saltos de pequeña altura. Las amplias palas o álabes de la turbina son impulsadas por agua a alta presión liberada por una compuerta.

Los álabes del rodete en las turbinas Kaplan son siempre regulables y tienen la forma de una hélice, mientras que los álabes de los distribuidores pueden ser fijos o regulables. Si ambos son regulables, se dice que la turbina es una turbina Kaplan verdadera; si solo son regulables los álabes del rodete, se dice que la turbina es una turbina Semi-Kaplan. Las turbinas Kaplan son de admisión radial, mientras que las semi-Kaplan puede ser de admisión radial o axial.

Para su regulación, los álabes del rodete giran alrededor de su eje, accionados por unas manijas, que son solidarias a unas bielas articuladas a una cruceta, que se desplaza hacia arriba o hacia abajo por el interior del eje hueco de la turbina. Este desplazamiento es accionado por un servomotor hidráulico, con la turbina en movimiento. (Fig. 3.13y 3.14)

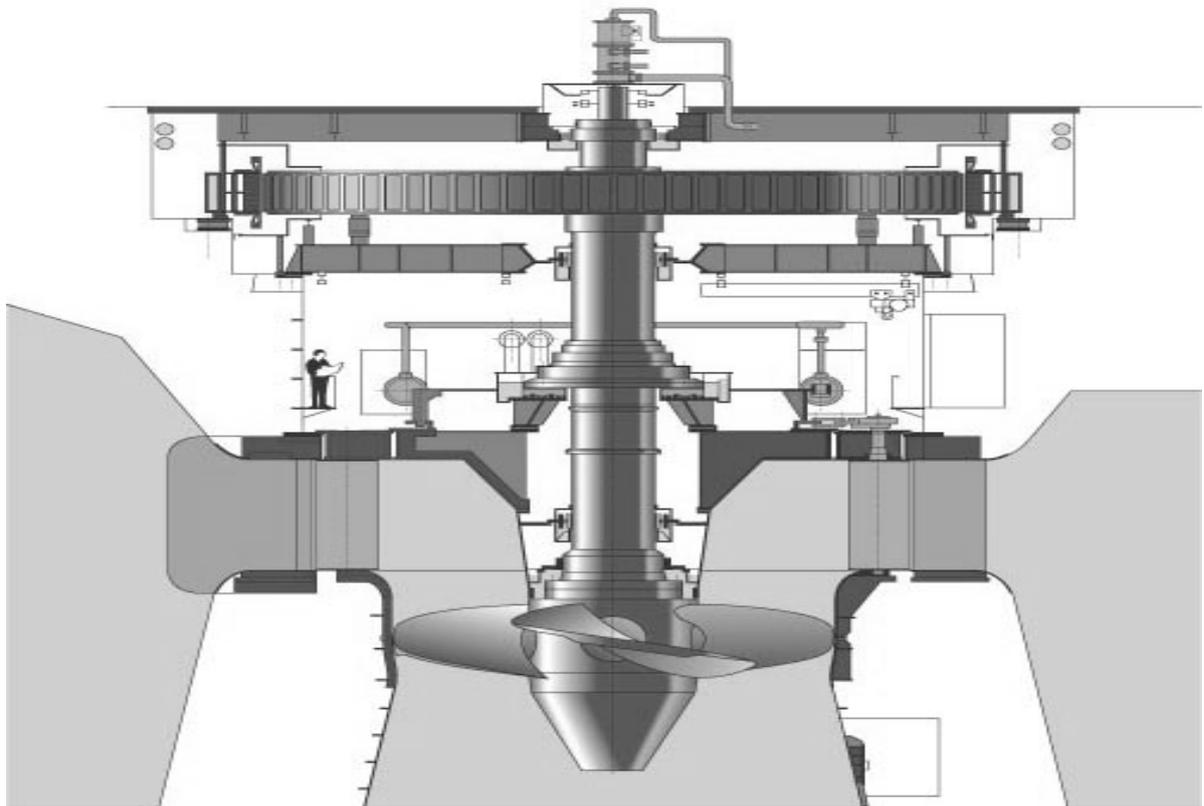


Fig. 3.13 Una turbina Kaplan vertical

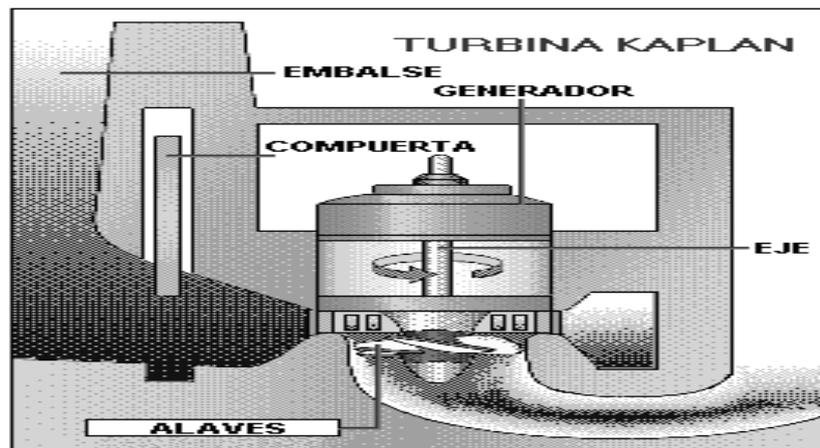


Fig. 3.14 Presa con turbina Kaplan

3.6.1.2.2 TURBINA FRANCIS

La turbina Francis fue desarrollada por James B. Francis. Se trata de una turbomáquina motora a reacción y de flujo mixto.

Las turbinas Francis son turbinas hidráulicas que se pueden diseñar para un amplio rango de saltos y caudales, siendo capaces de operar en rangos de desnivel que van de los diez metros hasta varios cientos de metros. Esto, junto con su alta eficiencia, ha hecho que este tipo de turbina sea el más ampliamente usado en el mundo, principalmente para la producción de energía eléctrica mediante centrales hidroeléctricas.

La Fig. 3.15 muestra la vista clásica de una turbina Francis

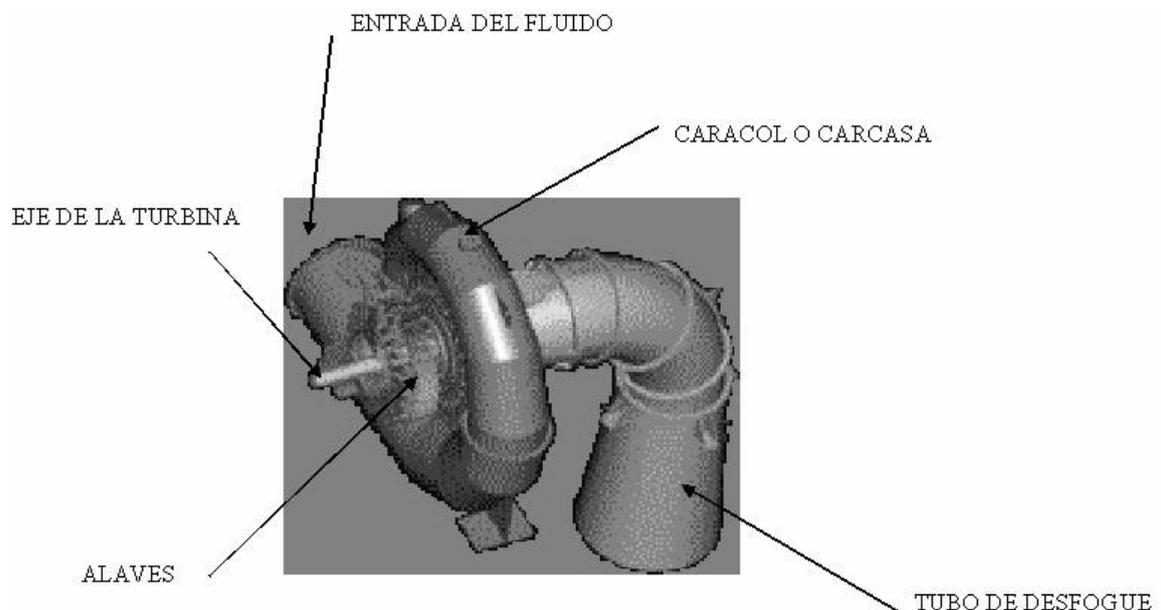


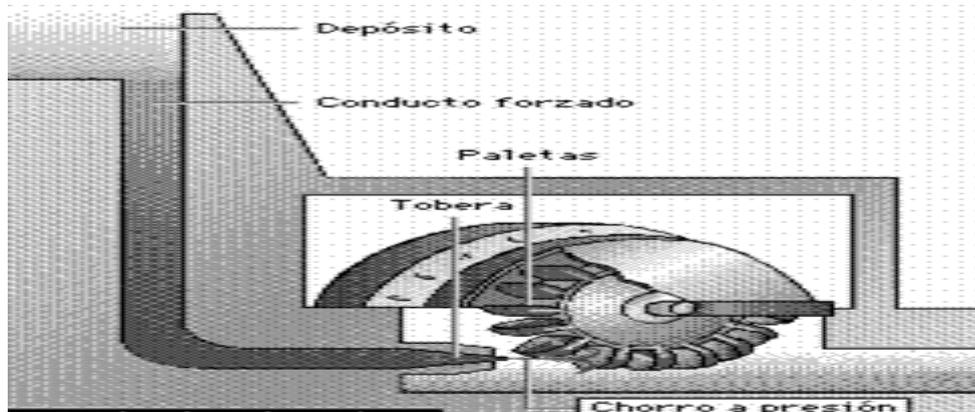
Fig. 3.15 Los órganos principales de una turbina Francis es el orden del paso del agua

3.6.1.2.3 TURBINA PELTON

Una turbina Pelton es uno de los tipos más eficientes de turbina hidráulica. Es una turbomáquina motora, de flujo trasversal, admisión parcial y de acción. Consiste en una rueda (rodete o rotor) dotada de cucharas en su periferia, las cuales están especialmente realizadas para convertir la energía de un chorro de agua que incide sobre las cucharas.

Las turbinas Pelton están diseñadas para explotar grandes saltos hidráulicos de bajo caudal. Las centrales hidroeléctricas dotadas de este tipo de turbina cuentan, la mayoría de las veces, con una larga tubería llamada galería de presión para trasportar al fluido desde

grandes alturas, a veces de hasta más de dos mil metros. Al final de la galería de presión se suministra el agua a la turbina por medio de una o varias válvulas de aguja, también llamadas inyector, los cuales tienen forma de tobera para aumentar la velocidad del flujo que incide sobre las cucharas. (Fig. 3.16 y 3.17)



3.16 Rueda Pelton(Turbina en acción)

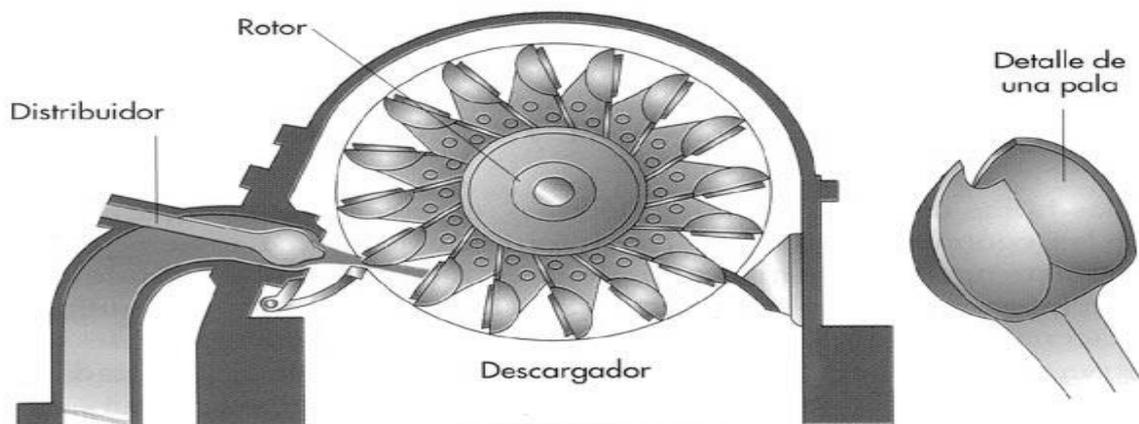


Fig. 3.17 En esta imagen se puede mostrar a detalle la forma de la pala y la forma en la que incide el chorro en ella

3.6.1.3 IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA

A continuación se presentan algunas de las alteraciones al ambiente (que comprende los ecosistemas – especies y el lugar de su hábitat, incluyendo a la gente) indicadas para los periodos de la construcción y funcionamiento de las presas.

1. *Inundación de extensos bosques y de áreas agrícolas* para la construcción de una presa
CASO: si el terreno inundado tiene muchos árboles y no se limpia adecuadamente antes de inundarlo, la descomposición de esta vegetación agotará los niveles de

oxígeno en el agua. Esto afecta la vida acuática, y puede causar grandes pérdidas de pescado, además de perder el hábitat natural original de la zona (en algunos casos los humedales, bosques tropicales, etc., caracterizados por su biodiversidad rica y específica).

2. *Cambios en la cantidad de agua* (que puede dejar sin caudal mínimo el tramo final de los ríos, especialmente en épocas secas)

EJEMPLO: Los efectos de los cambios en la hidrología de la cuenca del río incluyen variaciones en el nivel freático y caudal del río aguas arriba y abajo del reservorio, y problemas de salinización; éstos tienen impactos ambientales directos y afectan a los usuarios aguas abajo.

3. *Cambio de la calidad de agua en la presa* (el agua embalsada no tiene las condiciones de salinidad, gases disueltos, temperatura, nutrientes, y demás propiedades del agua que fluye por el río)

EJEMPLO: Los cambios físicos, químicos y térmicos de un río, cuando el flujo es almacenado, pueden transformarse en serios problemas de la contaminación de su agua. El agua almacenada puede ser, en efecto, letal para la vida en la presa y en el río muchos kilómetros aguas abajo.

4. *Sedimentación del embalse* (los sedimentos se acumulan en el embalse, por lo que el resto del río hasta la desembocadura acaba empobreciéndose de nutrientes)

EJEMPLO: Cuando las aguas de un río se almacenan en el vaso de una presa, los sedimentos se depositan en el fondo del vaso. Como los sedimentos se acumulan en el fondo, la presa pierde gradualmente su capacidad para almacenar agua, propósito para el que fue construida. Por ello la sedimentación es, probablemente, el problema técnico más serio que enfrenta la existencia de este tipo de obras.

Otra consecuencia de las interferencias en los flujos sedimentarios es la manifestación en los sistemas fluviales aguas abajo de la presa, en las planicies, deltas, y en la línea costera, donde sin aporte continental de los sedimentos no se puede afrontar la erosión de las olas y las mareas.

5. *Extinción de especies acuáticas, afectación a ecosistemas* (las presas se convierten en obstáculos insalvables para varias especies acuáticas, como los salmones, que tienen que remontar los ríos para desovar)

EJEMPLO: El cambio en la cantidad del agua de un río tiene numerosas consecuencias ambientales, una de las cuales se revela en cuando el río y su planicie de inundación se encuentran estrechamente adaptados al ciclo anual de flujo (sus periodos históricos de crecidas y estiaje). Muchas especies dependen de los pulsos de nutrientes determinados por la sucesión de lluvias-sequías, como señales para iniciar su reproducción, incubación, migración u otras importantes funciones de su vida. Los

flujos anuales enriquecen a las zonas pantanosas no solamente con agua sino con minerales y nutrientes. Este pulso del río es la principal razón de su alta productividad biológica. Además, rápidas fluctuaciones en el nivel del agua aceleran la erosión río abajo, eliminan a los árboles y la vegetación de las riberas: áreas pantanosas y sumergidas. Sin esta cubierta los procesos erosivos se suceden más rápidamente (INE, 2006).

6. *Desbordamiento de las cortinas de las presas* (por descargas en las situaciones de peligro o por las precipitaciones extremas)
7. *Inundaciones de las poblaciones* por descargas de agua de las presas en periodos de lluvia
8. *Cambio de las condiciones micro-climáticas* (a mediano y largo plazo).

3.6.1.3.1 PROBLEMÁTICA SOCIAL

A menudo, la gente de ciudad, los intereses agrícolas y las personas que viven lejos, disfrutan de los beneficios de las represas, pero los que soportan la mayor parte de los costos ambientales y sociales, se benefician en un grado menor, o no se benefician, son: los habitantes del área inundada por el embalse, y los que viven alrededor. Al llenar la presa, se produce el desplazamiento involuntario de cientos de miles de personas, de lo que se hablará en el punto 3 del documento. Pero, además de este problema, existen muchos más, relacionados con la problemática social, algunos de los cuales que a continuación se listan.

1. *Desplazamiento de la gente* antes y durante la construcción de las presas (ejemplo reciente La Parota, México)
2. *Amenazas y masacres* antes y durante la construcción de las presas (sin número de ejemplos en América Latina y África)
3. *Conflictos transfronterizos entre países y naciones* después de la construcción, como el caso de los ríos Anidarya y Sirdarya que se desembocan al lago Aral, y pasan por el territorio de las Repúblicas de Kirgizstan, Kazahstan y Uzbekistán (Ajrorov, 2006)
4. *Corrupción y robo de dinero* durante la construcción de las presas. El promedio de excesos de costos en grandes represas es de un 56% más del calculado inicialmente. Las financiadas por el BM oscilan entre un 27 y 39% más; los del BID en un 45% más y en América Latina el promedio es de un 53% más a lo presupuestado originalmente. Así se endeudaron a los pueblos y se enriquecieron a los corruptos (Castro Soto, 2006):

3.6.1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

VENTAJAS

- Es renovable.
- No se consume. Se toma el agua en un punto y se devuelve a otro a una cota inferior.
- Es autóctona y, por consiguiente, evita importaciones del exterior.
- Es completamente segura para personas, animales o bienes.
- No genera calor ni emisiones contaminantes (lluvia ácida, efecto invernadero...)
- Genera puestos de trabajo en su construcción, mantenimiento y explotación.
- Requiere inversiones muy cuantiosas que se realizan normalmente en comarcas de montaña muy deprimidas económicamente.
- Genera experiencia y tecnología fácilmente exportables a países en vías de desarrollo.

DESVENTAJAS

- Altera el normal desenvolvimiento en la vida biológica (animal y vegetal) del río.
- Las centrales de embalse tienen el problema de la evaporación de agua: En la zona donde se construye aumenta la humedad relativa del ambiente como consecuencia de la evaporación del agua contenida en el embalse.
- En el caso de las centrales de embalse construidas en regiones tropicales, estudios realizados han demostrado que generan, como consecuencia del estancamiento de las aguas, grandes focos infecciosos de bacterias y enfermedades. En Brasil el brote de dengue fue asociado con las represas construidas a lo largo del río Paraná.

3.6.2 ENERGÍA SOLAR: LIMPIA Y GRATUITA

El Sol es la estrella que domina el sistema planetario que incluye a la Tierra. Mediante la radiación de su energía electromagnética aporta, directa o indirectamente, toda la energía que mantiene la vida en nuestro planeta.

El interés general por la energía solar se ha acrecentado en los últimos años. Se trata de la más atractiva de las fuentes energéticas alternativas del futuro, no solo por ser limpia y gratuita, sino también por su abundancia y su carácter inagotable a escala humana.

La energía del Sol es eternamente renovable y fácilmente almacenable. Cuando el cielo está claro y el Sol cae verticalmente sobre la tierra, llega un promedio diario de 870 vatios por cada metro cuadrado en forma de radiaciones electromagnéticas. Esta cantidad equivale al consumo diario medio del habitante de un país desarrollado.

Para cubrir los requerimientos de energía de la humanidad en el año 2000 bastaría con cubrir una zona propicia de 100.000 kilómetros cuadrados de extensión, es decir, 1/8 parte de la superficie del desierto de Sahara. El 0,4 por mil de la energía que recibimos diariamente del Sol sería suficiente.

La energía liberada del Sol tiene multitud de aplicaciones para uso residencial, alguna de ellas son:

- Agua caliente, en termo-tanques
- Electricidad, en baterías, electrólisis de agua, aire comprimido, bombeo eléctrico de agua.
- Actualmente se están implementando sistemas eléctricos en casa habitaciones (casas de interés social principalmente), alimentados un 80% con energía solar.

La gran variedad de formas de almacenamiento y características particulares de cada una de ellas permiten su utilización con gran versatilidad, desde la pequeña escala de una granja hasta la interconexión con redes nacionales de energía eléctrica.

Los sistemas de energía solar convierten la luz del sol en electricidad sin contaminar el medio ambiente. Su operación depende básicamente de dos recursos naturales comunes y abundantes: arena (los paneles están fabricados a partir de ésta) y sol.

Desde hace más de un cuarto de siglo, los paneles solares han provisto de electricidad a satélites, naves espaciales (antigua MIR), con enorme éxito ya que éstos han dependido de su producción de energía eléctrica. Por tanto la energía solar resulta una alternativa viable para usos cotidianos en viviendas o industrias.

Técnicamente la energía solar se denomina sistema fotovoltaico, cuando se utiliza para la producción de electricidad.

Las características de un sistema fotovoltaico va a depender de las necesidades que demande cada usuario en particular, o sea a la potencia eléctrica requerida.

3.6.2.1 QUÉ ES LA ENERGÍA SOLAR?

La energía solar es la energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión; Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es $1,37 \times 10^6$ erg/s/cm², o unas 2 cal/min/cm². Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0,2% en un periodo de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende, de forma complicada pero predecible, del día del año, de la hora y de la latitud. Además, la cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor, como se muestra en la Fig. 3.18



Fig. 3.18 Captación de la energía solar

3.6.2.2 ¿CÓMO FUNCIONA LA ENERGÍA SOLAR?

Los sistemas de calefacción solar activa incluyen equipos especiales que utilizan la energía del sol para calentar o enfriar estructuras existentes. Los sistemas pasivos implican diseños de estructuras que utilizan la energía solar para enfriar y calentar. Por ejemplo, en esta casa, un espacio solar sirve de colector en invierno cuando las persianas están abiertas y de refrigerador o nevera en verano cuando están cerradas. Muros gruesos de hormigón permiten oscilaciones de temperatura ya que absorben calor en invierno y aíslan en verano. Los depósitos de agua proporcionan una masa térmica para almacenar calor durante el día y liberarlo durante la noche.

3.6.2.3 TRANSFORMACIÓN NATURAL DE LA ENERGÍA SOLAR

La recogida natural de energía solar se produce en la atmósfera, los océanos y las plantas de la Tierra. Las interacciones de la energía del Sol, los océanos y la atmósfera, por ejemplo, producen vientos, utilizados durante siglos para hacer girar los molinos. Los sistemas

modernos de energía eólica utilizan hélices fuertes, ligeras, resistentes a la intemperie y con diseño aerodinámico que, cuando se unen a generadores, producen electricidad para usos locales y especializados o para alimentar la red eléctrica de una región o comunidad.

Casi el 30% de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera se consume en el ciclo del agua, que produce la lluvia y la energía potencial de las corrientes de montaña y de los ríos. La energía que generan estas aguas en movimiento al pasar por las turbinas modernas se llama energía hidroeléctrica.

Gracias al proceso de fotosíntesis, la energía solar contribuye al crecimiento de la vida vegetal (biomasa) que, junto con la madera y los combustibles fósiles que desde el punto de vista geológico derivan de plantas antiguas, puede ser utilizada como combustible. Otros combustibles como el alcohol y el metano también pueden extraerse de la biomasa.

Asimismo, los océanos representan un tipo natural de recogida de energía solar. Como resultado de su absorción por los océanos y por las corrientes oceánicas, se producen gradientes de temperatura. En algunos lugares, estas variaciones verticales alcanzan 20 °C en distancias de algunos cientos de metros. Cuando hay grandes masas a distintas temperaturas, los principios termodinámicos predicen que se puede crear un ciclo generador de energía que extrae energía de la masa con mayor temperatura y transferir una cantidad a la masa con temperatura menor. La diferencia entre estas energías se manifiesta como energía mecánica (para mover una turbina, por ejemplo), que puede conectarse a un generador, para producir electricidad. Estos sistemas, llamados sistemas de conversión de energía térmica oceánica (CETO), requieren enormes intercambiadores de energía y otros aparatos en el océano para producir potencias del orden de megavatios.

3.6.2.4 RECOGIDA DIRECTA DE ENERGÍA SOLAR

La recogida directa de energía solar requiere dispositivos artificiales llamados colectores solares, diseñados para recoger energía, a veces después de concentrar los rayos del Sol. La energía, una vez recogida, se emplea en procesos térmicos o fotoeléctricos, o fotovoltaicos. En los procesos térmicos, la energía solar se utiliza para calentar un gas o un líquido que luego se almacena o se distribuye. En los procesos fotovoltaicos, la energía solar se convierte en energía eléctrica sin ningún dispositivo mecánico intermedio. Los colectores solares pueden ser de dos tipos principales: los de placa plana y los de concentración. También se puede recolectar la energía solar en grandes cantidades mediante una central eléctrica solar

3.6.2.4.1 COLECTORES DE PLACA PLANA

En los procesos térmicos los colectores de placa plana interceptan la radiación solar en una placa de absorción por la que pasa el llamado fluido portador. Éste, en estado líquido o gaseoso, se calienta al atravesar los canales por transferencia de calor desde la placa de absorción. La energía transferida por el fluido portador, dividida entre la energía solar que

incide sobre el colector y expresada en porcentaje, se llama eficiencia instantánea del colector. Los colectores de placa plana tienen, en general, una o más placas cobertoras transparentes para intentar minimizar las pérdidas de calor de la placa de absorción en un esfuerzo para maximizar la eficiencia. Son capaces de calentar fluidos portadores hasta 82 °C y obtener entre el 40 y el 80% de eficiencia. Los colectores de placa plana se han usado de forma eficaz para calentar agua y para calefacción. Los sistemas típicos para casa-habitación emplean colectores fijos, montados sobre el tejado. En el hemisferio norte se orientan hacia el Sur y en el hemisferio sur hacia el Norte. El ángulo de inclinación óptimo para montar los colectores depende de la latitud. En general, para sistemas que se usan durante todo el año, como los que producen agua caliente, los colectores se inclinan (respecto al plano horizontal) un ángulo igual a los 15° de latitud y se orientan unos 20° latitud S o 20° de latitud N.

Además de los colectores de placa plana, los sistemas típicos de agua caliente y calefacción están constituidos por bombas de circulación, sensores de temperatura, controladores automáticos para activar el bombeo y un dispositivo de almacenamiento. El fluido puede ser tanto el aire como un líquido (agua o agua mezclada con anticongelante), mientras que un lecho de roca o un tanque aislado sirven como medio de almacenamiento de energía. (Fig. 3.19)



Fig. 3.19 Colectores planos empleados para recoger la energía del luz, para lograr calentar agua, manteniéndola así por largos periodos

3.6.2.4.2 COLECTORES DE CONCENTRACIÓN

Para aplicaciones como el aire acondicionado y la generación central de energía y de calor para cubrir las grandes necesidades industriales, los colectores de placa plana no suministran, en términos generales, fluidos con temperaturas bastante elevadas como para ser eficaces. Se pueden usar en una primera fase, y después el fluido se trata con medios convencionales de calentamiento. Como alternativa, se pueden utilizar colectores de concentración más complejos y costosos. Son dispositivos que reflejan y concentran la energía solar incidente sobre una zona receptora pequeña. Como resultado de esta

concentración, la intensidad de la energía solar se incrementa y las temperaturas del receptor (llamado 'blanco') pueden acercarse a varios cientos, o incluso miles, de grados Celsius. Los concentradores deben moverse para seguir al Sol si se quiere que actúen con eficacia; los dispositivos utilizados para ello se llaman helióstatos. (Fig. 3.20)

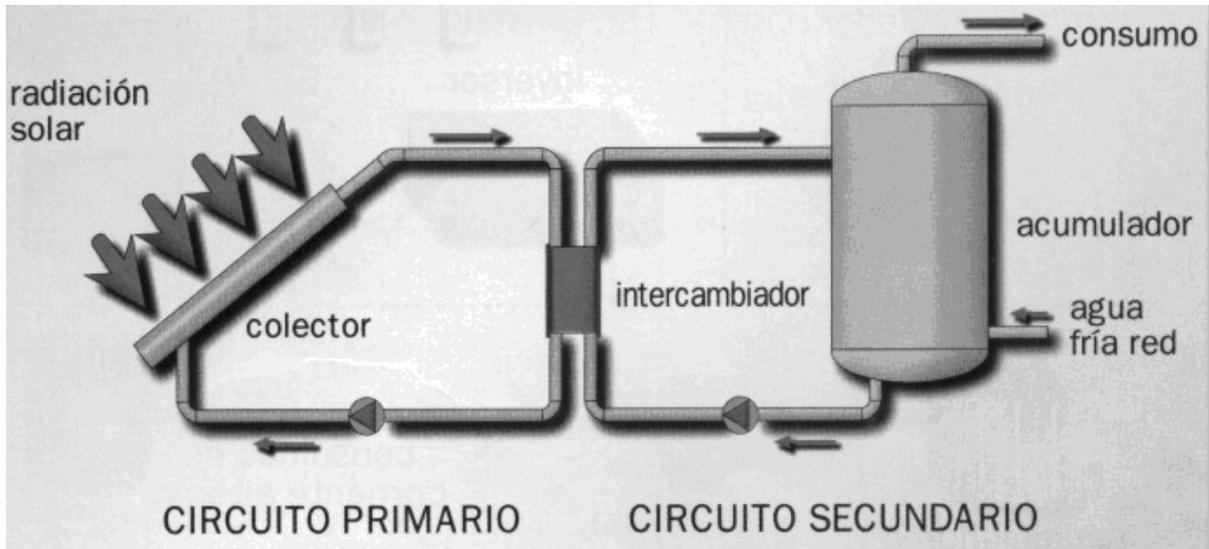


Fig. 3.20 Colectores solares de calentamiento bajo e inmediato

3.6.2.5 CENTRAL SOLAR

Las centrales solares son instalaciones destinadas a aprovechar la radiación del Sol para generar energía eléctrica. De manera general, puede decirse que las principales aplicaciones de los sistemas de aprovechamiento solar de baja y media temperatura se dan en el ámbito doméstico o industrial; son los sistemas basados en alta temperatura los que de manera específica, se utilizan para la producción de electricidad, como se muestra en la Fig. 3.21

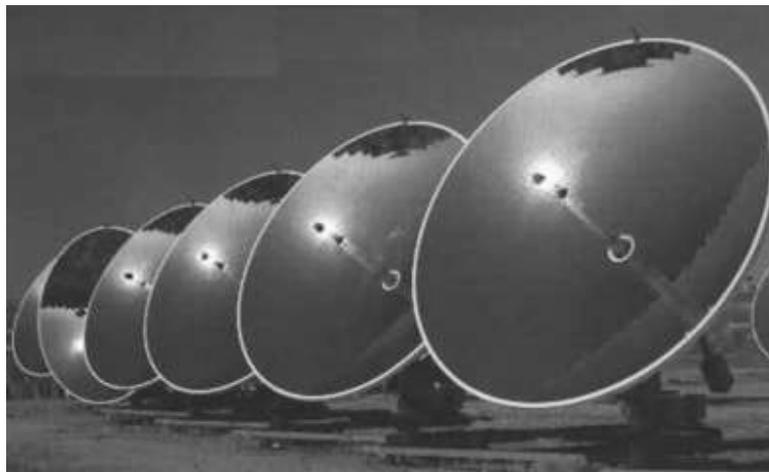


Fig. 3.21 Colectores Solares de Una Central En Europa

3.6.2.5.1 EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR: LA VÍA TÉRMICA Y LA VÍA FOTOVOLTAICA

Actualmente existen dos formas principales de aprovechamiento de la energía solar: la térmica, que convierte la energía procedente del Sol en calor, y la fotovoltaica, que la transforma en energía eléctrica.

En los sistemas solares basados en la vía térmica se distinguen tres modalidades de baja, media y alta temperatura. Los primeros funcionan a partir de colectores que transmiten la radiación en forma de calor hasta un fluido que circula por conducto y alimenta sistemas de calefacción, climatización, etc. Aprovechan la energía solar a temperaturas de entre 35 y 100 °C.

Las principales instalaciones de media temperatura empleadas, generalmente, para producir vapor utilizado en aplicaciones industriales, son las de colectores distribuidos. Constan de un conjunto de colectores de concentración normalmente de forma cilíndrico parabólica para favorecer una eficaz absorción de la radiación solar, que, tras captar la energía solar la transmiten a un fluido (por ejemplo, aceite térmico) en forma de calor. El fluido se calienta y transporta la energía calorífica a través de un circuito primario hasta una caldera, de donde se transfiere otro fluido que transita por el circuito secundario. Este segundo fluido, normalmente agua, pasa al estado de vapor a alta temperatura, y es enviado al grupo turbina-alternador donde generará energía eléctrica en virtud de un ciclo termodinámico convencional, o bien será empleado para alimentar procesos industriales. Este tipo de instalaciones disponen, además, de un elemento que permite almacenar la energía calorífica para afrontar las fluctuaciones de la radiación solar. En este caso, el fluido del circuito secundario envía previamente su calor al sistema de almacenamiento antes de llegar al grupo turbina-alternador. La modalidad de media temperatura aprovecha la energía solar a temperaturas de entre 100 y 300 °C. Por su parte, los sistemas de alta temperatura pueden ser aprovechados para proveer energía eléctrica.

3.6.2.5.2 CENTRALES SOLARES DE TORRE CENTRAL

El tipo de planta más común es la denominada central termoeléctrica de receptor central, integrada por una vasta superficie cubierta de grandes espejos que reflejan la radiación del Sol, concentrándola en un pequeño punto. Son los denominados heliostatos. Provistos de mecanismos específicos conectados a un ordenador, estos espejos direccionales se van moviendo según dos ejes de giro, de manera que en todo momento, se encuentran en la posición idónea para recibir la máxima intensidad de la radiación solar y para concentrarla de modo eficaz en el receptor central. Generalmente, el punto receptor se dispone sobre una caldera situada en una torre de gran altura; en este caso se trata de centrales solares de tipo central. En la caldera, la energía calorífica de la radiación solar reflejada es absorbida por un fluido térmico, que va a parar a un generador de vapor. Allí transfiere hasta un segundo fluido, que se encarga de poner en movimiento los álabes del grupo turbina-alternador, para generar energía eléctrica. En una fase posterior, el fluido se condensa en un aerocondensador, para la repetición del proceso.

Intercalados en el circuito de calentamiento existen sistemas de almacenamiento térmico, destinados a aumentar y estabilizar la producción de la central sola, que como se ha indicado, depende estrechamente de las horas de insolación. El fluido secundario transmite hasta el dispositivo de almacenamiento la energía calorífica de llegar al grupo turbina-alternador.

3.6.2.5.3 CENTRALES SOLARES CON DISCOS PARABÓLICOS

En este tipo de instalaciones, las superficies reflectantes adoptan la forma geométrica de un paraboloide de revolución. En el foco del paraboloide, donde se localiza el receptor, se concentra la energía solar captada. El receptor opera como un intercambiador de calor, a través del cual circula el fluido portador de calor. El máximo aprovechamiento de la energía solar se logra gracias a que los discos poseen un sistema de seguimiento de la trayectoria solar según dos ejes. Cada uno de los discos parabólicos puede actuar como unidad independiente o bien integrar un conjunto, originando, al operar de forma interconectada, un sistema de mayor potencia. (Fig. 3.22)



Fig. 3.22 Colectores solares parabólicos de una central europea

3.6.2.5.4 SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

A la transformación directa de energía solar en energía eléctrica se verifica a través de instalación de paneles provistos de células fotovoltaicas. Como cualquier onda electromagnética la luz del Sol transporta energía en forma de un flujo de fotones. Cuando los fotones inciden sobre un determinado tipo de materiales, y siempre que existan las condiciones adecuadas, provocan una corriente eléctrica. Es el denominado efecto fotovoltaico.

Las células fotovoltaicas (también llamadas simplemente células solares) son, por tanto, pequeños elementos fabricados con materiales semiconductores cristalinos normalmente silicio, que, cuando son golpeadas por la radiación solar, transforman la energía luminosa en energía eléctrica, en virtud del mencionado efecto fotovoltaico.

Las instalaciones que aprovechan la energía solar a partir de células fotovoltaicas han alcanzado menor difusión que las plantas basadas en sistemas de aprovechamiento por vía térmica. Razones económicas explican, al menos en parte, este diferente nivel de desarrollo entre una y otra modalidad, como se muestra en la Fig. 3.23

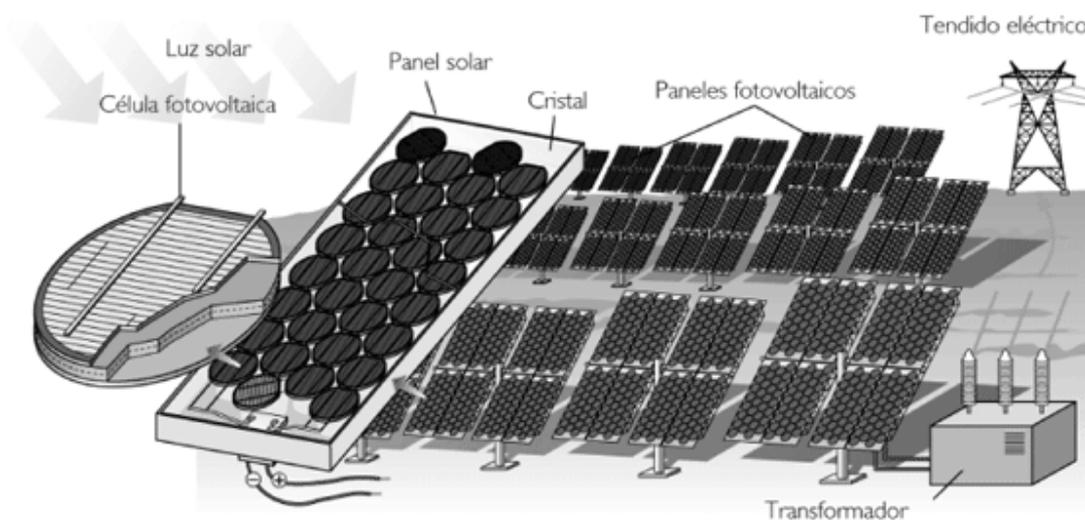


Fig. 3.23 Paneles solares

3.6.2.6 APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR

En lo que sigue se discuten mas detalladamente los principios expuestos en relación con las diferentes aplicaciones de la energía solar para calefacción, enfriamiento y refrigeración de recintos, evaporación y destilación, generación de energía, hornos solares y diferentes usos.

3.6.2.6.1 CALEFACCIÓN SOLAR COMO MEDIO DE BIENESTAR

La calefacción solar tiene interés principalmente por dos razones; en primer lugar, la calefacción para bienestar importa en los EE.UU. aproximadamente un tercio de las demandas totales de energía para calefacción, y en segundo lugar, las módicas temperaturas empleadas para calefaccionar recintos permiten uso de colectores de plancha plana que funcionan a temperaturas relativamente bajas y con rendimiento razonablemente bueno. Los estudios de calefacción domestica indican que el colector de plancha plana orientado en la posición indicada e incluido en la estructura del edificio como parte integrante de ella, es el tipo de colector para esta aplicación. El almacenamiento de calor por transiciones de fase en productos químicos, por calentamiento de lechos de guijarros, con colectores de aire o mediante tanques de agua con colectores calentadores de agua.

El tamaño del colector y el número de unidades de almacenamiento se determinan por la carga de calefacción del edificio, el análisis del tiempo solar y los costos de combustible. Un simple análisis indica el almacenamiento de calor suficiente que se requiere para

satisfacer las demandas caloríficas del edificio durante el periodo nublado mas largo previsto, basado en el registro de datos meteorológicos, si la carga de calefacción ha de provenir totalmente de la energía solar. En el norte de los EE.UU., por ser los ciclos del tiempo muy variables, no es económicamente práctico confiar en la energía solar para toda la carga de calefacción; los análisis indican que deben utilizarse fuentes de calor auxiliares. Estudios detallados del tiempo solar y de los factores económicos, realizados por Hottel y sus colaboradores en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, indican que en Cambridge el sistema de calefacción solar más económico es el que proporciona dos tercios de la carga de calefacción.

3.6.2.6.2 ENFRIAMIENTO Y REFRIGERACIÓN.

El uso de energía solar para enfriamiento de recintos o acondicionamiento de aire tiene atractivo porque hay una buena relación entre el suministro de energía y la demanda de enfriamiento y por la posibilidad de usar una parte de todo el sistema de calentamiento solar para el acondicionamiento del aire. Se han propuesto varios sistemas básicos para el acondicionamiento de aire por energía solar, entre ellos los sistemas de deshumectación y de enfriamiento por absorción de calentados por el sol.

Un esquema de deshumectador activado por el sol, en el cual como desecante se usa trietilenglicol, como se muestra en la figura 3.24. El aire que ha de circular en el espacio acondicionado se deshumedece en una cámara de rociado donde se pone en contacto con el trietilenglicol concentrado y frío.

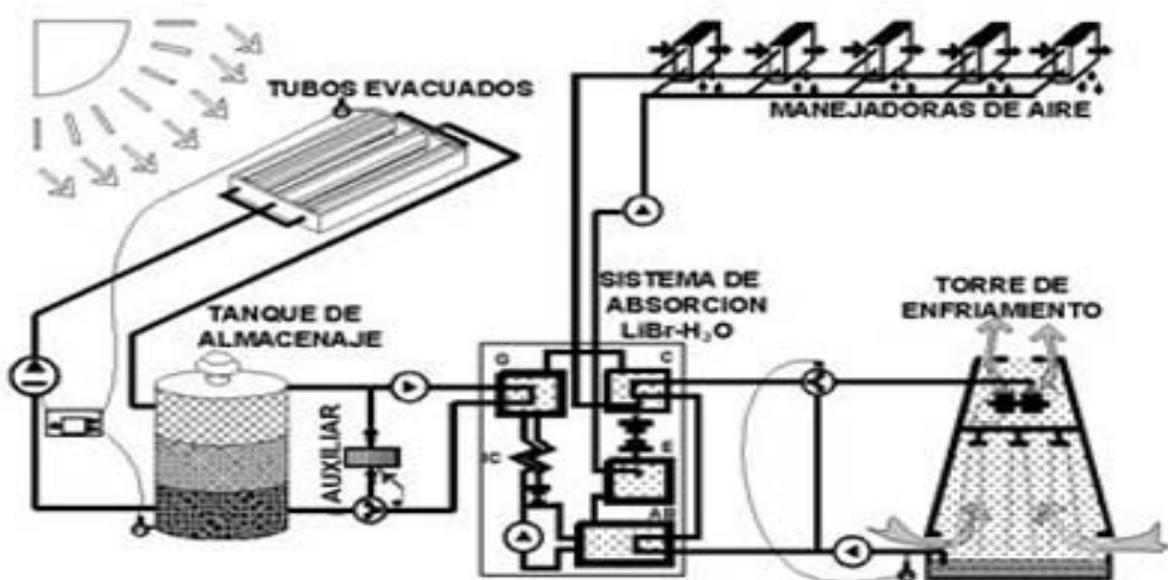


Fig. 3.24 Esquema de una sistema refrigerante solar

La solución de glicol absorbe humedad del aire y vuelve a circular por cambiadores de calor adecuados hasta una cámara de rociado y despojo donde se pone en contacto con el aire calentado por el sol y se seca para volver a circular hacia el absorbente de la corriente de aire que circula hacia la casa y se devuelve a la atmósfera en el aire calentado por el sol que

atraviesa la cámara de despojo. Puede usarse un refrigerante de evaporación para enfriar el aire seco. Este tipo de unidad sería útil en regiones de humedad relativamente alta.

Se ha propuesto el uso de un sistema de refrigeración mecánico en el que el trabajo de compresión se hace por un motor que funciona por la energía del sol, y en el cual el acondicionamiento del aire o del refrigerante sería de diseño convencional. Estos sistemas tienen el inconveniente de que se necesita conversión de energía calórica a mecánica. Otro método es el uso de calor en los refrigerantes de tipo de absorción. La figura 5 es un diagrama de un ciclo posible para refrigeración por absorción de un sistema de tipo solar. La energía del sol se usa para calentar un fluido que circula por un generador o rehedidor de la unidad de refrigeración por absorción. La unidad de absorción funciona de modo corriente, como en acondicionador de aire por gas de Servel, con las modificaciones necesarias en el diseño según el nivel de temperatura de que se puede disponer con los colectores que se usan. También sería posible usar el colector solar como rehedidor o generador y evitar de este modo el uso de un fluido intermedio para la transferencia de calor y de un cambiador térmico.

3.6.2.6.3 HORNOS SOLARES

Los hornos solares son reflectores parabólicos o lentes construidos con precisión para enfocar la radiación solar en superficies pequeñas y de este modo poder calentar "blancos" a niveles altos de temperatura. El límite de temperatura que puede obtenerse con un horno solar está determinado por el segundo principio de la termodinámica como la temperatura de la superficie del sol, esto es 6000 °C, y la consideración de las propiedades ópticas de un sistema de horno limita la temperatura máxima disponible. Se han usado hornos solares para estudios experimentales hasta 3500 °C y se han publicado temperaturas superiores a 4000 °C. Las muestras pueden calentarse en atmósferas controladas y en ausencia de campos eléctricos o de otro tipo si así se desea.

El reflector parabólico tiene la propiedad de concentrar en un punto focal los rayos que entran en el reflector paralelamente al eje.

Como el sol comprende un ángulo de 32', aproximadamente, los haces de rayos no son paralelos y la imagen en el foco del receptor tiene una magnitud finita. Como regla empírica, el diámetro de la imagen es aproximadamente la razón de longitud focal/111. La longitud focal determina el tamaño de la imagen y la abertura del reflector la cantidad de energía que pasa por el área focal para una velocidad dada en incidencia de radiación directa. El cociente entre la abertura y la longitud focal es, pues, una medida de flujo de energía disponible en el área focal y con arreglo a este flujo se puede calcular una temperatura de cuerpo negro.

La utilidad de los hornos solares aumenta con el uso de heliostatos, o espejo plano móvil, para llevar la radiación solar al reflector parabólico. Esto permite el montaje estacionario de una parábola de ordinario en posición vertical, con lo cual se pueden colocar aparatos para atmósfera controlada y movimiento de muestras, soportes de blancos, y otros, sin necesidad

de mover todo el equipo. El poder de reflexión del heliostato varía de 85 a 95% según su construcción, por lo que resulta para el horno una pérdida de flujo del 5 al 15%, y la disminución correspondiente a las temperaturas que se alcanzan. La tabla III muestra algunas propiedades de cuatro hornos solares.

Se construyen hornos solares de hasta 3 metros de diámetro con espejos de una sola pieza de aluminio, cobre o de otros elementos y se han construido hornos mas grandes de múltiples reflectores curvos.

El reflector o blanco usado en los hornos solares puede ser de varias formas. Las sustancias pueden fundirse en si mismas en cavidades de cuerpo negro, encerrarse en envoltura de vidrio o de otra materia transparente para atmósferas controladas, o introducirse en un recipiente rotatorio "centrifugo". (Fig. 3.25)



Fig. 3.25 Horno solar

3.6.2.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR

VENTAJAS

MEDIO AMBIENTALES

- No contamina: No produce emisiones de CO₂ ni de otros gases contaminantes a la atmósfera.
- No consume combustibles.
- No genera residuos
- No produce ruidos
- Es inagotable

SOCIO-ECONÓMICAS

- Su instalación es simple

- Requiere poco mantenimiento
- Tienen una vida larga (los paneles solares duran aproximadamente 30 años)
- Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- No existe una dependencia de los países productores de combustibles.
- Instalación en zonas rurales - desarrollo tecnologías propias.
- Se utiliza en lugar de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general
- Venta de excedentes de electricidad a una compañía eléctrica.
- Tolera aumentar la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.

DESVENTAJAS

- Su elevado costo. Una instalación que cubriera las necesidades de una familia podría costar más de 579, 799.81 pesos mexicanos, lo que la hace cara para uso doméstico.

3.6.3 ENERGÍA EÓLICA

El viento es una de las más antiguas fuentes de energía conocidas. Ya desde algunos milenios, los convertidores de energía eólica eran conocidos en Persia y en la China.

Durante muchísimos años los barcos de vela constituyeron una importante utilización de la energía eólica. En el siglo pasado, los convertidores de energía eólica se utilizaban especialmente para accionar molinos, para moler granos y bombear agua.

Durante muchas décadas se han utilizado rotores muy pequeños a fin de suministrar energía eléctrica y calefacción a granjas y casas situadas en lugares apartados, para abastecer de energía a estaciones meteorológicas y de retransmisión, e igualmente para bombeo de agua y ventilación en estanques de piscicultura, etc. Las posibilidades de utilización van en aumento, debido a la tecnología y materiales mejorados, e igualmente debido a los fuertes aumentos en los precios de la energía primaria. El aprovechamiento de la energía eólica constituye una fuente de energía sumamente atractiva y ventajosa, no solamente para las empresas de servicios públicos, sino para la economía de un país en general.

3.6.3.1 ¿QUE ES LA ENERGÍA EÓLICA?

Hoy en día todos entendemos a la energía eólica, es la producida por el viento. El viento es una manifestación indirecta de la energía solar, ésta se produce como resultado del diferente grado de calentamiento de la superficie terrestre por los rayos solares y por el movimiento de rotación de la tierra sobre si misma (fuerza de Coriolis). Se considera que un 0.7 por ciento de la radiación solar incidente en las capas altas de la atmósfera, acaba transformada en la energía cinética de los vientos (2,3 W/m²), aunque mediciones directas dan valores

ligeramente superiores (de 4 a 10 W/m²). Considerando que la aportación del sol en su interacción con el sistema de la atmósfera tierra es de 172.000 TW (un TW son 1.000 megawattios), sólo 1.200 TW están destinados a mantener la circulación general de la atmósfera, es decir los vientos.

En estas centrales, la energía mecánica del viento mueve las aspas de un **aerogenerador**. En el interior, este movimiento se transmite a un generador de energía eléctrica. Igual que en el caso de las centrales solares, existe un fuerte condicionante geográfico, pues el sistema solo es rentable en áreas con fuertes vientos.

El número de palas óptimo de la turbina depende de la velocidad del viento, la estabilidad cuando se mueve, el rendimiento y el peso y el precio de los materiales.

Cuando el viento sopla a velocidades muy altas, es suficiente con un número pequeño de palas. Además, los aerogeneradores con un número impar de palas son más estables.

El contenido energético del viento depende de su velocidad. Cerca del suelo, la velocidad es baja, pero aumenta rápidamente con la altura. Cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más frenará éste al viento. Sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y en contrapunto con más sobre las colinas, pero en grandes valles y terreno montañoso nos encontramos con el efecto túnel que puede proporcionar buenas velocidades de viento. No obstante, el viento sopla con más fuerza sobre el mar que en tierra. Es por esto, que las mejores localizaciones para las turbinas se encuentren en el mar, sobre colinas, cercanas a la costa y con poca vegetación.

Un aerogenerador obtiene su potencia de entrada convirtiendo la fuerza del viento en un par (fuerza de giro) actuando sobre las palas del rotor. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento.

Molino es una máquina que transforma el viento en energía aprovechable. Esta energía proviene de la acción de la fuerza del viento sobre unas aspas oblicuas unidas a un eje común. El eje giratorio puede conectarse a varios tipos de maquinaria para moler grano, bombear agua o generar electricidad. Cuando el eje se conecta a una carga, como una bomba, recibe el nombre de molino de viento. Si se usa para producir electricidad se le denomina generador de turbina de viento. Las modernas turbinas de viento se mueven por dos procedimientos: el arrastre, en el que el viento empuja las aspas, y la elevación, en el que las aspas se mueven de un modo parecido a las alas de un avión a través de una corriente de aire. Las turbinas que funcionan por elevación giran a más velocidad y son, por su diseño, más eficaces.

3.6.3.2 CENTRALES EÓLICAS

El aprovechamiento de la energía del viento es antiguo pero en los últimos años se ha desarrollado mucho, aprovechando los progresos en aerodinámica y electrónica de los reguladores. En general, las provincias Argentinas de la región patagónica cuentan con

vientos importantes y constantes, por lo que son muy promisorios para la implantación de granjas eólicas, que son grupos grandes de generadores reunidos en un área favorable. Las estimaciones de los investigadores dicen que debajo del paralelo 42 se podría disponer de una potencia del orden de 1 Mw por Km.2, cifra muy significativa, si se tiene lo dilatado de la región.

Las turbinas eólicas que aparecen en la figura 3.26 se basan en la acción del viento sobre palas. El viento produce dos efectos: arrastre y sustentación. Hay turbinas que actúan por uno u otro efecto o por una combinación de ambos.

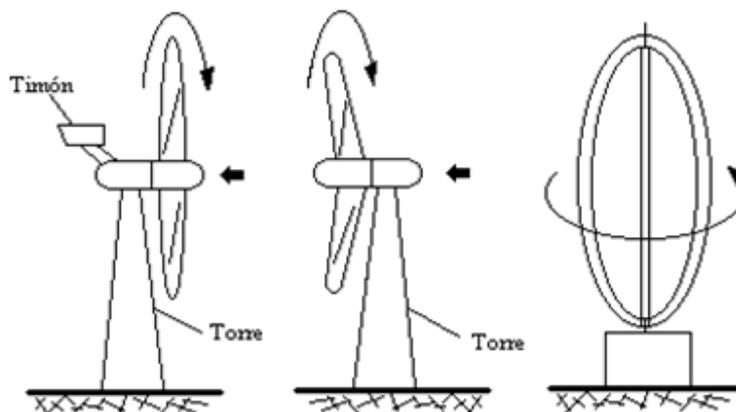


Fig. 3.26 Las turbinas eólicas

Varios son los tipos de turbinas eólicas:

Uno de los problemas que presentan estos generadores es su inconstancia de la velocidad, lo que repercute en la frecuencia de tensión generada. Sin embargo, se han desarrollado equipos de naturaleza electrónica, que permiten varias formas de control de este parámetro.

3.6.3.2.1 GENERADORES ELÉCTRICOS O AEROGENERADORES.

El rotor convierte la fuerza del viento en energía rotatoria del eje, una caja de engranajes aumenta la velocidad y un generador transforma la energía del eje en energía eléctrica.

Tienen un tamaño mediano (de 15 a 30 metros de diámetro, con una potencia entre 100 y 400 Kw.) Algunas veces se instalan en filas y se conocen entonces como granjas de viento.

Existen muy buenas razones para convertirse en propietario de aerogeneradores. Las turbinas son una de las mejores inversiones del momento, los propietarios obtienen un plus financiero y además contribuyen a proteger la naturaleza contra la polución que se generaría al producir energía por medios convencionales. De usarse una central térmica alimentada con carbón, la producción de un aerogenerador de gran tamaño supondría para el medio ambiente su polución con toneladas de dióxido de azufre, compuestos nitrogenados, dióxido de carbono, partículas en suspensión y polvo negro.

3.6.3.2.1.1 PARTES DE UN AEROGENERADOR

Cimientos, generalmente constituidos por hormigón en tierra, sobre el cual se atornilla la torre del aerogenerador. Torre, fijada al suelo por los cimientos, proporciona la altura suficiente para evitar turbulencias y superar obstáculos cercanos; la torre y los cimientos son los encargados de transmitir las cargas al suelo. Chasis, es el soporte donde se encuentra el generador, sistema de frenado, sistema de orientación, equipos auxiliares (hidráulico), caja de cambio, etc. Protege a estos equipos del ambiente y sirve, a su vez, de aislante acústico. El buje, pieza metálica de fundición que conecta las palas al eje de transmisión. Las palas, cuya misión es la de absorber energía del viento.

Las Aspas: El aire pasa sobre la parte superior del aspa más rápido que sobre la parte inferior. La velocidad más alta sobre el aspa provoca un ascenso o tirón hacia arriba que la hace girar sobre el eje que conecta al generador.

Una de las posibilidades para la generación de energía es la de producir hidrógeno licuado que entre los líquidos es el que menor densidad tiene: $0,07 \text{ g/cm}^3$; éste es catorce veces más ligero que el agua, por tanto, un depósito de gas de 15 galones equivaldría a un depósito de 60 galones de hidrógeno licuado. También, el uso de gas hidrogeno e hidrogeno licuado disminuye el peligro de explosión a diferencia del uso del combustible actual. (Fig. 3.27)



Fig. 3.27 parque eólico francés

3.6.3.3 APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA

Las aplicaciones de la energía eólica se pueden clasificar, según su ámbito, como aplicaciones centralizadas, caracterizadas por la producción de energía eléctrica en cantidades relativamente importantes, vertidas directamente a la red de distribución, o aplicaciones autónomas, dentro de las que cabe distinguir el uso directo de la energía mecánica o su conversión en energía térmica o eléctrica.

En el marco de las aplicaciones centralizadas, en las que siempre será necesario que la potencia base de la red la proporcione una fuente de energía más estable, cabe destacar dos grandes tipos de instalaciones eólicas:

Aerogeneradores de gran potencia: se están llevando a cabo experiencias con aerogeneradores en el rango de potencias de los MW con grandes esperanzas, ya que la potencia que se podría instalar sería muy grande.

Parques eólicos: se trata de centrales eólicas formadas por agrupaciones de aerogeneradores de mediana potencia (alrededor de 100 kW) conectados entre sí, que vierten su energía conjuntamente a la red; la generalización de estas instalaciones contribuiría a una importante producción de electricidad de origen eólico en el futuro

Por su parte, las aplicaciones autónomas de máquinas eólicas de pequeña potencia pueden ser rentables en muchos casos, según las condiciones eólicas y las características concretas de las diferentes alternativas que se comparen. Las posibilidades que existen en este ámbito se pueden dividir en tres grupos, según el tipo de energía utilizada en cada caso:

- Energía mecánica: aplicación inmediata en el bombeo de agua por medio de bombas de pistón, de tornillo helicoidal o centrífugas.
- Energía térmica: obtenible a partir de la energía mecánica bien por calentamiento de agua por rozamiento mecánico, o bien por compresión del fluido refrigerante de una bomba de calor.
- Energía eléctrica: aplicación más frecuente, pero que obliga a su almacenamiento o a la interconexión del sistema de generación autónomo con la red de distribución eléctrica.

En resumen, las aplicaciones de la energía eólica de forma autónoma están basadas principalmente en las necesidades de pequeñas comunidades o de tareas agrícolas, pudiendo sintetizarse en los siguientes puntos:

- Bombeo de agua y riego
- Acondicionamiento y refrigeración de almacenes
- Refrigeración de productos agrarios
- Secado de cosechas
- Calentamiento de agua
- Acondicionamiento de naves de cría de ganado
- Alumbrado y usos eléctricos diversos

Asimismo resulta de interés el empleo de aerogeneradores para repetidores de radio y televisión, estaciones meteorológicas e instalaciones similares, situadas lejos de las redes eléctricas. En estos casos hay que prever normalmente un sistema de acumulación por baterías para hacer frente a las posibles calmas.

3.6.3.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA

VENTAJAS

La energía eólica no contamina, es inagotable y frena el agotamiento de combustibles fósiles contribuyendo a evitar el cambio climático. Es una tecnología de aprovechamiento totalmente madura y puesta a punto.

Es una de las fuentes más baratas, puede competir en rentabilidad con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón (considerado tradicionalmente como el combustible más barato), las centrales de combustible e incluso con la energía nuclear, si se consideran los costes de reparar los daños medioambientales.

El generar energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.

Evita la contaminación que conlleva el transporte de los combustibles; gas, petróleo, gasoil, carbón. Reduce el intenso tráfico marítimo y terrestre cerca de las centrales. Suprime los riesgos de accidentes durante estos transportes: limpiezas y mareas negras de petroleros, traslados de residuos nucleares, etc. No hace necesaria la instalación de líneas de abastecimiento: Canalizaciones a las refinerías o las centrales de gas.

La utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad, ya que no se produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.

Al contrario de lo que puede ocurrir con las energías convencionales, la energía eólica no produce ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes. Cada kW/h de electricidad generada por energía eólica en lugar de carbón, evita:

0,60 Kg. de CO₂, dióxido de carbono

1,33 gr. de SO₂, dióxido de azufre

1,67 gr. de NO_x, óxido de nitrógeno

La electricidad producida por un aerogenerador evita que se quemen diariamente miles de litros de petróleo y miles de kilogramos de lignito negro en las centrales térmicas. Ese mismo generador produce idéntica cantidad de energía que la obtenida por quemar

diariamente 1.000 Kg. de petróleo. Al no quemarse esos Kg. de carbón, se evita la emisión de 4.109 Kg. de CO₂, lográndose un efecto similar al producido por 200 árboles. Se impide la emisión de 66 Kg. de dióxido de azufre -SO₂- y de 10 Kg. de óxido de nitrógeno -NO_x- principales causantes de la lluvia ácida.

La energía eólica es independiente de cualquier política o relación comercial, se obtiene en forma mecánica y por tanto es directamente utilizable. En cuanto a su transformación en electricidad, esta se realiza con un rendimiento excelente y no a través de aparatos termodinámicos con un rendimiento de Carnot siempre pequeño.

Al finalizar la vida útil de la instalación, el desmantelamiento no deja huellas.

Un Parque de 10 MW;

Evita	28.480 Tn. Al año de CO ₂
Sustituye	2.447 Tep. (toneladas equivalentes de petróleo)
Aporta	Trabajo a 130 personas al año durante el diseño y la construcción
Proporciona	Industria y desarrollo de tecnología
Genera	Energía eléctrica para 11.000 familias

DESVENTAJAS

- El aire al ser un fluido de pequeño peso específico, implica fabricar máquinas grandes y en consecuencia caras. Su altura puede igualar a la de un edificio de diez o más plantas, en tanto que la envergadura total de sus aspas alcanza la veintena de metros, lo cual encarece su producción.
- Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un impacto visual inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). En este sentido, la implantación de la energía eólica a gran escala, puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que deberá ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.
- Un impacto negativo es el ruido producido por el giro del rotor, pero su efecto no es mas acusado que el generado por una instalación de tipo industrial de similar entidad, y siempre que estemos muy próximos a los molinos.
- También ha de tenerse especial cuidado a la hora de seleccionar un parque si en las inmediaciones habitan aves, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando “pasillos” a las aves, e, incluso en casos extremos hacer un seguimiento de las aves por radar llegando a parar las turbinas para evitar las colisiones.

3.6.4 ENERGÍA GEOTERMICA

Es aquella energía que puede ser obtenida por el hombre mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. El calor del interior de la Tierra se debe a varios factores, entre los que cabe destacar el gradiente geotérmico, el calor radiogénico, etc. Geotérmico viene del griego geo, “Tierra”, y lushi, “calor”; literalmente “calor de la Tierra”.

Se obtiene energía geotérmica por extracción del calor interno de la Tierra. En áreas de aguas termales muy calientes a poca profundidad, se perfora por fracturas naturales de las rocas basales o dentro de rocas sedimentarios. El agua caliente o el vapor pueden fluir naturalmente, por bombeo o por impulsos de flujos de agua y de vapor (lushing). El método a elegir depende del que en cada caso sea económicamente rentable. Un ejemplo, en Inglaterra, fue el “Proyecto de Piedras Calientes HDR” (sigla en inglés: HDR, Hot Dry Rocks), abandonado después de comprobar su inviabilidad económica en 1989. Los programas HDR se están desarrollando en Australia, Francia, Suiza, Alemania. Los recursos de magma (rocas fundidas) ofrecen energía geotérmica de altísima temperatura, pero con la tecnología existente no se pueden aprovechar económicamente esas fuentes.

En la mayoría de los casos la explotación debe hacerse con dos pozos (o un número par de pozos), de modo que por uno se obtiene el agua caliente y por otro se vuelve a reinyectar en el acuífero, tras haber enfriado el caudal obtenido. Las ventajas de este sistema son múltiples:

- Hay menos probabilidades de agotar el yacimiento térmico, puesto que el agua reinyectada contiene todavía una importante cantidad de energía térmica.
- Tampoco se agota el agua del yacimiento, puesto que la cantidad total se mantiene.
- Las posibles sales o emisiones de gases disueltos en el agua no se manifiestan al circular en circuito cerrado por las conducciones, lo que evita contaminaciones.

3.6.4.1 TIPOS DE YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS SEGÚN LA TEMPERATURA DEL AGUA

- Energía geotérmica de alta temperatura. La energía geotérmica de alta temperatura existe en las zonas activas de la corteza. Esta temperatura está comprendida entre 150 y 400 °C, se produce vapor en la superficie y mediante una turbina, genera electricidad. Se requieren varias condiciones para que se dé la posibilidad de existencia de un campo geotérmico: una capa superior compuesta por una cobertura de rocas impermeables; un acuífero, o depósito, de permeabilidad elevada, entre 0,3 y 2 km de profundidad; suelo fracturado que permite una circulación de fluidos por convección, y por lo tanto la transferencia de calor de la fuente a la superficie, y una fuente de calor magmático, entre 3 y 15 km de profundidad, a 500-600 °C. La explotación de un campo de estas características se hace por medio de perforaciones según técnicas casi idénticas a las de la extracción del petróleo.

- Energía geotérmica de temperaturas medias. La energía geotérmica de temperaturas medias es aquella en que los fluidos de los acuíferos están a temperaturas menos elevadas, normalmente entre 70 y 150 °C. Por consiguiente, la conversión vapor-electricidad se realiza con un rendimiento menor, y debe explotarse por medio de un fluido volátil. Estas fuentes permiten explotar pequeñas centrales eléctricas, pero el mejor aprovechamiento puede hacerse mediante sistemas urbanos reparto de calor para su uso en calefacción y en refrigeración (mediante máquinas de absorción)
- Energía geotérmica de baja temperatura. La energía geotérmica de temperaturas bajas es aprovechable en zonas más amplias que las anteriores; por ejemplo, en todas las cuencas sedimentarias. Es debida al gradiente geotérmico. Los fluidos están a temperaturas de 50 a 70 °C.
- Energía geotérmica de muy baja temperatura. La energía geotérmica de muy baja temperatura se considera cuando los fluidos se calientan a temperaturas comprendidas entre 20 y 50 °C. Esta energía se utiliza para necesidades domésticas, urbanas o agrícolas.

Las fronteras entre los diferentes tipos de energías geotérmicas es arbitraria; si se trata de producir electricidad con un rendimiento aceptable la temperatura mínima está entre 120 y 180 °C, pero las fuentes de temperatura más baja son muy apropiadas para los sistemas de calefacción urbana.

3.6.4.2 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD GEOTERMICA

Se produjo energía eléctrica geotérmica por vez primera en Larderello, Italia, en 1904. Desde ese tiempo, el uso de la energía geotérmica para electricidad ha crecido mundialmente a cerca de 8.000 megawatt de los cuales EE. UU. genera 2.700 MW (Fig. 3.28)

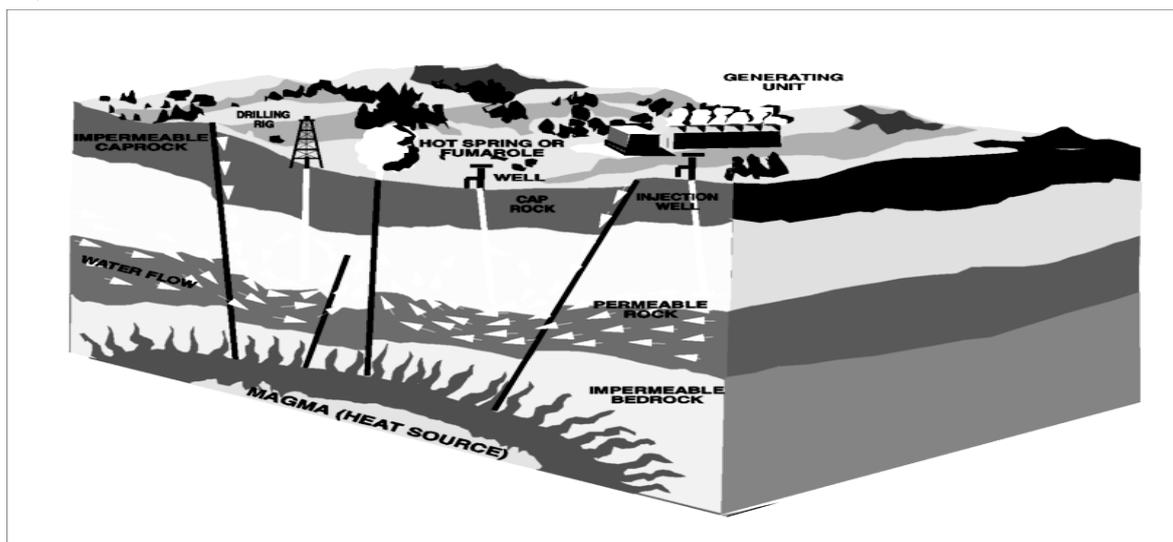


Fig. 3.28 Generación de energía geotérmica

3.6.4.2.1 TIPOS DE PLANTAS ELÉCTRICAS GEOTERMICAS

Tres tipos se usan para generar potencia de la energía geotérmica:

- *vapor seco*
- *flash*
- *binario.*

En las plantas a vapor seco se toma el vapor de las fracturas en el suelo y se pasa directamente por una turbina, para mover un generador. En las plantas flash se obtiene agua muy caliente, generalmente a más de 200 °C, y se separa la fase vapor en separadores vapor/agua, y se mueve una turbina con el vapor. En las plantas binarias, el agua caliente fluye a través de intercambiadores de calor, haciendo hervir un fluido orgánico que luego hace girar la turbina. El vapor condensado y el fluido remanente geotérmico de los tres tipos de plantas se vuelve a inyectar en la roca caliente para hacer más vapor. El calor de la tierra es considerado como una energía sostenible. El calor de la Tierra es tan vasto que solo se puede extraer una fracción, por lo que el futuro es relevante para las necesidades de energía mundial.

3.6.4.3 USOS DE LA ENERGÍA GEOTERMICA

- Generación de electricidad
- Aprovechamiento directo del calor
- Calefacción y ACS
- Refrigeración por absorción
- *Agricultura y acuicultura:* Para invernaderos y criaderos de peces.
- *Extracción de minerales:* Se obtienen de los manantiales azufre, sal común, amoníaco, metano y ácido sulfídrico.
- *Balnearios:* Aguas termales que tienen aplicaciones para la salud.

3.6.4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

VENTAJAS

- Es una fuente que evitaría la dependencia energética del exterior.
- Los residuos que produce son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los originados por el petróleo, carbón...

DESVENTAJAS

- En ciertos casos emisión de ácido sulfhídrico que se detecta por su olor a huevo podrido, pero que en grandes cantidades no se percibe y es letal.
- En ciertos casos, emisión de CO₂, con aumento de efecto invernadero; es inferior al que se emitiría para obtener la misma energía por combustión.
- Contaminación de aguas próximas con sustancias como arsénico, amoníaco, etc.
- Contaminación térmica.
- Deterioro del paisaje.
- No se puede transportar (como energía primaria).
- No está disponible más que en determinados lugares.

3.6.5 ENERGÍA DE CORRIENTES Y MAREAS DEL MAR.

El sistema consiste en aprisionar el agua en el momento de la alta marea y liberarla, obligándola a pasar por las turbinas durante la bajamar. Cuando la marea sube, el nivel del mar es superior al del agua y del interior del río. Abriendo las compuertas, el agua pasa de un lado a otro del dique, y sus movimientos hacen que también se muevan las turbinas de unos generadores de corrientes situados junto a los conductos por los que circula el agua. Cuando por el contrario, la marea baja, el nivel de la mar es inferior al de la ría, porque el movimiento del agua es en sentido contrario que el anterior, pero también se aprovecha para producir electricidad.

La innovación está constituida por la instalación de grupos del tipo "bulbo", que permiten aprovechar la corriente en ambos sentidos, de flujo y de reflujo, de esta forma se utiliza al máximo las posibilidades que ofrecen las mareas.

Cada grupo está formado por una turbina, cuya rueda motriz tiene cuatro palas orientables y va acoplada directamente a un alternador. Funcionan ambos dentro de un cráter metálico en forma de ojiva. (Fig. 3.29)



Fig 3.29 central mareomotriz

La central mareomotriz, con un conjunto de 24 grupos bulbo tiene una importancia de 220 megavatios, además del aporte de energía eléctrica, representa un importante centro de desarrollo e investigación, y que gracias a ella se deben avances tecnológicos en la construcción de estructuras de hormigón dentro del mar, estudios de resistencia de los metales a la corrosión marina y evolución de los grupos bulbo.

Pero el impulso, en el aprovechamiento de esta fuente de energía, se consiguió con la turbina "Strafflo", en experimentación desde 1984 en la bahía de Fundy, en Canadá (donde se dan las mayores mareas del mundo) ahí existe una central de 18 MW. La innovación de este sistema radica en que el generador eléctrico circunda los álabes de la turbina, en lugar de ir instalado a continuación del eje de la misma. De este modo se consigue un aumento de rendimiento, ya que el generador no se interpone en el flujo del agua.

Sencilla es la técnica utilizada para captar la energía desarrollada por las ondas marinas en sus oscilaciones verticales. Basta para ello disponer de varios flotadores provistos de un vástago que se desliza a lo largo de unas guías y cuyos movimientos verticales se transmiten mediante el vástago a generadores eléctricos. (Fig. 3.30)

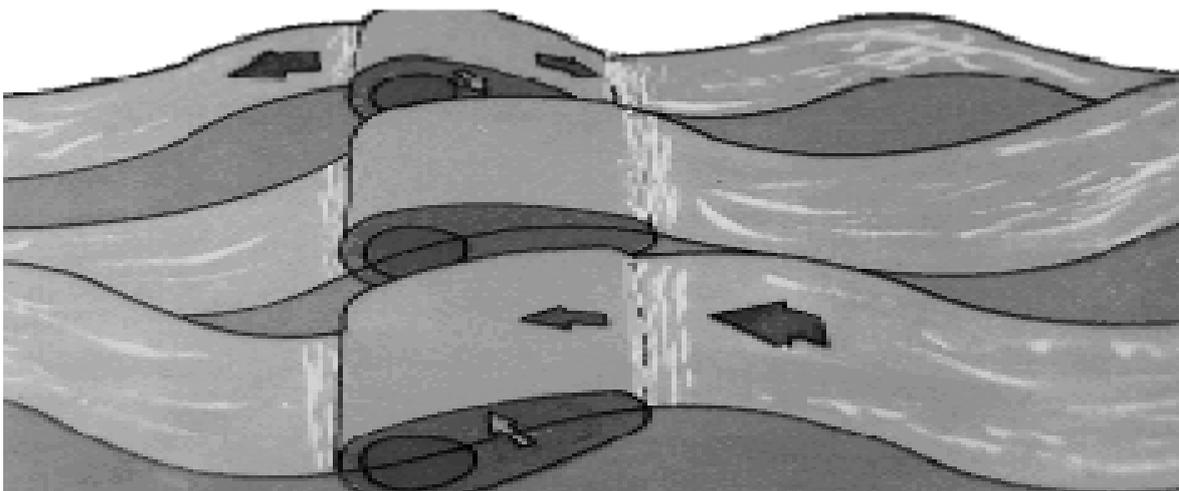


Fig. 3.30 Flotadores de captación de la energía de las corrientes marítimas.

La realización práctica de este tipo de máquina es, sin embargo, muy difícil, pues, a la corta o a la larga, estas máquinas acaban por ser destruidas por el exceso de la potencia que deben captar.

Las mareas son oscilaciones periódicas del nivel del mar. Es difícil darse cuenta de este fenómeno lejos de las costas, pero cerca de éstas se materializan, se hacen patentes por los vastos espacios que periódicamente el mar deja al descubierto y cubre de nuevo.

Este movimiento de ascenso y descenso de las aguas del mar se produce por las acciones atractivas del Sol y de la Luna. La subida de las aguas se denomina flujo, y el descenso reflujó, éste más breve en tiempo que el primero. Los momentos de máxima elevación del flujo se denominan pleamar y el de máximo reflujó bajar.

El calculo de potencia, expresado en caballos vapor, es el siguiente:

$$N = (1000 \times Q \times H \times) / 75$$

Siendo:

Q: Caudal que pasa por la maquina, medido en m³ / segundos.

H: Altura de caída, expresado en metros.

La formula se multiplica por 100 por que 1 m³ de agua equivale a 1000 kilogramos de agua. Se la divide por 75 en virtud de que un caballo vapor equivale a 5 quilográmetros por segundo.

La potencia efectiva **Ne**, de será la indicada anteriormente, multiplicada por el rendimiento **n** de la instalación:

$$Ne = [(1000 \times Q \times H) / 75] \times p$$

El rendimiento depende, además de los rozamientos de la maquina, de la constancia del caudal. El valor del rendimiento esta comprendido entre 0,70 y 0,80.

La dificultad para apreciar la potencia de un salto radica en la variación que experimenta el caudal de agua, lo que exige aforamientos no siempre fáciles de realizar.

3.6.5.1 CENTRALES MAREMOTRICES. APROVECHAMIENTO DE LAS MAREAS.

Las centrales maremotrices basan su funcionamiento en las subidas y bajadas de marea. Lo complicado del emplazamiento de estas centrales se basa fundamentalmente en que deben estar situadas en la desembocadura de un río donde al menos las diferencias entre altura de mareas sea de 5 metros como mínimo. Además, se debe contar con una red eléctrica cercana que supla la intermitencia de la producción dependiente del horario de cuando suban o bajen las mareas.

En el emplazamiento se debe construir diques capaces de contener un gran volumen de agua y se instalan unas compuertas que retengan dicho agua durante la subida de la marea. Una vez que la marea baja, las compuertas se abren dando paso a un salto de agua que hace girar una turbina, que a su vez pone en marcha un alternador. Así se genera electricidad limpia.

Aunque los emplazamientos de las centrales aún están necesitadas de mayor estudio, para un mayor aprovechamiento de los mismos, hay otras centrales que no sólo dejar caer el agua almacenada para generar electricidad, sino que la generan con la subida de la marea también con diques dispuestos en diferentes alturas.

3.6.5.2 CENTRALES DE OLAJE: APROVECHAMIENTO DE LAS OLAS

El oleaje es otra fuente de energía renovable que alberga un gran potencial generador de electricidad limpia. La energía cinética contenida en el movimiento de las olas puede transformarse en electricidad de distintas formas.

Las oscilaciones en la altura del agua puede hacer subir o bajar un pistón dentro de un cilindro, moviendo con ello un generador de electricidad. Otra posibilidad es que el movimiento de las olas desplace el aire en el interior de un cilindro. El aire busca la salida y va a dar a una turbina que, girando, active un generador. Cuando la ola se retira del recinto, el cilindro reabsorbe el aire que había ascendido y el movimiento de ese aire hacia abajo vuelve a mover la turbina.

Para aprovechar el movimiento de subida y bajada del agua durante las mareas se construyen centrales mareomotrices cerca de la costa, como se muestra en la figura 3.31. Aunque la diferencia entre la marea alta y baja en mitad del océano es de apenas 1 m, en algunas costas esta diferencia llega a alcanzar los 15 m. En estas zonas es interesante aprovechar las mareas para generar energía.

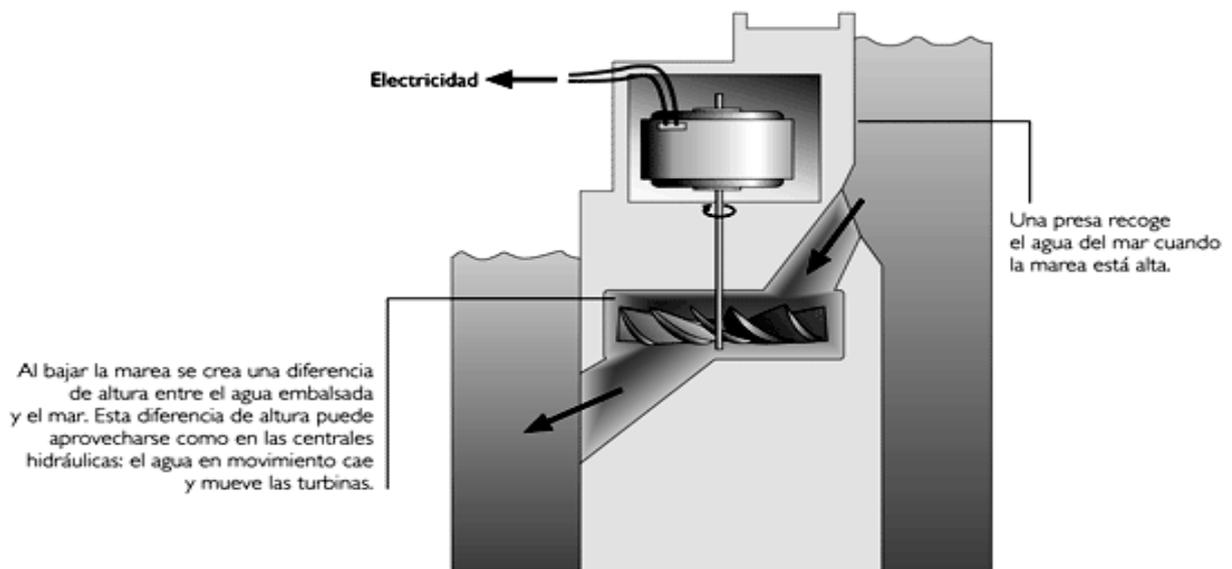


Fig. 3.31 Aprovechamiento de las mareas

3.6.5.3 CENTRALES MAREMOTÉRMICAS: APROVECHAMIENTO DE LAS DIFERENCIAS DE TEMPERATURA.

Esta tecnología es diferente a las otras. La diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y profundas puede accionar un motor térmico, de acuerdo con el principio de las bombas de calor. Actúan de la siguiente manera: a través de un evaporador, un fluido pasa del estado líquido a gaseoso pero absorbiendo parte del calor ambiente. Luego, el vapor recupera su estado líquido en un condensador despidiendo calor en el proceso.

El único inconveniente de este tipo de centrales son que necesitan unas turbinas de gran tamaño, pero para ciudades flotantes futuras podría suministrarles la electricidad necesaria, así como agua dulce y las aguas no contaminadas del fondo marino, permitirían criar peces, mariscos y algas comestibles.

3.6.5.4 ENERGÍA TÉRMICA OCEÁNICA.

Escalante: El molino de Cerroja, en Escalante es el primero que se esta recuperando, con una inversión de 24 millones de pesetas en su primera fase, capital procedente del Ministerio de Medio Ambiente. Totalmente en ruinas, su restauración se esta realizando tomando como modelos fotografías antiguas de principios de siglo y se espera finalizar para finales del mes de diciembre. Se tiene como objetivo de esta restauración, ofrecer una alternativa al turismo de playa, atraer visitantes el resto del año por medio de un turismo agro ecológico y dinamizar económicamente la zona.

Molino de Victoria: (en Noja). Este molino también se intentara reconstruir con el propósito de situar un Aula de Observación de la Naturaleza que permitirá a los investigadores desarrollar estudios sobre la zona. Este edificio se levanto sobre el muro que cierra el embalse y su fachada orientada hacia el sur ha desaparecido.

Molino de Jado: (en el barrio de Ancillo, en Argoña). El proyecto de restauración de este molino cuenta con un presupuesto de 39,9 millones de pesetas, y con el que el alcalde, Joaquín Fernández San Emetrio, pretende en un lugar emblemático que contribuya a un mejor conocimiento del entorno natural y de las tradiciones de Siete Villas. Esta iniciativa ayudara al enriquecimiento del patrimonio monumental y natural del municipio y permitirá organizar múltiples actividades, exposiciones, aula de observación de aves y divulgación del entorno.

Molino de Santa Olaya: (marisma de Joyel) La rehabilitación de este molino cuenta con una subvención de 50 millones de pesetas del Ministerio de Medio Ambiente, proyecto que formara parte de una iniciativa más importante que la de la reconstrucción del molino de Escalante, denominada el "Ecoparque de Trasmiera", que consiste en fomentar el turismo por medio del conocimiento y el aprovechamiento del patrimonio cultural y medioambiental.

Las ventajas de esta fuente de energía se asocian a que es un salto térmico permanente y benigno desde el punto de vista medioambiental. Puede tener ventajas secundarias, tales

como alimentos y agua potable, debido a que el agua fría profunda es rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

Las posibilidades de esta técnica se han potenciado debido a la transferencia de tecnología asociada a las explotaciones petrolíferas fuera de costa. El desarrollo tecnológico de instalación de plataformas profundas, la utilización de materiales compuestos y nuevas técnicas de unión harán posible el diseño de una plataforma, pero el máximo inconveniente es el económico.

3.6.5.5 USO Y APLICACIONES DE LA ENERGÍA MAREMOTRIZ

La utilización de las mareas como fuente de energía montaba varios siglos. Los ribereños de los ríos costeros ya habían observado corrientes que hacían girar las ruedas de sus molinos (a partir del siglo XII), que eran construidos a lo largo de las orillas de algunos ríos del oeste de Francia y otros países en los cuales las mareas vivas son de cierta intensidad. Aún pueden verse algunos de estos molinos en las costas normandas y bretonas francesas. Los progresos de la técnica provocaron el abandono de máquinas tan sencillas de rendimiento, hoy escaso.

Las ideas de Belidor fueron recogidas por otros ingenieros franceses que proyectaron una mareomotriz en el estuario de Avranches, al norte y a 25 Km. De Brest basándose en construir un fuerte dique que cerrase el estuario y utilizar la energía de caída de la marea media, calculando las turbinas para aprovechar una caída comprendida entre 0,5 y 5,6 metros. Los estudios para este proyecto estaban listos a fines de 1923, pero el proyecto fue abandonado.

Otros proyectos se estudiaron en los Estados Unidos para aprovechar la energía de las mareas en las bahías de Fundy y otras menores que se abren en ella, en las cuales las mareas ofrecen desniveles de hasta 16,6 metros. En la Cobscook se construyó una mareomotriz de rendimiento medio, lo cual duró durante pocos años, pues su rendimiento resultaba más caro que las centrales termoeléctricas continentales.

La primera tentativa seria para el aprovechamiento de la energía de las mareas se realiza actualmente en Francia, precisamente en el estuario de Rance, en las costas de Bretaña. Solo abarca 2.000 ha. , pero reúne magníficas condiciones para el fin que se busca; el nivel entre las mareas alta y baja alcanza un máximo de 13,5 metros, una de las mayores del mundo. El volumen de agua que entrara en la instalación por segundo se calcula que en 20.000 m³. , cantidad muy superior a la que arroja al mar por segundo el Rin. Su coste será de miles de millones de francos; pero se calcula que rendirá anualmente más de 800 millones de kv/h. Un poderoso dique artificial que cierra la entrada del estuario; una esclusa mantiene la comunicación de éste con el mar y asegura la navegación en su interior.

El ingeniero Cattaneo de Veltri ideó un dispositivo, que instaló al pie del promontorio rocoso en el cual se asienta la ciudad de Mónaco y con el fin de proveer de agua marina al Museo Oceanográfico de dicha ciudad. Consiste en un pozo de cierto diámetro que comunica por su parte inferior con el mar. A lo largo de este pozo se mueve un pesado

flotador guiado por unas barras de hierro empotradas en la pared de aquél flotador que desciende por el empuje vertical del agua del mar y conforme con las oscilaciones de la superficie de éste. Mediante palancas articuladas, el flotador transmitía su empuje a los vástagos de los émbolos de dos bombas hidráulicas aspirantes impelentes que elevaban el agua hasta el Museo Oceanográfico. Esta máquina, que funcionó una docena de años, acabó por ser destruida por las olas a pesar de su robustez y construcción sencilla. Su rendimiento era reducido y constituyó mas bien una curiosidad que un dispositivo realmente útil.

De los sistemas propuestos, para fijar la energía de las olas, se puede hacer una clasificación, los que se fijan en la plataforma continental y los flotantes, que se instalan en el mar.

Uno de los primeros fue el convertidor noruego Kvaerner, cuyo primer prototipo se construyó en Bergen en 1985. Consiste en un tubo hueco de hormigón, de diez metros de largo, dispuesto verticalmente en el hueco de un acantilado. Las olas penetran por la parte inferior del cilindro y desplazan hacia arriba la columna de aire, lo que impulsa una turbina instalada en el extremo superior del tubo. Esta central tiene una potencia de 500 KW y abastece a una aldea de 50 casas.

El pato de Salter, que consiste en un flotador alargado cuya sección tiene forma de pato. La parte más estrecha del flotador se enfrenta a la ola con el fin de absorber su movimiento lo mejor posible. Los flotadores giran bajo la acción de las olas alrededor de un eje cuyo movimiento de rotación acciona una bomba de aceite que se encarga de mover una turbina.

La dificultad que presenta este sistema es la generación de electricidad con los lentos movimientos que se producen.

Balsa de Cockerell, que consta de un conjunto de plataformas articuladas que reciben el impacto de las crestas de las olas. Las balsas ascienden y descienden impulsando un fluido hasta un motor que mueve un generador por medio de un sistema hidráulico instalado en cada articulación.

Rectificador de Russell, formado por módulos que se instalan en el fondo del mar, paralelos al avance de las olas. Cada módulo consta de dos cajas rectangulares, una encima de la otra. El agua pasa de la superior a la inferior a través de una turbina.

- Boya de Nasuda, consiste en un dispositivo
- Flotante donde el movimiento de las olas se aprovecha
- De baja presión que mueve un generador de electricidad.

3.6.5.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

VENTAJAS

- Auto renovable.
- No contaminante.
- Silenciosa.
- Bajo costo de materia prima.
- No concentra población.
- Disponible en cualquier clima y época del año.

DESVENTAJAS

- Impacto visual y estructural sobre el paisaje costero.
- Localización puntual.
- Dependiente de la amplitud de mareas.
- Traslado de energía muy costoso.
- Efecto negativo sobre la flora y la fauna.
- Limitada.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL USO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS.

4.1 EL USO DE TECNOLOGÍAS FUTURAS, PARA VIVIR UN MEJOR PRESENTE.

Prácticamente en los todos hogares, oficinas, empresas, escuelas, laboratorios, etc., así como los equipos eléctricos y electrónicos que en todos estos lugares se encuentran, necesitan energía eléctrica para realizar sus funciones. El solo mencionar algunos equipos nos llevaría varias paginas, lo cual demuestra que estos equipos han pasado de ser un objeto de lujo a una necesidad haciendo más sencilla la vida cotidiana de las personas, es decir, que el mundo como lo conocemos hoy en día seria completamente diferente si se careciera repentinamente de la energía eléctrica.

Los diferentes métodos de generar de la energía eléctrica han evolucionado a través del tiempo y es de suma importancia para nosotros señalar que algunos de estos métodos que se emplean para la generación de energía eléctrica contaminan nuestro planeta.

Por ello la búsqueda de soluciones resulta compleja y solamente se llegará a ellas con la participación de especialistas de áreas muy diversas: científicos, ingenieros, economistas, sociólogos, etc. para tratar de contener la generación de ciertos residuos especialmente todos los que son perjudiciales para el medio ambiente (los clorofluorocarburos (CFC)), compuestos responsables de la destrucción de la capa de ozono, de los gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento de la Tierra.

Las energías verdes también llamadas energías limpias, son un término que describe la energía generada a partir de fuentes de energía primaria respetuosas del medio ambiente. Estos tipos de energías son renovables y no contaminan, es decir, que el modo de obtención y uso no emite subproductos que puedan incidir negativamente en el medio ambiente.

Este es el principio fundamental en el que se basan las nuevas tecnologías que permitirán generar electricidad sin dañar el medio ambiente. Estos tipos de energías están cobrando mayor importancia, pues permiten disminuir la dependencia de las fuentes tradicionales de energía (como petróleo y gas natural) y aumentar la independencia energética de cada país.

El origen del problema energético lo podríamos resumir con una simple razón, saber que los recursos de la Tierra son limitados, y que vivimos en una sociedad de consumo que nos obliga por necesidad a ser cada vez más consumistas para mantener la propia sociedad.

Estas pueden ser algunas de las causas del problema medioambiental, para el que todavía no hay soluciones definitivas. Sin embargo, ante la realidad de que el planeta Tierra es limitado en cuanto a los recursos que el hombre necesita para obtener energía y construir su mundo, podemos apuntar ciertas alternativas.

Entre ellas estaría la sustitución de los recursos que se agotan por otros inagotables, como los de la energía renovable, que no contaminan y se renuevan.

El problema de la actual sociedad de consumo no tiene fácil solución, desde que se conoce la existencia del hombre, éste utiliza los recursos de su entorno para vivir de una forma más cómoda. Cuanto más consume de estos recursos, mejor es su confortabilidad, de hecho los habitantes de los países industrializados consumen 10 veces más energía que un habitante de un país en proceso de desarrollo.

La sociedad de consumo se ha convertido de esta manera en un círculo vicioso que cuando se empieza ya no se puede parar, el consumo es la fórmula para que la sociedad funcione y no desaparezca. Pero con un agravante: para que esta maquinaria siga funcionando hay que consumir cada vez más.

La importancia de la energía eléctrica en el mundo actual hace que se inviertan enormes cantidades de recursos para la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías para generar energía eléctrica y nuevos proyectos, que incluyen mejoras en la eficacia en las tecnologías ya existentes.

Con estos principios, descartamos todos los Hidrocarburos, cuya dependencia la estamos sufriendo y la energía nuclear que es mucho más cara que el petróleo, su instalación exige cuantiosos capitales y son inaceptables los contaminantes atómicos que irradian energía hasta por 5 años. También descartamos las biomásas, por quemar y producir CO₂ y por la escasez de suelos para alimentos, situación crítica creciente. A la naturaleza le es imposible reponerse a la velocidad con la que se le extraen sus recursos, base de la vida y del sistema económico. Hay que ver la calidad de vida de forma diferente a como la vemos ahora. Se trata de un paso lógico para no hacer desaparecer nuestros recursos naturales ni nuestras fuentes de energía no renovables.

Hasta el momento en estos últimos tres capítulos de este trabajo hemos mencionado conceptos históricos y conceptos básicos de la energía eléctrica, así como los diferentes métodos de generación de esta energía, sus ventajas y desventajas.

En este último capítulo mencionaremos y analizaremos de manera general algunas de las muchas nuevas tecnologías, sabiendo que con algunas de estas se sigue experimentando ya que se encuentran en su etapa de desarrollo, pero algunas otras nuevas tecnologías ya tienen aplicación y hasta el momento han tenido más y mejor eficacia de lo que se esperaba.

A continuación mencionaremos la primera de estas energías alternativas:

4.2 COGENERACION DE ENERGIA Y CAPTURA DE CO₂

El químico Svante A. Arrhenius descubrió en 1896 que el equilibrio radioactivo de la Tierra dependía en gran medida de la capa protectora de dióxido de carbono (CO₂). Durante 150,000 de años el contenido de dióxido de carbono en la atmosfera se han mantenido en un valor constante de unas 270 partes por millón (ppm). El dióxido de carbono atrapa los rayos

infrarrojos que salen de la Tierra y es responsable de que la temperatura de la superficie terrestre sea unos 30 grados más cálida que si no existiera. Esto ha tenido un efecto crucial en el desarrollo de la vida misma, ya que sin este efecto invernadero, la mayoría del agua en la Tierra sería hielo. El dióxido de carbono es uno de los gases más abundantes en la atmósfera y juega un papel importante en los procesos vitales de plantas y animales, tales como la fotosíntesis y la respiración.

Sin embargo, el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera se ha incrementado desde 1850 alcanzando 360 ppm. El mayor motivo de este aumento es el incremento progresivo de la combustión de carbón, petróleo y gas para obtener la energía necesaria a fin de mantener nuestro estilo de vida.

Los habitantes del oeste de Europa gastan tres toneladas de petróleo, o su equivalente en gas o carbón, por persona en un año, mientras que en Estados Unidos el gasto es de ocho toneladas por persona cada año y se espera que en el año 2020 el consumo alcance los 14,000 millones de toneladas anuales. Gran parte de este aumento de la demanda proviene del mundo en vías de desarrollo. En China se queman 1,000 millones de toneladas de carbón y se estima que en muy poco tiempo esta cifra se incrementará a 1,500 millones de toneladas.

4.2.1 ¿CÓMO LOGRAR LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES?

Para evitar las grandes emisiones de CO₂ existen diversos métodos, uno de estos métodos sería quemar menos combustibles fósiles y en especial, combustibles ricos en carbono como el carbón y el petróleo, se estima que la demanda creciente de los combustibles no renovables como el petróleo y gas natural durarán unos cincuenta años y las de carbón unos doscientos años, para lograr la reducción de dióxido de carbono otro método a utilizar sería la llamada cogeneración de energía y la captura de CO₂.

La cogeneración de energía es un proceso eficiente, en cuanto a que contribuye al ahorro energético y disminuye los niveles de contaminación. Su eficiencia se fundamenta en el aprovechamiento del calor residual en la producción de electricidad.

Los sistemas de cogeneración producen simultáneamente energía eléctrica, energía mecánica y calor. El calor se aprovecha para generar energía térmica útil. Esta es la razón por la que han de estar asociados a un centro consumidor de energía térmica.

Una central de cogeneración de electricidad-calor (Fig. 4.1) funciona con turbinas o motores de gas. El gas natural es la energía más empleada para hacer funcionar estas grandes o pequeñas instalaciones de cogeneración, pero también pueden utilizarse otras fuentes de energía e incluso residuos.

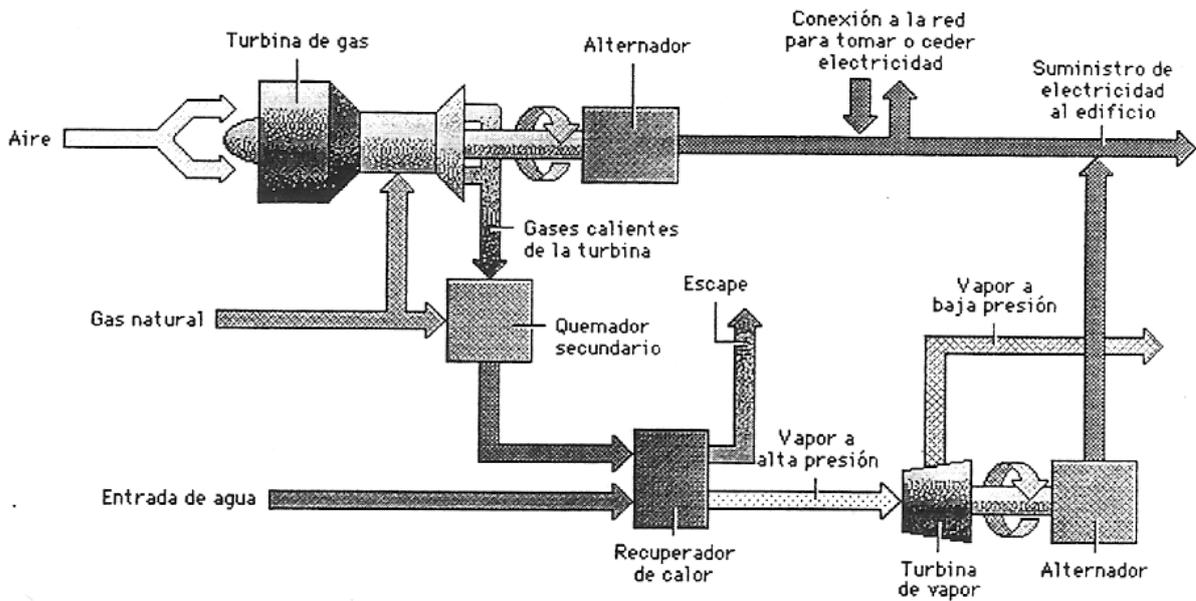


Fig. 4.1 Cogenerador de energía.

Los sistemas de cogeneración reciclan la energía perdida en el proceso primario de generación (en este caso, una turbina de gas), en un proceso secundario la energía restante se emplea (en este caso en forma de vapor) directamente en las cercanías de la central, lo que aumenta aun más la eficiencia global del sistema

La cogeneración ahorra energía mediante la producción combinada de calor y electricidad, a diferencia de otros procesos energéticos en los que se obtiene sólo energía eléctrica.

Mientras una central eléctrica convencional desaprovecha los humos que salen directamente por la chimenea, los gases de escape de la cogeneración son primero enfriados y transmiten su energía a un circuito de agua caliente/vapor, de esta forma, la utilización de la cogeneración mejora del rendimiento de este tipo centrales y de otras instalaciones.

Entre los beneficios que aporta, además de una disminución del consumo de energía primaria, se encuentra la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

La captura y almacenamiento del dióxido de carbono (CO₂) es una de las nuevas tecnologías que podría limitar las emisiones atmosféricas de carbono derivadas de las actividades humanas. Esta técnica consiste en capturar el CO₂ producido en las centrales eléctricas o plantas industriales, y luego almacenarlo por un largo periodo de tiempo, ya sea en formaciones geológicas del subsuelo, en océanos o en otros materiales.

Este método no debe confundirse con la extinción de carbono, que consiste en eliminar el carbono presente en la atmósfera mediante procesos naturales como el crecimiento de bosques.

La captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) es una de las técnicas que podrían utilizarse para reducir las emisiones de CO₂ provocadas por las actividades humanas. Esta técnica podría aplicarse para aquellas emisiones que provengan de grandes centrales eléctricas o plantas industriales.

El proceso consiste en tres etapas principales:

- Capturar el CO₂ en su fuente, separándolo de los otros gases que se generan en los procesos industriales.
- Transportar el CO₂ capturado a un lugar de almacenamiento apropiado (normalmente de forma comprimida).
- Almacenar el CO₂ fuera de la atmósfera durante un largo periodo de tiempo, por ejemplo en formaciones geológicas subterráneas, en las profundidades oceánicas o dentro de ciertos compuestos minerales.

4.2.2 ¿CÓMO PUEDE CAPTURARSE EL CO₂?

Las plantas de generación de energía eléctrica que usan combustibles como el petróleo, gas y carbón, liberan una gran cantidad de CO₂ cuando se queman. Este CO₂ podría ser capturado y guiado por medio de los gasoductos a un sitio de almacenamiento subterráneo permanente en un depósito geológico las tuberías y después bombeado hasta almacenes bajo tierra.

Uno de los lugares donde se podría almacenar el dióxido de carbono es en agua salina subterránea. El agua subterránea de gran contenido salino disuelve y atrapa sin peligro de fugas el dióxido de carbono, también podría almacenarse en las profundidades del océano por la gran cantidad de agua salina que se encuentra en ellos y en yacimientos de carbón agotados.

De lograrse la captura de CO₂ y su eliminación puedan hacerse de manera práctica, los grandes recursos de carbón existentes en algunos países como los de Estados Unidos, podrían usarse con menos impactos sobre el cambio climático global.

4.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO

El fenómeno fotovoltaico fue descubierto en 1839 y las primeras celdas solares de selenio fueron desarrolladas en 1880. Sin embargo, no fue sino hasta 1950 que se desarrollaron las celdas de silicio monocristalino que actualmente dominan la industria fotovoltaica. Las primeras aplicaciones prácticas se hicieron en satélites artificiales.

En 1958 fueron utilizadas para energizar el transmisor de respaldo del satélite artificial VANGUARD 1, con una potencia de cinco mili watts. Desde entonces las celdas fotovoltaicas han proporcionado energía a prácticamente todos los satélites artificiales.

Aun cuando fueron desarrolladas en el contexto de los programas espaciales, ya para finales de la década de los setentas las celdas fotovoltaicas comenzaban a ser utilizadas en aplicaciones terrestres como energización de pequeñas instalaciones, únicamente unos cuantos Watts de potencia para alimentar pequeños sistemas de radio y televisión rural.

En 1982 se construyó la primera planta fotovoltaica de potencia, con una capacidad de 1MW, en el estado de California en los Estados Unidos. Esta planta genera suficiente electricidad para satisfacer las necesidades de 300 a 400 casas-habitación en su zona de servicio.

Tiempo después en el mismo estado se instaló otra planta fotovoltaica de potencia con una capacidad de 6.5 MW, que produce cerca de 14 millones de caladas hora al año, energía eléctrica suficiente para abastecer las necesidades de más de 2,300 casas típicas en el área.

Las celdas fotovoltaicas individuales tienen una producción eléctrica limitada, la cual puede ser utilizada para operar equipos pequeños tales como juguetes, relojes y calculadoras de bolsillo.

Para incrementar la salida (voltaje y amperaje) de una fuente fotovoltaica, las celdas individuales se unen eléctricamente en diferentes formas. El módulo fotovoltaico es el conjunto más básico de celdas, el cual puede incluir desde menos de una docena hasta cerca de 100 celdas. El panel fotovoltaico comprende grupos de módulos, mientras que el arreglo fotovoltaico es la combinación de paneles en arreglos serie y/o paralelo.

En lo que se refiere a las actividades con sistemas fotovoltaicos conectados a la red; estos comenzaron a implementarse en México a mediados de 1990. Un sistema fotovoltaico experimental de 1.7 KW fue instalado dentro de las instalaciones del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). El sistema estaba conectado a una red de distribución de bajo voltaje (115Volts) y proveía parcialmente la iluminación del edificio administrativo.

Después de dos años de operación y prueba, el sistema fue enviado a la ciudad de Mexicali Baja California, al noroeste de México, y se instaló en una casa habitación para demostrar el concepto de autoabastecimiento en un modo conectado a red.

4.3.1 ¿QUÉ ES UNA CELDA FOTOVOLTAICA?

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad, sin necesidad de equipos mecánicos, como se muestra en la figura 4.2

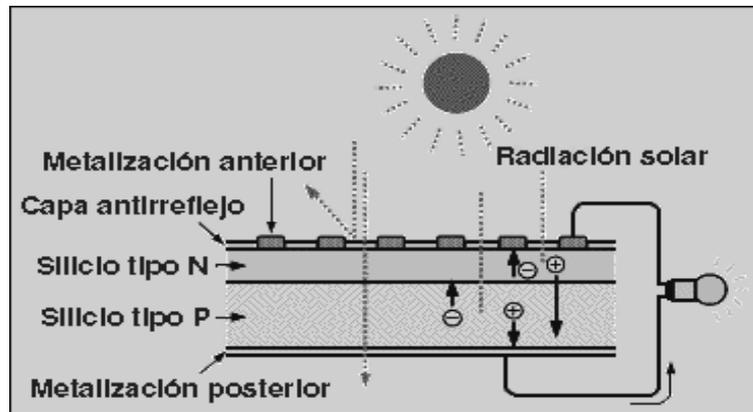


Fig. 4.2 Esquema de una celda fotovoltaica.

Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), están unidas a contactos de metal para completar el circuito eléctrico y encapsuladas en vidrio o plástico, cada una es capaz de generar una corriente de 2 a 4 Amperes, a un voltaje de 0.46 a 0.48 Volts, utilizando como fuente la radiación luminosa.

Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

4.3.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

En un sistema típico, el proceso de funcionamiento es el siguiente: la luz solar incide sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, donde es transformada en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares; esta energía es recogida y conducida hasta un controlador de carga, el cual tiene la función de enviar toda o parte de esta energía hasta el banco de baterías, en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobre carga y sobre descarga; en algunos diseños, parte de esta energía es enviada directamente a las cargas.

La energía almacenada es utilizada para abastecer las cargas durante la noche o en días de baja insolación, o cuando el arreglo fotovoltaico es incapaz de satisfacer la demanda por sí solo. Si las cargas a alimentar son de corriente directa, esto puede hacerse directamente desde el arreglo fotovoltaico o desde la batería; si, en cambio, las cargas son de corriente

alterna, la energía proveniente del arreglo y de las baterías, limitada por el controlador, es enviada a un inversor de corriente, el cual la convierte a corriente alterna.

4.3.3 ELECTRICIDAD FOTOVOLTAICA

Las células solares hechas con obleas finas de silicio, arseniuro de galio u otro material semiconductor en estado cristalino, convierten la radiación en electricidad de forma directa. Ahora se dispone de células con eficiencias de conversión superiores al 30%. Por medio de la conexión de muchas de estas células en módulos, el coste de la electricidad fotovoltaica se ha reducido mucho. El uso actual de las células solares se limita a dispositivos de baja potencia, remotos y sin mantenimiento, como boyas y equipamiento de naves espaciales.

A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica, operación que es muy rentable económicamente pero que precisa todavía de subvenciones para una mayor viabilidad.

El proceso, simplificado, sería el siguiente: Se genera la energía a bajas tensiones (380-800 V) y en corriente continua. Se transforma con un inversor en corriente alterna. Mediante un centro de transformación se eleva a Media tensión (15 ó 25 kV) y se inyecta en las redes de transporte de la compañía.

En entornos aislados, donde se requiere poca potencia eléctrica y el acceso a la red es difícil, como estaciones meteorológicas o repetidores de comunicaciones, se emplean las placas fotovoltaicas como alternativa económicamente viable. Para comprender la importancia de esta posibilidad, conviene tener en cuenta que aproximadamente una cuarta parte de la población mundial no tiene acceso a la energía eléctrica.

4.3.4 ELEMENTOS DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

GENERADOR SOLAR: conjunto de paneles fotovoltaicos que captan energía luminosa y la transforman en corriente continua a baja tensión.

ACUMULADOR: Almacena la energía producida por el generador. Una vez almacenada existen dos opciones:

- Sacar una línea de éste para la instalación (utilizar lámpara y elementos de consumo eléctrico).
- Transformar a través de un inversor la corriente continua en corriente alterna.

REGULADOR DE CARGA: Su función es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, puesto que los daños podrían ser irreversibles. Debe asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficacia.

INVERSOR (opcional): Se encarga de transformar la corriente continua producida por el campo fotovoltaico en corriente alterna, la cual alimentará directamente a los usuarios.

Un sistema fotovoltaico no tiene porque constar siempre de estos elementos, pudiendo prescindir de uno o más de éstos, teniendo en cuenta el tipo y tamaño de las cargas a alimentar, además de la naturaleza de los recursos energéticos en el lugar de instalación. (Fig. 4.3)

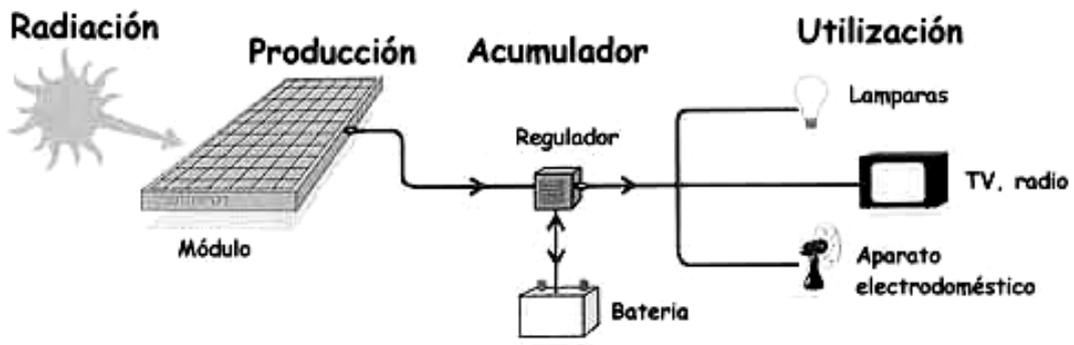


Fig. 4.3 Ejemplo de los elementos que constituyen un sistema fotovoltaico

4.3.4.1 CONVERTIDOR DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) A CORRIENTE ALTERNA (C.A.)

Un convertidor de CD/CA también llamado *inversor*, es un circuito utilizado para precisamente eso, convertir la corriente directa a corriente alterna, generalmente utilizando una batería que nos proporcione 12V CD (Fig. 4.4)

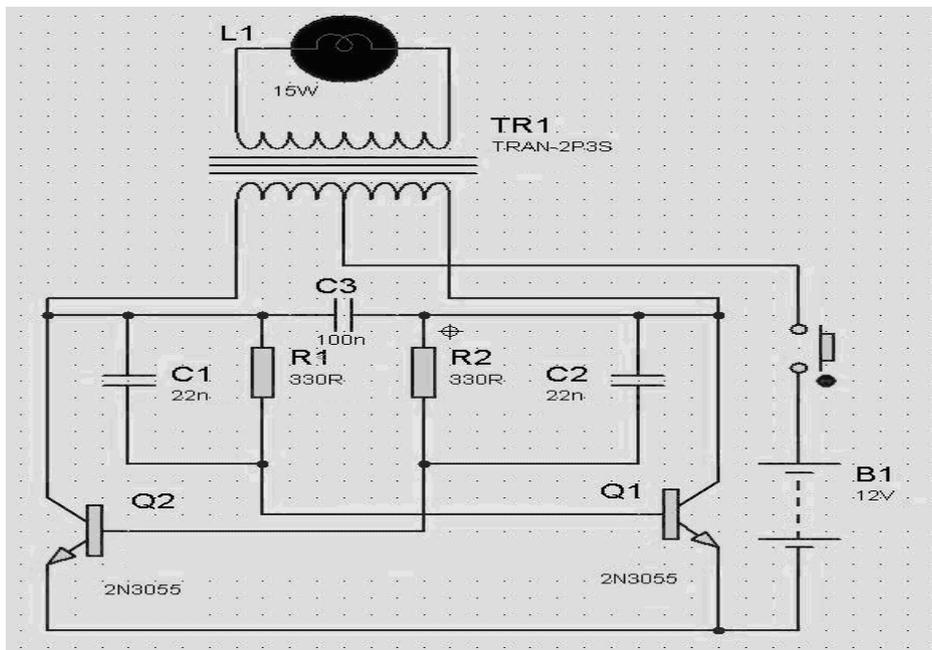


Fig. 4.4 Diagrama de conexión de un convertidor de CD a CA

La idea principal es generar 120V de CA energía con la que trabajan la mayoría de nuestros electrodomésticos. Como la energía que llega a nuestros hogares.

Un ejemplo de este circuito es un UPS “Uninterruptible Power Supply” (Sistema de Alimentación Ininterrumpida), estos aparatos son utilizados habitualmente en los equipos de cómputo, ya que cuando hay cortes de energía eléctrica entran en funcionamiento, manteniendo con energía eléctrica por un determinado tiempo la computadora o cualquier otro aparato conectado al UPS.

4.3.4.2 FUNCIONAMIENTO DE UN CONVERTIDOR DE CD/CA

Al aplicar la tensión de alimentación (V_{cc}), los dos transistores iniciaran la conducción, ya que sus bases reciben un potencial positivo a través de las resistencias R1 y R2, pero como los transistores no serán exactamente idénticos, por el propio proceso de fabricación y el grado de impurezas del material semiconductor, uno conducirá antes o más rápido que el otro.

Supongamos que Q2 (transistor 2) es el que conduce primero. En estas condiciones el voltaje en su colector estará próximo a 0 voltios, por lo que el C1 (capacitor 1) comenzará a cargarse a través de R1 (resistor 1). Cuando el voltaje en C1 alcance los 0,6 V, Q1 (transistor 1) comenzará a conducir, pasando la salida a nivel bajo voltaje próximo a 0V. C2 (capacitor 2), que se había cargado, se descargará ahora provocando el bloqueo de Q2. C2 comienza a cargarse vía R2 (resistor 2) y al alcanzar un voltaje de 0,6 V provocará nuevamente la conducción de Q2, la descarga de C1, el bloqueo de Q1 y el pase a nivel alto.

A partir de aquí la secuencia se repite indefinidamente, dependiendo los tiempos de conducción y bloqueo de cada transistor de las relaciones R1/C1 y R2/C2. Estos tiempos no son necesariamente iguales, por lo que pueden obtenerse distintos ciclos de trabajo actuando sobre los valores de dichos componentes.

Componentes:

- 1 Lámpara de 15 Watts a 117 V.
- 2 Transistores de potencia 2N3055.
- 2 Resistencias de 330 Ohms a 5 Watts.
- 2 Capacitores cerámicos 22nF de 250V.
- 1 Capacitor de 100nF de 400V.
- 1 Batería 12V.
- 1 Transformador 120V a 12V.
- 1 Switch.

4.3.5 APLICACIONES DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Tradicionalmente este tipo de energía se utilizaba para el suministro de energía eléctrica en lugares donde no era rentable la instalación de líneas eléctricas. Con el tiempo su uso se ha ido diversificando hasta el punto que actualmente resultan de gran interés las instalaciones solares en conexión con la red eléctrica.

La energía fotovoltaica tiene muchísimas aplicaciones, en sectores como las telecomunicaciones, automoción, náuticos, parquímetros. También podemos encontrar instalaciones fotovoltaicas en lugares como carreteras, ferrocarriles, plataformas petrolíferas o incluso en puentes, gaseoductos y oleoductos. Tiene tantas aplicaciones como pueda tener la electricidad. La única limitación existente es el coste del equipo o el tamaño del campo de paneles.

Algunos usos:

- Electrificación de viviendas rurales
- Suministro de agua a poblaciones
- Bombeo de agua / riegos
- Naves ganaderas
- Pastores eléctricos
- Telecomunicaciones: repetidores de señal, telefonía móvil y rural
- Tratamiento de aguas: desalinización, cloración
- Señalizaciones (marítima, ferroviaria, terrestre y aérea) y alumbrado público
- Conexión a la red
- Protección catódica
- Sistemas de telecontrol vía satélite, detección de incendios

4.3.5.1 SISTEMAS DE BOMBEO SOLAR

Los sistemas de bombeo alimentados por paneles solares fotovoltaicos pueden proporcionar agua mediante su conexión a bombas, tanto de corriente continua como de corriente alterna. Ofrecen importantes ventajas, así como una fiabilidad eléctrica muy elevada, llegando a un funcionamiento plenamente automatizado. Entre estas ventajas destaca el hecho de que los sistemas de bombeo pueden prescindir de la batería. Como el incremento de las necesidades hídricas coincide con las épocas de mayor radiación solar, suelen ser especialmente útiles en las demandas de cantidades medianas de agua.

Existen diversos tipos de modelos de sistemas de bombeo fotovoltaicos, siendo el más conocido de todos el de accionamiento directo. Otro sistema muy empleado es el método tradicional de extracción de agua mediante bomba de corriente alterna.

A partir de estos elementos, la energía generada por los módulos fotovoltaicos pasa directamente a un inversor, éste transforma la tensión continua en alterna, inyectando la energía producida en la red eléctrica comercial.

4.4 EL HIDROGENO COMO ENERGIA DEL FUTURO

El hidrógeno es el más simple de los elementos químicos y el más abundante del universo, en la tierra existe combinado con otros elementos, como en el agua (H_2O). Es más, muchos de los combustibles que actualmente utilizamos con fines energéticos, tienen en su composición al hidrógeno como por ejemplo la bencina, el gas natural, el propano, el etanol, entre otros.

Son todas estas últimas sustancias, especialmente el gas natural, las que se emplean mayoritariamente para obtener el gas hidrógeno, a través de un proceso, en presencia de calor y vapor de agua, llamado reformado de hidrógeno. También puede emplearse la corriente eléctrica para separar el hidrógeno del oxígeno en un proceso conocido como electrólisis.

Respecto a cuan seguro es el hidrógeno como combustible, debemos decir que, al igual que la bencina, es inflamable, sin embargo, se dispersa y evapora más rápidamente que ella, lo que minimiza eventos explosivos, de hecho, se han sometido tanques con hidrógeno con la válvula de seguridad bloqueada y pequeñas perforaciones a temperaturas de más de $800^{\circ}C$ durante un tiempo mayor a 70 minutos, y si bien algunos se han quemado, ninguno ha explotado. Por complementar este aspecto, podemos decir que el hidrógeno no es tóxico en absoluto mientras que la bencina, que es líquida, y forma charcos (que pueden quemarse fácilmente) y se infiltra en el suelo, es altamente tóxica, por eso es necesario descontaminar (a un alto costo) los sitios donde se derrama, para evitar la contaminación del agua subterránea.

La tecnología, la ciencia y políticas energéticas de los países más desarrollados, están cada vez más definidas por el uso de las celdas de combustibles como medios de producción de energía, basta con mirar a los Estados Unidos, en donde la administración del presidente George Bush ha comprometido inversiones de más de 1.7 millones de dólares en investigación y uso del hidrógeno como combustible.

4.4.1 PILA DE COMBUSTIBLE

La célula o celda de combustible, también llamada mas comúnmente pila de combustible, es un dispositivo electroquímico de conversión de energía similar a una batería, pero se diferencia de esta última en que está diseñada para permitir el reabastecimiento continuo, es decir, que se le inyecte más hidrógeno La celda de combustible produce corriente directa como una batería, pero al contrario de una batería, nunca se descarga.

Además, los electrodos en una batería reaccionan y cambian según como esté de cargada o descargada; en cambio, en una celda de combustible los electrodos son catalíticos y relativamente estables.

Por otra parte las baterías convencionales consumen reactivos sólidos y una vez que se han agotado, deben ser eliminadas o recargadas con electricidad. Generalmente, los reactivos "fluyen hacia dentro" y los productos de la reacción "fluyen hacia fuera". La operación a largo plazo virtualmente continua es factible mientras se mantengan estos flujos.

4.4.2 FUNCIONAMIENTO

En el ejemplo típico de una célula de membrana intercambiadora de protones (o electrolito polimérico) hidrógeno/oxígeno de una celda de combustible, una membrana polimérica conductora de protones (el electrolito), separa el lado del ánodo del lado del cátodo, como se muestra en la Fig. 4.5

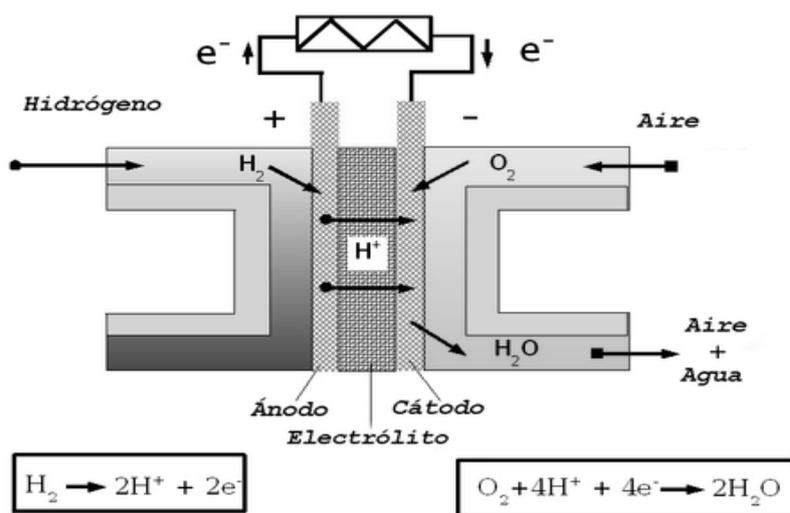


Fig. 4.5 Esquema de funcionamiento de una pila de combustible.

En el lado del ánodo, el hidrógeno que llega al ánodo catalizador se disocia en protones y electrones. Los protones son conducidos a través de la membrana al cátodo, pero los electrones están forzados a viajar por un circuito externo (produciendo energía) ya que la membrana está aislada eléctricamente. En el catalizador del cátodo, las moléculas del oxígeno reaccionan con los electrones (conducidos a través del circuito externo) y protones para formar el agua, el único residuo es vapor de agua o agua líquida.

Es importante mencionar que para que los protones puedan atravesar la membrana, esta debe estar convenientemente humidificada dado que la conductividad protónica de las membranas poliméricas utilizadas en este tipo de pilas depende de la humedad de la membrana. Por lo tanto, es habitual humidificar los gases previamente al ingreso a la pila. Además de hidrógeno puro, también se tiene el hidrógeno contenido en otras moléculas de combustibles incluyendo el diésel, metanol y los hidruros químicos, el residuo producido por este tipo de combustibles además de agua es dióxido de carbono, entre otros.

4.4.3 TENSION DE LAS CELDAS.

La tensión de celda depende de la corriente de carga. La tensión en circuito abierto es de aproximadamente 1.2 volts, para crear suficiente tensión las celdas se agrupan combinándolas en conexiones en serie y en paralelo.

4.5 MOTOR DE HIDRÓGENO

El motor de hidrógeno se ha convertido en una de las alternativas más comentadas para los nuevos vehículos no contaminantes. El hidrógeno posee más potencia en relación energía - peso que cualquier otro combustible, y además no produce ninguna contaminación, ya que sólo libera vapor de agua en su combustión.

El diseño de este motor es básicamente el mismo que el de un motor a gasolina, es decir, un motor que sigue el ciclo Otto, con sus pistones, válvulas y demás sistemas. Esta clase de motores permiten aprovechar las especiales características que presenta el hidrógeno como: la alta velocidad de llama en flujo laminar (se llama flujo laminar, al tipo de movimiento de un fluido cuando éste es perfectamente ordenado y suave, de manera que el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse), alto número de octanos efectivo, ninguna toxicidad lo que no llega a formar ozono.

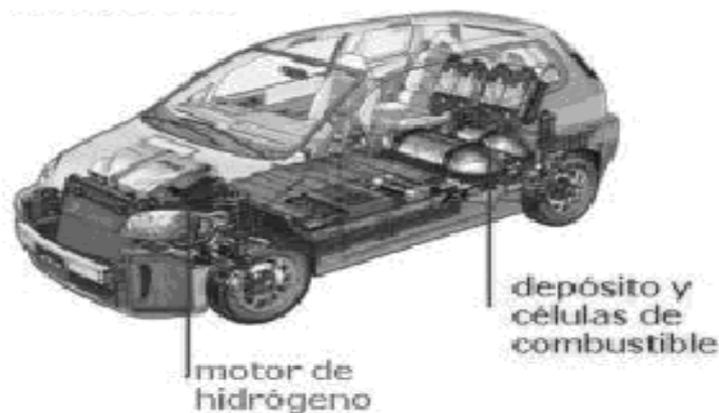


Fig. 4.6 Esquema de un auto concepto de hidrogeno

La mayoría de los automóviles de motor de hidrogeno siguen el diseño del esquema anterior (Fig. 4.6). El motor eléctrico situado debajo del capó, recibe la alimentación desde las células de combustible, que generan electricidad al mezclar el hidrógeno que contiene el depósito de combustible y el oxígeno del aire.

El único residuo que genera esta reacción es vapor de agua. Una celda o célula de combustible como ya se ha comentado anteriormente, es un generador que se basa en procesos químicos para producir energía al combinar el hidrógeno y el oxígeno.

La célula de combustible produce corriente eléctrica como una batería, pero al contrario que ésta, nunca se descarga mientras se disponga de combustible en el depósito de hidrógeno. Una célula de combustible es silenciosa, limpia y eficiente, por lo que nos olvidaremos para siempre de los ruidos del motor.

El diseño de este motor es básicamente el mismo que el de un motor a gasolina, es decir, un motor que sigue el ciclo Otto, con sus pistones, válvulas y demás sistemas. Esta clase de motores permiten aprovechar las especiales características que presenta el hidrógeno como combustible (Fig. 4.7)



Fig. 4.7 Motor de cuatro tiempos de Hidrogeno.

El alto número de octanos permite elevar la relación de compresión que redundará en un aumento del rendimiento energético, mientras que la alta velocidad de llama aumentará también el rendimiento. Con todo esto se han conseguido aumentos del rendimiento del 25 al 30% con respecto a los motores equivalentes en gasolina.

Aunque el motor de hidrógeno, parece la alternativa ideal para sustituir los actuales motores de nuestros coches, existen aún demasiados problemas que impiden ponerlo en práctica.

En estos momentos, aunque parezca lo contrario, los motores de hidrógeno son más contaminantes que los motores híbridos (que combinan gasolina con electricidad), o aquellos que funcionan con biocarburantes. Esto es debido a las dificultades que plantea el producir hidrógeno en masa.

4.5.1 ¿CÓMO SE PRODUCE EL HIDRÓGENO?

Se genera a través del proceso de electrólisis: dos electrodos son sumergidos en agua, y al aplicarse electricidad se obtiene gas hidrógeno del electrodo negativo y oxígeno del positivo. *El proceso sólo es viable si es económico y limpio y si la electricidad que se aplica para generar el hidrógeno también lo es.*

Actualmente el 95 por ciento del hidrógeno que se genera produce dióxido de carbono (CO₂) que como ya se ha mencionado es el responsable del calentamiento de la Tierra, debido a que se utilizan hidrocarburos como fuente de energía. En un futuro, el hidrógeno ya no provendrá de hidrocarburos como el gas natural, sino a través de la separación del hidrógeno del agua mediante la utilización de energías renovables como la eólica o la solar. Por el momento la ‘fabricación limpia’ de hidrógeno es demasiado cara, por ello, aún no se utiliza a gran escala, y los vehículos con este tipo de motor no se ven tan impulsados, como aquellos que funcionan con biocarburantes.

4.6 K.E.R.S “KINETIC ENERGY RECOVERY SYSTEM” (SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA CINÉTICA)

En el territorio del máximo nivel del automovilismo mundial la Formula 1, se ha desarrollado el K.E.R.S. “Kinetic Energy Recovery System” (Sistema de Recuperación de Energía Cinética) que ha sido diseñado y desarrollado por Torotrak y Flybrid Systems con todas las especificaciones impuestas por la FIA (Federación Internacional de Automovilismo) para los coches de la máxima competición del automovilismo.

El K.E.R.S. fue introducido por la FIA para redirigir la mirada de la ingeniería de la Fórmula 1 hacia el desarrollo de tecnologías más ecológicas. (Fig. 4.8)



Fig. 4.8 K.e.r.s. “kinetic energy recovery system”
(Sistema de recuperación de energía cinética)

La energía cinética es la energía almacenada en movimiento y se puede considerar como la energía que se requiere para detener ese movimiento.

Por ejemplo, para detener una bicicleta, un coche o un tren es necesario eliminar su energía cinética. Este sistema de freno regenerativo propuesto para nueva temporada 2009, que permitirá transformar energía cinética derivada del movimiento del monoplaza en energía eléctrica.

4.6.1 ¿QUÉ ES EL SISTEMA K.E.R.S.?

El sistema KERS es una especie de volante de inercia que recibe parte de la energía cinética que se pierde durante las frenadas en forma de calor disipado. Un volante de inercia es un elemento totalmente pasivo, que únicamente aporta al sistema una inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética. Este volante continúa su movimiento por inercia cuando cesa el par motor que lo propulsa. De esta forma, el volante de inercia se opone a las aceleraciones bruscas en un movimiento rotativo. Así se consiguen reducir las fluctuaciones de velocidad angular. Es decir, se utiliza el volante para suavizar el flujo de energía entre una fuente de potencia y su carga.

La idea en general del KERS es recuperar la energía cinética, que es el calor que se pierde en los frenos o el escape. El sistema KERS almacena parte de esa energía, y la pone a disposición del coche.

4.6.2 ¿CÓMO FUNCIONA ESTA NUEVA TECNOLOGIA?

El sistema KERS es un sistema de recuperación de energía cinética, su funcionamiento se basa en la recuperación de la energía que se produce en las frenadas, al frenar se produce una energía en forma de calor que es aprovechada por este sistema, para hacerlo la energía producida hace girar un disco a una gran velocidad, con lo que dicho disco adquiere una gran inercia, este disco esta conectado a un generador eléctrico y a su vez a una batería de litio.

Esta energía almacenada puede ser reutilizada para aumentar la potencia de los motores, una potencia máxima de 60 kW y la liberación de 400 kJ de energía (lo que equivale a 80 hp) en un tiempo muy breve alrededor de 8 segundos. En términos sencillos esto supone una potencia extra de 60kW para impulsar el coche, durante un poco más de 6 segundos, en cada vuelta.

Lo más habitual es eliminar la energía cinética usando frenos de fricción, convirtiendo la energía cinética en calor, con lo cual se contribuye al calentamiento de nuestro planeta, un poco más. Con el KERS, la energía no se pierde, queda almacenada de diferentes maneras: en una batería (energía química), en un volante de inercia (mecánica), en un acumulador (hidráulica) y también de otras muchas formas.

Para mala suerte de esta investigación no se pudo obtener mas información ya que las escuderías se reservan mucho la información pero se sabe que gran parte de las tecnologías que se desarrollan en los automóviles de alta competición son implementadas en los autos comerciales, y en este caso podríamos tener en muy poco tiempo el KERS en nuestros automóviles.

4.7 GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA A BASE DE GAS METANO

Debido principalmente al uso de los combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte se han producido enormes incrementos en las cantidades de gases de efecto invernadero emitidas a la atmosfera, con el agravante de que otras actividades provoca el hombre como las deforestación han limitado la capacidad regenerativa de la atmosfera para eliminarlos.

Estos cambios causan paulatinamente un cambio en la temperatura en nuestro planeta, el llamado cambio climático o calentamiento global que a su vez es el origen de otros problemas ambientales. Los denominados gases de efecto invernadero responsables del efecto antes descrito son: el vapor de agua, el bióxido de carbono, el metano, el oxido de nitrógeno y el ozono.

Se sabe que la basura sufre un proceso de descomposición y fermentación después de depositada en un relleno sanitario es muy difícil predecir tal descomposición debido a la heterogeneidad del material y al poco conocimiento que existe sobre los mecanismos de descomposición que operan en la basura.

Los rellenos sanitarios urbanos de las ciudades generan diferentes gases al momento de la su degradación en materia orgánica en condiciones anaerobias. Dichos gases pueden ser aprovechados para la generación de energía. (Fig. 4.9)



Fig. 4.9 Imagen de un tubo receptor de gas en un basurero.
“Es como si comprarás nuevamente tu propia basura, pero en forma diferente”

El proceso de descomposición de la basura demora entre seis meses y un año para iniciarse, pero luego se mantiene estable durante 20 años, asegurando así el desprendimiento permanente de gas.

4.7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

Este proceso consiste en la construcción y equipamiento de rellenos sanitarios mediante los cuales se controla y almacena la producción del biogas o gas metano.

Se sabe que el gas metano es 21 veces más contaminante que el dióxido de carbono y es producido por los componentes orgánicos de la basura, la función de los rellenos sanitarios es atrapar el gas metano que por lo contrario de no hacerlo se va a la atmosfera y contamina.

En los rellenos sanitarios se produce la descomposición de la materia orgánica sin la presencia de oxígeno, en este tipo de descomposición participan bacterias que como parte de los residuos de su digestión producen gas metano.

En los rellenos sanitarios urbanos (Fig. 4.10) la extracción y aprovechamiento del gas metano se realiza a través de las siguientes fases:

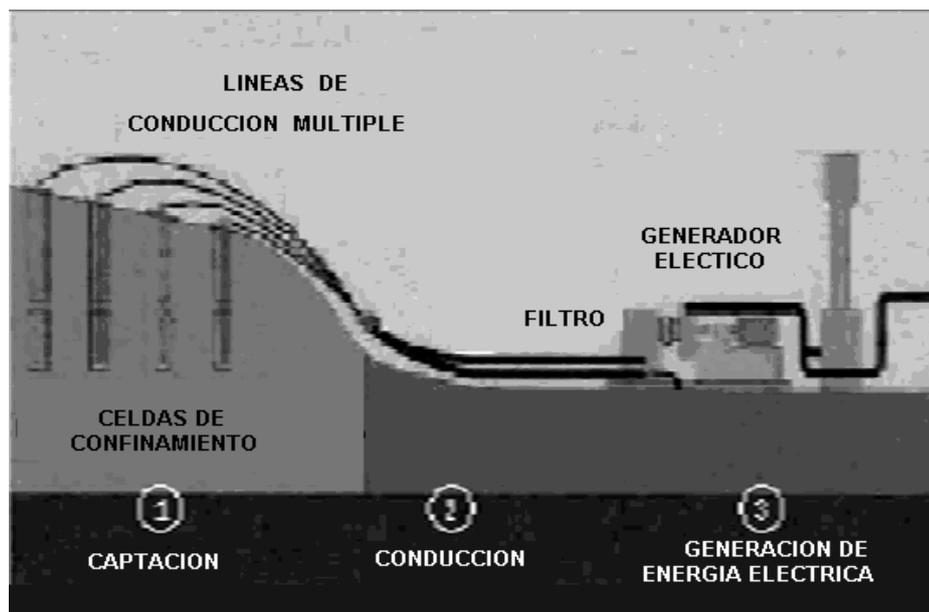


Fig. 4.10 Esquema de las fases de extracción y aprovechamiento del gas metano.

4.7.1.1 PRIMERA FASE.- CAPTACION

En esta primera fase la basura es depositada en celdas de confinamiento del relleno sanitario: Estos son lugares en donde la basura es compactada con maquinaria pesada especial, para que ocupe menos espacio.

El terreno donde se construye uno de estos rellenos está dividido en secciones llamadas celdas. En cada celda se deposita una capa de basura de 2 m de espesor y se cubre con 20 o 25 cm de tierra, de preferencia, compuesta por 50% de arcilla, o limo, como se muestra en la figura 4.11

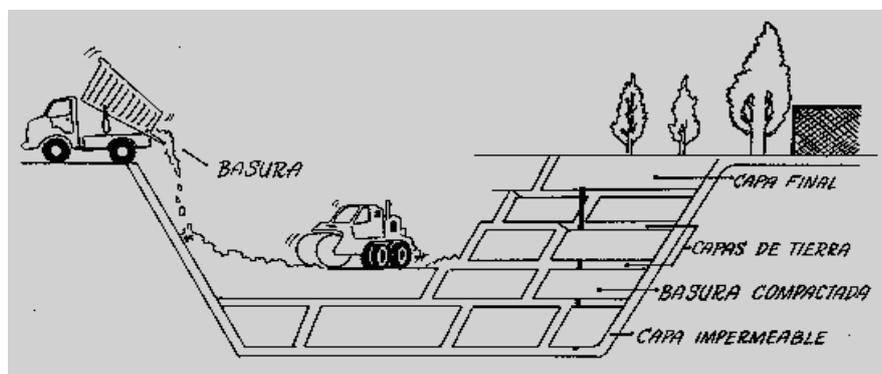


Fig. 4.11 Celdas de confinamiento de un relleno sanitario.

Cuando una celda esta llena, se deposita en la siguiente. Entre las celdas debe de haber un espacio de 15 cm. Cuando todas las celdas han sido ocupadas, se cubren con una capa superficial de tierra, de un mínimo de 60 cm de espesor.

4.7.1.2 SEGUNDA FASE.- CONDUCCION

Líneas de conducción múltiple: se conduce el gas metano de los rellenos sanitarios a través de tuberías de polietileno de alta densidad hasta el centro de aspiración y medición.

Sistema de eliminación de agua: se usan instalaciones frigoríficas para eliminar la mayor cantidad de vapor de agua que arrastra el biogás.

Pozos de captación: a través de tuberías de polietileno de alta densidad captan el biogás en pozos.

Antorcha: las instalaciones de extracción y aprovechamiento de biogás deben tener una antorcha como medida de seguridad para eliminar el biogás que no se aprovecha.

Estación de regulación y medida: se controla la cantidad y calidad del biogás extraído.

4.7.1.3 TERCERA FASE.- GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

El gas que se obtiene en este proceso puede quemarse para generar energía eléctrica, utilizando motores que funcionen a gas, e igualmente se puede aprovechar como combustible para algunos vehículos.

4.8 EL MAGNETISMO Y LAS NUEVAS TECNOLOGIAS PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

El magnetismo se presenta en la naturaleza de dos formas: magnetismo terrestre y la magnetita (óxido de hierro o piedra imán). Existen imanes naturales, artificiales y electroimanes. Todos ellos tienen la característica de atraer materiales ferrosos. La mayoría de los imanes se hacen de aleaciones de hierro, níquel, cobalto y aluminio, en diversas proporciones; en estos, las propiedades magnéticas se deben a la rotación de los electrones.

Los imanes o magnetos ejercen fuerzas entre ellos de atracción y repulsión (al igual que las cargas eléctricas). La fuerza magnética es producida en los polos y se puede representar a través de las líneas de fuerza. Todo imán posee un polo norte y un polo sur. No existen polos magnéticos aislados ya que al dividir un imán, no se aísla un polo, se crean dos imanes menores.

Cuando movemos un imán permanente por el interior de una bobina solenoide formada por un enrollado de alambre de cobre con núcleo de aire, el campo magnético del imán provoca en las espiras del alambre la aparición de una fuerza electromotriz (FEM) o flujo de corriente de electrones.

Este fenómeno se conoce como “inducción magnética”. La existencia de ese flujo de electrones o corriente eléctrica circulando por las espiras del alambre se puede comprobar instalando un galvanómetro (Instrumento que se usa para detectar y medir la corriente eléctrica) en el circuito de la bobina solenoide, tal como se muestra a continuación en la figura 4.12.

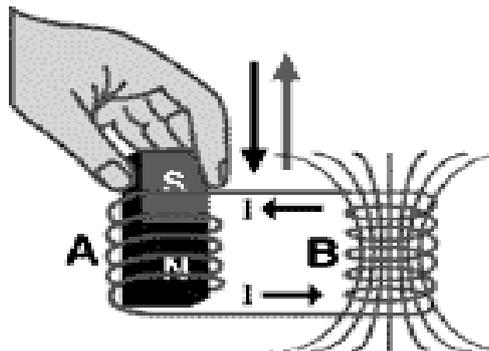


Fig. 4.12 Generación de la corriente eléctrica o fuerza electromotriz

La generación de la corriente eléctrica o fuerza electromotriz que se produce. Por “inducción magnética” cuando movemos un imán por el interior de la bobina solenoide (A), provoca la circulación de corriente eléctrica por la bobina (B) y la aparición a su alrededor de un “campo electromagnético”. Durante todo el tiempo que mantengamos moviendo el imán por el interior de. La bobina (A). Con estas ideas llegamos a las siguientes nuevas tecnologías.

4.8.1 AEROGENERADOR DE LEVITACIÓN MAGNÉTICA

Los molinos de viento actuales, a pesar de tener considerables ventajas como generadores de energía "limpia", tienen un problema fundamental: producen muy poca energía. Hacen falta gigantescas extensiones de terreno plantadas con ellos para producir una potencia razonable. Un aerogenerador típico proporciona una potencia de unos 120 kW, lo cual sólo permite abastecer a unas 25 casas, si hay suficiente viento. El molino de viento más grande que existe es el ENERCON 112 alemán que produce una potencia de hasta 6 MW (Fig. 4.13)



(Fig. 4.13) Aerogenerador Enercon 112

Un problema que tienen los aerogeneradores es su poca eficiencia: capturan una pequeña fracción de la energía cinética del viento y pierden una cantidad considerable debido al rozamiento, independientemente de lo buenos que sean los rodamientos.

Al final ocurre lo habitual en la producción de energía eléctrica: al tener que construir tantos pequeños aerogeneradores poco eficaces, el costo del KW-hora es tan alto que, económicamente no hay comparación con los combustibles fósiles.

Existen factores no económicos muy importantes a tener en cuenta, pero la economía es indudablemente, un obstáculo para el desarrollo de esta tecnología.

4.8.2 FUNCIONAMIENTO

En primer lugar, utiliza la levitación magnética (efecto Meissner: efecto físico que permite “sostener” un objeto flotando sin contacto mecánico alguno con el suelo) para levitar sobre el suelo, de modo que su eficiencia ya es mucho mayor que la de cualquier molino convencional que requiere apoyos físicos. Este aumento de la eficiencia es similar al de los trenes de levitación magnética.

Por otro lado, y en parte gracias a la levitación magnética, el tamaño del aerogenerador es enorme y las palas recogen el viento de manera más eficaz que las habituales, de modo que la potencia producida es muchísimo más grande que la de cualquier molino actual. Además este aerogenerador es capaz de funcionar con cualquier velocidad del viento, en los aerogeneradores actuales si el viento es demasiado fuerte se desconectan.

Es evidente que, a gran escala, los grandes aerogeneradores son los que van a proporcionar soluciones para el problema energético, pero también está claro que esa escala es sólo accesible para las grandes empresas eléctricas.

4.9 AEROELASTICIDAD PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA

Las infraestructuras a pequeña escala, suelen ser caras y no muy eficientes. Muchas familias del tercer mundo, por ejemplo, utilizan generadores de queroseno para producir su energía eléctrica, lo cual (además de peligroso) es caro y contaminante.

Por otro lado, no pueden permitirse paneles solares o aerogeneradores convencionales, que son muy caros y, cuando se rompen, son difíciles (o imposibles) de reparar para ellos.

De ahí que la propuesta de Shawn Frayne sea interesante: este inventor de California ha diseñado un aerogenerador de pequeña escala y bajísimo costo que utiliza el flameo aeroelástico (vibración inducida por el viento en una superficie elástica) para generar energía eléctrica.

4.9.1 FUNCIONAMIENTO

Este sistema funciona de la siguiente manera: una membrana elástica tensa, sujeta por sus dos extremos a un soporte. En cada extremo hay dos bobinas, una sobre la membrana y otra debajo y pegado a la membrana, un imán en cada extremo. Cuando la membrana recibe una corriente de aire, vibra los imanes se mueven entre las dos bobinas muy rápido, variando el flujo del campo magnético que atraviesa las bobinas e induciendo en ellas una corriente eléctrica, como se muestra en la figura 4.14

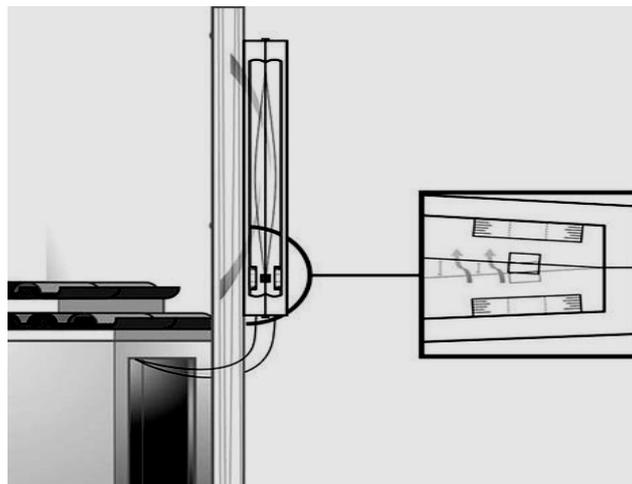


Fig. 4.14 Sistema basado en la aeroelasticidad para obtener electricidad del viento

El resultado es el un generador de energía en miniatura que capta el viento de un modo que nunca se había hecho hasta ahora y totalmente alejado de los molinos de viento que cubren los campos y las costas de la mayor parte de los países desarrollados.

La potencia generada por el prototipo, es muy pequeña solamente es capaz de encender LED's (diodo emisor de luz), un reloj y una radio. Sin embargo pueden hacerse versiones más grandes sin demasiada dificultad.

Sus ventajas, a pequeña escala, son evidentes: el movimiento que se produce en el aparato es de vibración de la membrana, que está anclada en sus extremos. No hay engranajes móviles ni rodamientos, la tira elástica muy pocas veces llega a romperse. Incluso si así fuera, es posible para alguien con pocos recursos tecnológicos reemplazar la tira elástica con relativa facilidad. Comparado con reemplazar un panel solar roto.

4.10 MOLINO MAGNETICO

El molino magnético también recibe el nombre de: unidad repelencia magnética (U.R.M) es un medio alternativo de generación de energía eléctrica, durante muchos años el hombre ha tratado inútilmente de crear un móvil perpetuo artificial que con su energía cinética potencie un dinamo, esto podría llegar a ser posible gracias a unidad de repelencia magnética

Este aparato debido a la simpleza de su estructura, es fácil de construir dando una rápida respuesta a la necesidad energética, de manera ilimitada, limpia y sin consumo de otra energía (Fig. 4.15)

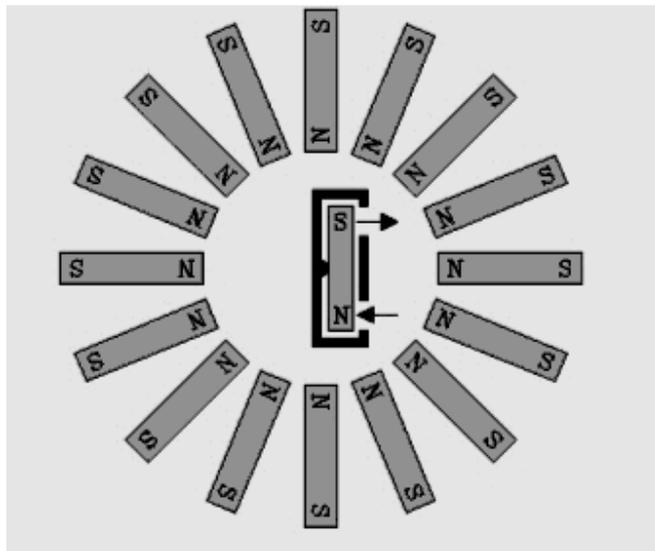


Fig. 4.15 Estructura ideal de un molino magnético

Se piensa que el éxito de la U.R.M., se situara en primera posición sobre los demás medios alternativos de generar energía como son los combustibles fósiles y los biocombustibles la URM no contamina el ambiente, al no despedir gases tóxicos, este aparato utilizara simplemente dos tipos de distintas fuerzas combinadas, que son: la repelencia magnética y la fuerza centrífuga.

También este proyecto esta sobre los demás métodos alternativos de energía limpia como lo son la solar, térmica, geotérmica, hidroeléctrica, eólica, mecánica marítima, etc. Estos métodos están sujetos a las variables condiciones climáticas, desgaste de materiales por estar sometidos a temperaturas extremas.

La URM, tiene la capacidad de evitar el desgaste de sus propias piezas, por crear un campo de repelencia magnética entre sus piezas importantes, prolongando su vida útil.

4.10.1 FUNCIONAMIENTO

La URM consta de un aro u orbital firmemente sujeto a una base, el diámetro del aro esta relacionado proporcionalmente al tamaño de los escudos que se encuentran predispuestos unidireccionalmente en su interior. Esta sucesión de escudos deben estar todos emplazados en dirección de un mismo polo, todos negativos o positivos.

La hélice magnética (HM) que gira sujeta a su propio eje en el interior del aro, consta en sus extremos de escudos o magnetos de cara y casi rozándose con los escudos predispuestos en el aro, para que gire esta hélice, los escudos del interior del aro como los del extremo de la hélice deben de repelerse mutuamente, es decir, mismos signos se repelen; iniciándose inmediatamente una fuerza de repelencia entre los escudos que hacen que la hélice gire en una misma dirección.

Después de la fuerza de repelencia se inicia la fuerza centrífuga que según sea las dimensiones y peso de los escudos en los extremos de la hélice, dará un incremento o decremento en las revoluciones o giros.

Lo anterior, proporcionara una fuerza de torque en el eje de la hélice que es la fuerza resultante que usaremos para mover cualquier dinamo o motor generador de energía eléctrica, quedándonos con la opción de obtener un porcentaje de energía eléctrica extra al conectarla de retorno al aro y así inducirles a los escudos mayor fuerza de repelencia. La URM tiene la capacidad única de auto alimentarse de su misma energía de descarga y convertirla en mayor energía de repelencia para los escudos.

Una de las desventajas de la URM es que, no es capaz de generar energía eléctrica por sí misma, pero si de ejecutar por medio de la repelencia magnética un movimiento mecánico que es el de rotar su hélice obteniendo una fuerza de torque según sus dimensiones, pureza de escudos y porcentaje de carga de su descarga debido a la composición química de los materiales.

Es importante mencionar que la materia prima básica de la cual estarán compuestos nuestro escudos reflectores repelentes son el hierro de máxima densidad molecular, siendo algunos de ellos los mas idóneos el acero manganeso o acero tuxteno, también el mineral de hierro llamado piedra iman (Fe_3O_4) así como los derivados de la magnetita. Los escudos reflectores, deben estar fabricados de una alta pureza metálica, para que tengan mayor repelencia al momento de provocar la cascada magnética de repelencia. Todo este trabajo de ingeniería nace de aplicar las leyes físicas, moleculares y químicas a las que están sujetas los materiales de.

4.11 WITRICIDAD; ELECTRICIDAD INALÁMBRICA

Cuando hablamos de transmisión de energía eléctrica nos viene a la mente el cálculo de diferentes parámetros como; las estructuras principales de la línea, el calibre de los conductores y su temperatura (el alto voltaje que en ellos fluye, provoca su calentamiento y esto contribuye al calentamiento de la Tierra), las torres, los soportes y de vez en cuando la operación y mantenimiento de la línea de transmisión que incluye el control químico de la vegetación dentro del derecho de vía. Estas actividades, más la presencia física de la línea misma, pueden causar impactos ambientales.

La Witricidad es una novedosa tecnología que funciona en base a conceptos conocidos desde hace décadas, creando un campo magnético entre dos "antenas" hechas de bobinas de cobre, una conectada a la fuente de electricidad y otra en el aparato que queremos encender. Estas "antenas" no son otra cosa que resonadores magnéticos, que vibran con el campo magnético creado por la electricidad (Fig. 4.16)

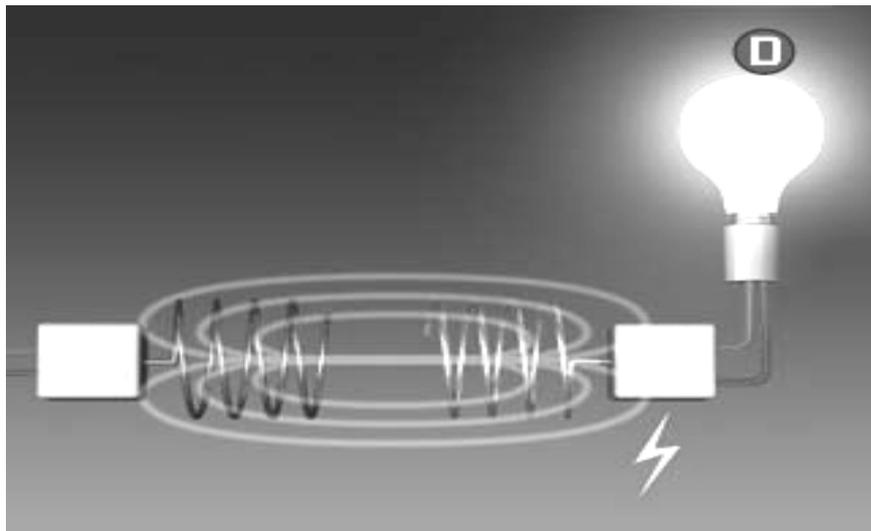


Fig. 4.16 Entre la fuente y el dispositivo no existe ninguna conexión física.

Hay muchos ejemplos típicos de la resonancia, y uno de los más conocidos es el de la cantante de ópera, que al cantar cierta nota rompe copas de cristal. En este caso en vez de utilizar la resonancia acústica, la Witricidad se aprovecha de la resonancia de ondas electromagnéticas de muy baja frecuencia.

4.11.1 ¿QUÉ ES LA WITRICIDAD?

La Witricidad (del inglés WiTricity o wireless electricity) es un término que describe un sistema de transmisión de energía sin cables (al menos por ahora no puede viajar largas distancias, por lo que los enormes postes que transportan la electricidad seguirán decorando los paisajes algún tiempo) desarrollado por investigadores estadounidenses. La Witricidad utiliza los campos de resonancia magnética para disminuir la pérdida de energía.

Los campos de resonancia magnética una región del espacio en la cual una carga eléctrica puntual de valor q que se desplaza a una velocidad, sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad como al campo, llamada inducción magnética o densidad de flujo magnético. Así, dicha carga percibirá una fuerza descrita con la siguiente igualdad.

Un equipo de científicos e ingenieros estadounidenses han demostrado experimentalmente un paso importante hacia el cumplimiento de esta visión de futuro. Conscientes de su reciente predicción teórica, fueron capaces de encender una bombilla de 60W desde una fuente de alimentación situada a siete pies de distancia (más de dos metros).

4.11.2 FUNCIONAMIENTO

El sistema desarrollado utiliza el acoplamiento de objetos resonantes. Como siempre, hablando rápido y mal: muchos sistemas físicos absorben y emiten energía de forma muy eficaz a determinadas frecuencias. Por ejemplo, cuando empujas un columpio, para que llegue muy alto tienes que empujarlo a un ritmo determinado: si lo haces a otro ritmo, estás empujándolo cuando no está en el momento adecuado y no le das toda la energía que deberías (o incluso le quitas energía).

Los ingenieros se han centrado en un tipo específico de resonancia: han acoplado dos bobinas de cobre de la misma frecuencia de resonancia magnética. Una de las bobinas (la fuente) crea un campo magnético no radiactivo a su alrededor de determinada frecuencia (del orden de MHz). En la otra bobina, de la misma frecuencia de resonancia, se induce una corriente eléctrica debida al campo magnético oscilante creado por la primera: si se tratase de inducción “normal”, no tendría suficiente potencia para hacer funcionar nada a una distancia de dos metros, pero la resonancia hace que la segunda corriente sea suficientemente grande como para encender una bombilla.

Al utilizar un campo magnético no radiactivo, lo único que hay alrededor de la bobina fuente es eso: un campo magnético, que puede ser bloqueado por algo (por ejemplo, puedes pasar por delante) sin que pase nada. Además, puesto que el campo magnético está restringido a un área relativamente pequeña alrededor de la fuente, y lo único que puede absorber esa energía eficazmente es un circuito resonante, se pierde muy poca energía sin necesidad de “seguir” al receptor.

4.11.3 ¿ES PELIGROSA ESTA NUEVA TECNOLOGÍA?

Esta nueva tecnología, es completamente segura afirman los desarrolladores, probaron la seguridad del sistema colocándose entre la fuente de electricidad y el dispositivo, y no sufrieron ningún daño por parte del dispositivo.

El cuerpo responde mucho a los campos eléctricos, y es por eso que podemos cocinar pollo en el horno microondas. Pero el cuerpo no responde a los campos magnéticos (como el magnetismo de nuestro planeta Fig. 4.17). Hasta donde sabemos, el cuerpo da cero respuestas a los campos magnéticos en términos de la energía que absorbe.

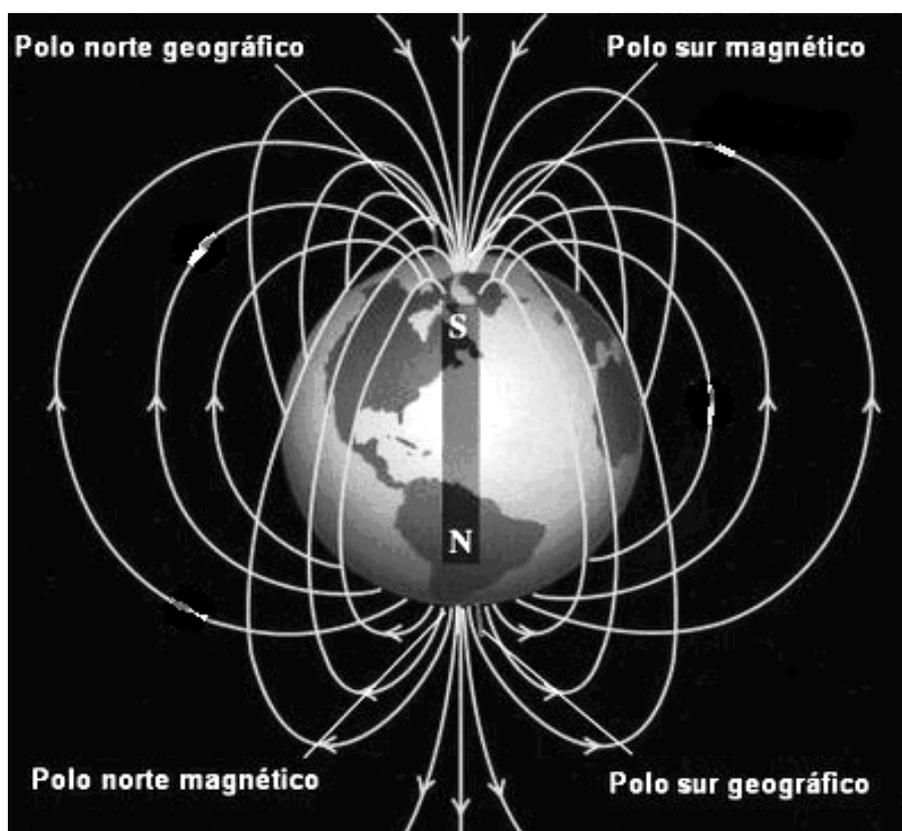


Fig. 4.17 Magnetismo terrestre.

CONCLUSIONES

La energía eléctrica ha sido y seguirá siendo de suma importancia para el avance tecnológico de la humanidad. Creemos que hoy en día es más que difícil imaginar nuestra vida sin electricidad. Sólo basta con ver lo que ocurre cuando hay un corte del suministro eléctrico: en los hospitales, en la vía pública, la iluminación de espacios públicos, sistemas de alarmas, luz en nuestros hogares etc. Todas estas demandas de electricidad han hecho que se genere cada vez más energía eléctrica utilizando el petróleo como primera fuente, lo que está provocando un gran deterioro ambiental.

Actualmente vivimos en un mundo donde la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías y alternativas energéticas, se han vuelto cada vez más importantes debido a que algunos de los procesos con los que hoy en día se genera la energía eléctrica contaminan nuestro planeta, y es de suma importancia que el desarrollo de la energía eléctrica se siga dando.

Es importante que consideremos el uso de nuevas tecnologías para el desarrollo de sistemas de generación de energía eléctrica, ya que de esta forma ayudamos a la preservación de nuestro medio ambiente ya que las nuevas tecnologías pretenden generar energía eléctrica sin provocar ningún tipo de contaminante.

Finalmente los dejamos con la reflexión que hace el escritor y poeta ecologista Gerald Foley acerca de este problema.

“Algún día el ser humano despertara de una larga pesadilla y recordara su propio pasado energético, rodeado del mundo que destruyo; no comprenderá la locura de los que se embarcaron en agotar en menos de 250 años, unos recursos fósiles que habían tardado 600 millones de años en formarse. Pero todavía no hemos despertado todavía continuamos en el sueño.”

GLOSARIO

Aislante	Un material aislante es aquel que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y por ende, el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de potencial entre dos puntos del mismo. Material no conductor que, no deja pasar la electricidad.
Amperio	Unidad que mide la intensidad de corriente eléctrica. Se representa con una A, y su nombre se debe al físico Frances André Marie Ampère.
Amperímetro	Aparato que tiene la capacidad de medir la intensidad de corriente eléctrica.
Átomo	Es la unidad más pequeña de un elemento químico, que mantiene sus propiedades.
Central eléctrica	Es una instalación capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica.
Central eólica	Es aquella donde se aprovecha la energía obtenida del viento, ó la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en energía eléctrica.
Central geotérmica	Es una instalación de la cual se obtiene la energía eléctrica, mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra
Central nucleoelectrica	Es una instalación industrial empleada para la generación de energía eléctrica a partir de energía nuclear, que se caracteriza por el empleo de materiales fisionables que mediante reacciones nucleares proporcionan calor. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.
Central hidroeléctrica	Es aquella central donde se aprovecha la energía producida por la caída del agua para mover una turbina y el eje de los generadores eléctricos.
Central termoeléctrica	Instalación donde se obtiene energía eléctrica a partir de la quema del carbón, así como combustibles fósiles (petróleo y gas natural)
Circuito eléctrico	Un circuito eléctrico es una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores y fuentes, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales eléctricas.
Corriente eléctrica	Movimiento de electrones sobre un material conductor. Su intensidad se mide en Amperios (A)
Cogeneración	La cogeneración es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil.

Capacitor	Dispositivo que almacena carga eléctrica cuando se le aplica una diferencia de potencial en sus terminales, se representa con una C, y su unidad es el faradio.
Conductor	Son los elementos metálicos, generalmente de cobre o aluminio, que puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie.
Corriente Alterna (C.A.)	Es el flujo de corriente en un circuito que varía periódicamente de sentido.
Corriente Directa (C.D.)	Es aquella cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen siempre en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM)
Diferencia de potencial	Es la presión que ejerce una fuente de energía eléctrica en un circuito cerrado para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica, a esta fuente de energía también se le da el nombre de: tensión eléctrica, fuerza electromotriz (FEM) y Voltaje.
Electrón	Es una partícula subatómica de carga eléctrica negativa.
Energía	La energía es la capacidad de la materia o de un sistema para efectuar un trabajo.
Energía alternativa	Energía procedente de fuentes no convencionales.
Fuerza centrífuga	Es una de las fuerzas ficticias que parecen actuar sobre un objeto cuando su movimiento se describe según un sistema de referencia en rotación.
Generador Eléctrico	Es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica.
Hidrógeno	Es un elemento químico representado por el símbolo H. En condiciones normales de presión y temperatura, se manifiesta en estado gaseoso es incoloro, inodoro, insípido, no metálico y altamente inflamable.
Hidrocarburos	Son compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno
Inducción	Producción de corrientes llamadas corrientes inducidas en un circuito bajo la influencia de un imán.

Inalámbrico	Es el tipo de comunicación en la que no se utiliza un medio de propagación físico alguno esto quiere decir que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan por el espacio sin un medio físico que comunique cada uno de los extremos de la transmisión.
Kilowatt-hora	Unidad para medir los consumos de energía eléctrica. Equivale al consumo de un aparato de 1,000 W de potencia durante una hora.
Magneto	También recibe el nombre de imán es un cuerpo o dispositivo con un campo magnético entre sus dos polos.
Magnetismo	Es un fenómeno por el que los materiales ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales ferrosos.
Metano	El metano es un hidrocarburo que tiene sólo átomos de carbono e hidrógeno, su fórmula química es CH ₄ .
Neutrón	Es una partícula subatómica de carga eléctrica neutra de un átomo.
Potencia	Es el trabajo o transferencia de energía realizada sobre la unidad de tiempo. Su unidad de medida es el Watt (W).
Pila	Es un dispositivo que convierte energía química en energía eléctrica.
Resistencia	Es la oposición que presenta un cuerpo al paso de una corriente eléctrica para circular a través de él. Simbolizada habitualmente como R. En el Sistema Internacional de Unidades, su valor se expresa en ohms, que se designa con la letra griega omega mayúscula Ω.
Selenio	Es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo es Se .
Solenoides	Es un alambre enrollado en forma de hélice (bobina) o un número de espiras acorde a las necesidades, por el que circula una corriente eléctrica. Se utiliza en gran medida para generar un campo magnético uniforme.
Tecnología	Es el conjunto de habilidades que permiten construir objetos y máquinas para adaptarlos en el medio y satisfacer las necesidades de la humanidad.
Transistor	Es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador.
Watt	Es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W y su nombre se debe al físico Inglés James Watt. También se le denomina Vatio.

BIBLIOGRAFÍA

Tiesen, A (1999). **La energía solar**. en línea o URL en <http://witss.gdl.iteso.mx/solar/>

Milton, Gussow (1988). **Fundamentos de Electricidad**. México: Mc Graw-Hill, 1ª ed.

Amsterdam, Chistopher. **Energía Geotérmica**. Noriega Editores.

Bernard, L (1993). **La energía nuclear**. Una opción para el futuro. Cohen.

Enciclopedia Autodidacta Interactiva Océano. Editorial Océano. 1997.

Frederick, J (1988). **Física Para Estudiantes de Ciencia e Ingenierías**. México: Mc Graw-Hill, 3ª ed.

Arthur, F (1988). **Fundamentos de Electricidad y Magnetismo**. Mexico: Mc Graw-Hil, 1ª ed.

Energías Renovables Como Instrumento de Desarrollo, Ed. I.F.A tomo II.

Energías renovables y Medio Ambiente. Ed Akal.1997.

www.censolar.es

www.geocities.com/regorogiram/solar.html

www.astroseti.org/vernew.php?codigo=1141

www.cfe.gob.mx/

www.elpais.es/suplementos/futuro

<http://vlex.com/tags/energia-maremotriz-954775>

www.scribd.com/doc/3238225/GENERACION-DE-ELECTRICIDAD

www.iie.org.mx/reno99/apli.pdf

www.textoscientificos.com/energia/dispositivos-generacion-energia-olas