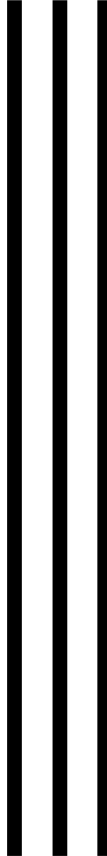




**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGON**



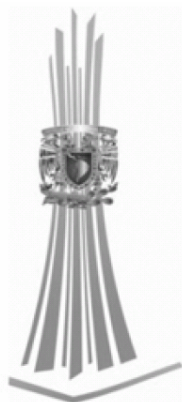
**“ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE INAGOTABLE DE  
RECURSOS ÚTILES. TRATAMIENTO, PROCESOS Y  
APLICACIONES”**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**(área eléctrica- electrónica)**  
**PRESENTA:**

**LUIS OCTAVIO RUIZ LÓPEZ**

**Asesor: Ing. Noé González Rosas**

**MEXICO , 2009**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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**

### **A DIOS**

*Por dejarme vivir, darme la sabiduría, comprensión y la fuerza para ver terminada mi tesis profesional que tanto anhelaba.*

### **A MIS PADRES**

*A ti papá, por tu apoyo incondicional en mi vida, antes y después de casado, por darme tus conocimientos, que han sido para mí un ejemplo como hijo y ahora como padre, todos mis respetos son para ti.*

*Gracias valedor.*

*A ti mamá, por darme la vida, por estar siempre pendiente de mis necesidades durante mi formación, por la ayuda invaluable que has brindado a mi familia, por la fortaleza, la simpatía que te caracteriza, y por el cariño que siempre he recibido de ti.*

*Gracias Juanita, te quiero.*

### **A MI ESPOSA**

*Quiero compartir contigo y con mis hijos, la alegría, el esfuerzo, y el logro que representa el haber terminado este trabajo.*

*Sin tu apoyo difícilmente hubiera visto concluido no solo este proyecto, sino muchos de mi vida.*

*Agradezco tu amor, comprensión, compañía, y tolerancia. Así como el haberme dado los 3 regalos mas preciados de mi vida, y con ellos, la felicidad de ser padre.*

*Gracias Mara, te amo.*

### **A MIS HIJOS**

*Luis, Alex e Hilda, han sido el motivo de mi esfuerzo, y les doy gracias porque, el ser hijo, implica también responsabilidades y no me queda duda de que lo han hecho muy bien, espero que este trabajo sea motivante para ustedes, y que logren también una carrera profesional.*

*Son mi vida.*

### **A MIS HERMANOS**

*Paty, Gustavo, Adriana, Enrique, Arturo, Claudia, Ana Lilia y mi primo hermano Cesar. Crecimos juntos, y seguimos juntos gracias al gran cariño que nos une, su apoyo ha sido muy importante en mis logros.*

*Gracias a todos.*

#### *A MIS COMPADRES*

*Julio y Paty. Por el apoyo que incondicionalmente han dado a mi familia, por su preocupación de que las nuevas generaciones salgan adelante, y por la alegría que siempre nos contagian.*

*Son para mí, un verdadero ejemplo de superación.*

*Muchas gracias.*

#### *A MIS MAESTROS*

*Por la hermosa virtud que tienen de transmitir todos sus conocimientos, a mi asesor, ing. Noe González por la ayuda que me brindó, y subir el último escalón para llegar a la cima y al ing. Benito Zúñiga por su empeño en que llegara a buen término este trabajo*

*Gracias.*

#### *A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS*

*A Miguel, Alfredo, Chava y Guillermo. Por la amistad que me han brindado y los buenos momentos que pasamos durante la carrera.*

*A todas las personas y familiares que pusieron su granito de arena, y que en cualquier oportunidad, me recordaban que tenía un trabajo pendiente con la universidad.*

*Muchas muchas gracias.*

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

## Índice de temas

	<u>Tema</u>	<u>Página</u>
	Introducción	1
	Capítulo I: Generalidades	
1.1	Introducción	9
1.2	Energía no renovable	9
1.2.1	Energía fósil	10
1.2.1.1	Petróleo y derivados	10
1.2.1.2	Gas natural	11
1.2.1.3	Carbón mineral	12
1.2.2	Energía geotérmica	12
1.2.3	Energía nuclear	15
1.3	Fuentes de energía renovables	17
1.3.1	Energía solar	18
1.3.1.1	Energía termosolar	18
1.3.1.2	Energía fotovoltaica	19
1.3.1.2.1	Paneles solares	20
1.3.1.2.2	Concentración de energía solar	21
1.3.2	Energía eólica	22
1.3.3	Energía minihidráulica	23
1.3.4	Energía de la biomasa	25
1.3.5	Energía oceánica	27
1.3.5.1	La energía de las olas	28
1.3.5.2	La energía de las mareas	29
1.3.5.3	La energía térmica de los océanos	29
1.4	Generación de electricidad	30
	Capítulo II: La energía solar como fuente inagotable	
2.1	Fundamentos de energía solar	32
2.2	Constante solar	33
2.2.1	Radiación que llega a la Tierra	34

**“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”**

2.2.1.1	Distribución de la energía	35
2.2.1.2	Espectro de la radiación	36
2.2.1.3	Espectro de emisión y absorción	37
2.2.1.3.1	Espectro de emisión	38
2.2.1.3.2	Espectro de radiación	39
2.2.1.3.3	Espectro solar	40
2.2.1.4	Espectroscopia. Aparatos de medición	40
2.2.2	La radiación normal extraterrestre	42
2.2.3	La distribución espectral	43
2.2.4	Variación del flujo de energía con la distancia	44
2.3	Radiación solar	45
2.3.1	Cálculo de irradiancia	46
2.3.2	Conversión de hora civil a hora solar	48
2.4	Cálculo de radiación directa del sol	50

Capítulo III: Métodos y procesos para el tratamiento de energía solar

3.1	Introducción a la tecnología solar	52
3.2	Hechos sobresalientes en la evolución de la tecnología solar	53
3.3	Colectores solares	54
3.3.1	Colectores solares planos	55
3.3.1.1	Descripción de un colector solar plano	57
3.3.1.2	Clasificación de colectores solares planos	58
3.3.1.3	Estabilidad de la energía	59
3.3.1.4	Pérdidas de calor	60
3.3.1.5	Calor útil	62
3.3.1.5.1	Factor de eficiencia de la aleta	62
3.3.1.5.2	Factor de eficiencia de la sección	63
3.3.1.5.3	Factor de eficiencia global del colector	63
3.3.2	Colectores concentradores	64
3.3.2.1	Tipos de colectores concentradores	64
3.3.2.2	Razón de concentración	65
3.3.3	Colectores fotovoltaicos	65
3.3.3.1	Conceptos fotovoltaicos	66
3.3.3.2	Tecnología fotovoltaica	67
3.3.3.3	Estructura de un generador fotovoltaico	68
3.3.3.4	Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos	70

**“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”**

3.4	Almacenamiento de la energía solar	71
3.4.1	Sistemas pasivos	72
3.4.2	Sistemas activos	72
3.4.3	Reacciones químicas	73

**Capítulo IV: Aplicaciones de la energía solar**

4.1	La energía solar en nuestros días	75
4.2	Posibles aplicaciones de la energía solar	75
4.3	Beneficios del uso de la energía solar	77
4.4	Calefacción solar	78
4.4.1	Agua caliente sanitaria	79
4.4.2	Climatización de piscinas	79
4.4.3	Tipos de calentadores solares	81
4.5	Refrigeración solar	81
4.6	Potabilización de agua	83
4.6.1	Agua con contaminación microbiana ligera	84
4.6.2	Agua con contaminación de sales disueltas	84
4.6.3	Tipos de destiladores solares	85
4.6.4	Elementos de un destilador solar	86
4.7	Hornos solares	86
4.8	Generación de electricidad	88
4.9	Secado solar	90
4.10	Iluminación de vías de transporte	91
4.11	El futuro de la tecnología solar	92
	Conclusiones	94
	Glosario	96
	Bibliografía	105

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## Introducción

La disponibilidad de energía en el mundo, se ha convertido en un grave problema, puesto que en la mayoría de los países, se ven afectados por las crecientes demandas requeridas para satisfacer las metas; sean éstas económicas y/o sociales.

En los últimos años, se ha reconocido como inevitable que la oferta de energía debe sufrir una transición desde su actual dependencia de los hidrocarburos hacia aplicaciones energéticas más diversificadas. Ello implica el aprovechamiento de la energía renovable que la naturaleza nos ofrece.

Como energía renovable entendemos aquella que, sin importar su frecuencia de uso, no se agotará; ni se verán afectadas las condiciones sociales ni el entorno natural. Los más claros ejemplos son: el aire, las mareas, el agua, el sol. A este último es al que nos referiremos con más detenimiento.

Los combustibles convencionales como el petróleo y la generación de energía alternativa en centrales nucleares, por ejemplo, generan grandes problemas ambientales. El sol en cambio, es una fuente inagotable de recursos útiles para el hombre; es limpia, abundante, y está disponible en la mayor parte de la superficie terrestre. Su uso puede reducir estos problemas. No obstante, a pesar de los avances tecnológicos actuales, el aprovechamiento de esta opción ha sido insignificante, en comparación con el consumo global de energía en el mundo.

Para los fines del aprovechamiento de su energía, el sol es una inmensa esfera de gases a alta temperatura, con un diámetro de  $1.39 * 10^9$  metros, situado a una distancia media de  $1.5 * 10^{11}$  metros con respecto de la Tierra. A esta distancia se le conoce como unidad astronómica.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Se estima que la temperatura en el interior del sol debe ser del orden de  $10^7$  K; pero en la fotosfera (en la superficie externa del sol), la temperatura efectiva de cuerpo negro es de 5762 K. existen por supuesto, diferentes formas de calcular la temperatura de la fotosfera, que dan como resultado 6300 K. Las estimaciones suelen no coincidir debido a que las lecturas se toman en forma indirecta (por razones obvias).

Algunos puntos a tomar en cuenta respecto del sol son:

- ✎ El sol genera su energía mediante reacciones nucleares de fusión. Por ejemplo, dos átomos de hidrógeno que producen helio; o uno de helio y uno de hidrógeno que producen litio; etcétera, que se llevan a cabo en su núcleo.
- ✎ La generación de energía proviene de la pérdida de masa del sol, que se convierte en energía de acuerdo con la famosa ecuación de Einstein  $E=mc^2$ , donde E es la cantidad de energía liberada cuando desaparece la masa m; c es la velocidad de la luz.
- ✎ El núcleo solar es la región comprendida dentro del 23% de su radio, a partir del centro, que corresponde al 15% del volumen, pero contiene el 40% de la masa; es ahí donde se genera en 90% de la energía. En esta región, la temperatura es del orden de los  $10^7$  K y la densidad es de  $10^5$  Kg/m<sup>3</sup>.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

✎ A una distancia del 70% del radio solar, la temperatura es del orden de  $10^5$  K y la densidad es de unos  $70 \text{ Kg/m}^3$ . La zona que va del 70% al 100% del radio solar recibe la denominación de zona convectiva, y su temperatura oscila entre 5000 a 6000 K, mientras que la densidad desciende a  $10^{-5} \text{ Kg/m}^3$ . La capa externa de esta región recibe el nombre de fotosfera, y es considerada como la superficie del sol por ser esta una región opaca, de donde se emite la mayoría de la radiación solar hacia el espacio.

En el aprovechamiento y tratamiento de la energía solar pueden surgir algunos inconvenientes; tales como:

- ✎ Gran dispersión de la energía solar sobre la superficie de la Tierra. Resulta imposible obligar al sol a iluminar ciertas partes; evitando así la canalización del recurso completo.
- ✎ Carácter incontrolable y variable en el campo de la intensidad de radiación solar. No existe la misma cantidad de energía solar en un día soleado que en un día nublado, por ejemplo. Eso evita que la captación de energía pueda ser estadísticamente manejada.

La radiación solar que recibe una superficie horizontal es de alrededor de  $1 \text{ KW/m}^2$  al mediodía. Esto va variando de acuerdo a los factores del ambiente, como son:

- ✎ Latitud del lugar
- ✎ Nubosidad
- ✎ Humedad
- ✎ Etcétera

El principal problema es la intermitencia del sol. En invierno, la cantidad de energía solar que puede ser captada es menor que la demanda, siendo ésta la temporada en que más se le necesita. Por ello, se requiere el almacenamiento para un tiempo de autonomía determinado y, de ser necesario, contar como seguridad con el apoyo de sistemas de respaldo o fuentes suplementarias de energía.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Por lo anteriormente expuesto, para el aprovechamiento destinado a la aplicación de la energía solar, es necesario realizar los siguientes procesos:

- ✎ Captación y concentración de la energía solar.
- ✎ Transformación para su utilización.
- ✎ Almacenamiento para satisfacer uniformemente la demanda por un tiempo de autonomía establecido.
- ✎ Fuente energética suplementaria disponible si se supera el tiempo de autonomía
- ✎ Transporte de la energía almacenada, para su utilización en los puntos de consumo.

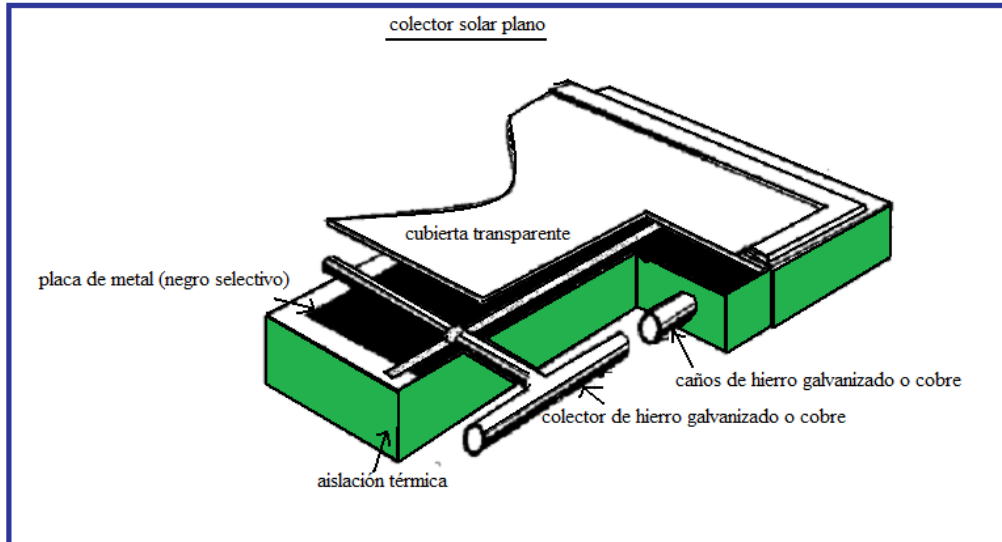
De esta forma, para lograr una solución técnica que optimice las inversiones a realizar, en cada caso particular, es necesario analizar detenidamente el tiempo de autonomía adecuado para la instalación.

Se toma en cuenta que cuanto mayor es la capacidad de almacenamiento, menor es el tamaño de las fuentes energéticas de apoyo o, eventualmente, éstas pueden no ser necesarias.

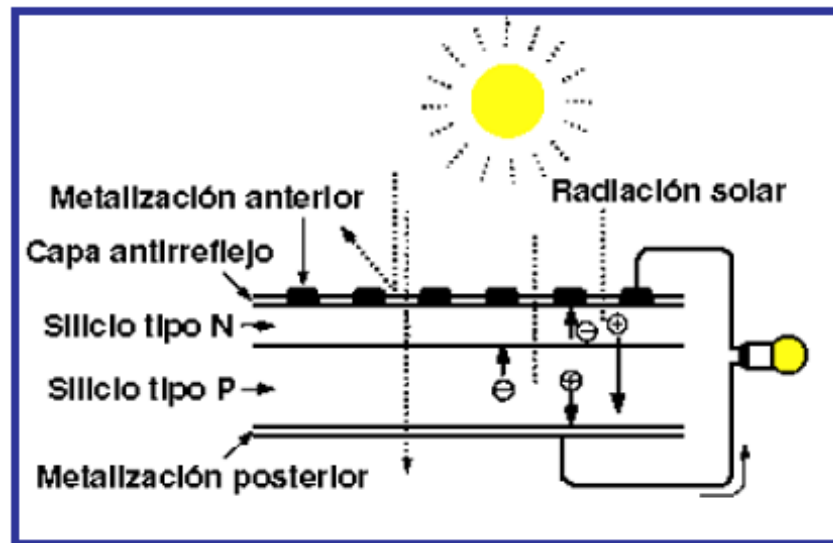
Algunos de los usos de la energía solar son:

- ✎ Energía térmica para el calentamiento del agua de consumo domiciliario mediante colectores solares planos que convierten en calor entre un 40% y un 60% de la energía recibida, compuesto por tubos por los que circula el agua.

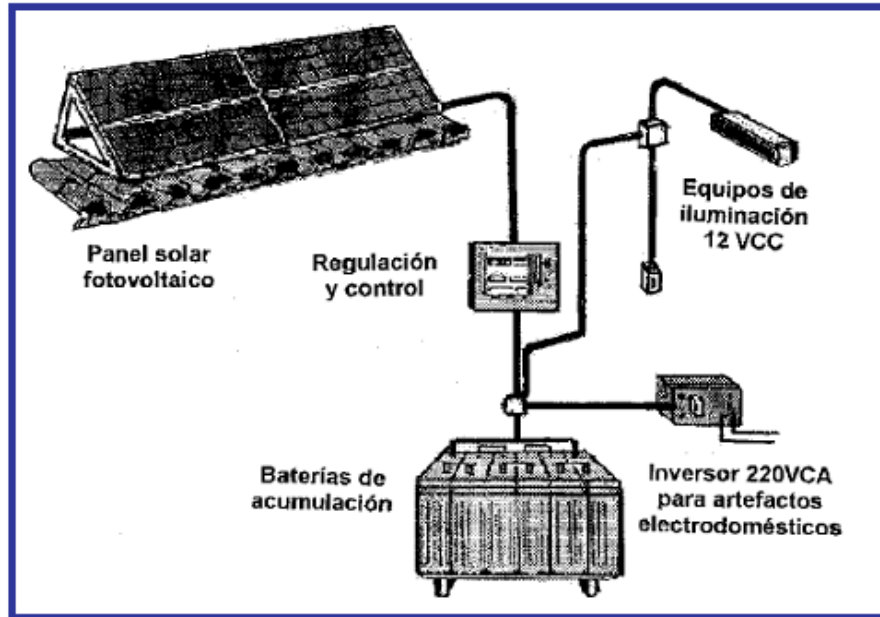
“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



☞ Conversión fotovoltaica de energía solar producida en celdas fotoeléctricas de Silicio cristalino, que son capaces de transformar la luz en energía eléctrica, aprovechando entre un 9% y un 14% de la energía del sol.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



- ✎ Purificación de agua
- ✎ Refrigeración
- ✎ Etcétera

Es de importancia el preguntarse por qué todavía esa energía renovable no es empleada en mayor proporción.

A nivel mundial, los problemas que se encuentran para lograr una política energética coherente se basan, principalmente, en que los países no han notado el efecto de agotamiento de las reservas y muchas naciones desarrolladas cuentan con bastantes recursos propios y/o disponibles a bajo costo y toda una industria y tecnología montada y estructurada sobre la base de esas fuentes energéticas no renovables.

Actualmente, el precio de los sistemas solares resulta todavía muy elevado, dado que no existe una demanda que posibilite su fabricación en gran escala, lo que provocaría una reducción de costes.

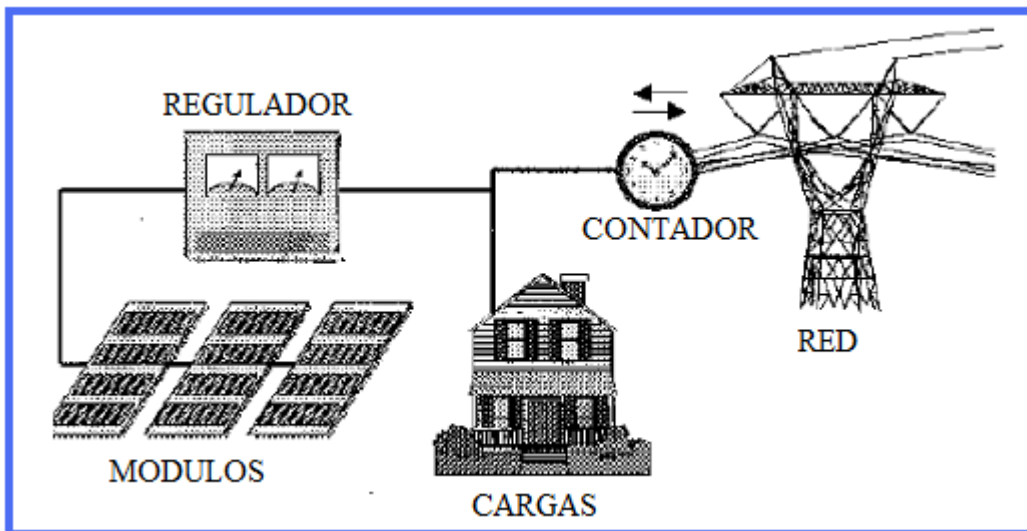
“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Desde ese punto de vista, se podrían requerir subsidios económicos para facilitar la investigación y el desarrollo industrial a nivel mundial.

Por otro lado, los emprendimientos que se han desarrollado para aprovechar la energía solar no han tenido mucho éxito, debido a que la experiencia ha demostrado que se requieren de enormes inversiones y un elevado costo de mantenimiento y operación.

Estudios efectuados, han determinado que, para acelerar el proceso de transformación de la tecnología del consumo de energía, es imperativo desarrollar un paso intermedio que permita, en forma gradual y permanente, la integración de los sistemas solares con los convencionales, basado en el equilibrio y complementación de las fuentes energéticas. Esto, tratando de aprovechar la energía disponible en el lugar de aplicación, para reducir el mínimo posible las instalaciones de almacenamiento y transporte.

Por ejemplo, en las áreas rurales o suburbanas, la conveniencia de dar al usuario la oportunidad de autogenerar parte de la energía eléctrica que consume, posibilitando la instalación de módulos fotovoltaicos individuales conectados directamente a la red de distribución eléctrica, lo que no requiere de baterías de almacenamiento; la que sería descontada de la tarifa.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

Otra manera es la complementación de sistemas generadores a diesel o gas con la energía fotovoltaica o con la energía eólica, que constituyen los denominados sistemas híbridos.

Finalmente, es importante destacar que los recursos no renovables se agotarán, creando un caos a la sociedad y a la naturaleza; es necesario tomar conciencia y utilizar los recursos no renovables que no dañan al medio ambiente y que nos son regalados sin límite.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## Capítulo I: Generalidades

### **1.1 Introducción**

Los recursos naturales se agotan, la naturaleza agoniza y parece no importarnos. Sabemos que existen recursos energéticos que no se acabarán; sin embargo, no los utilizamos. De seguir así, el planeta habrá de colapsar, produciendo una catástrofe que no podremos frenar.

Por razones económicas, tanto como ecológicas, es imperativo el desarrollo de nuevas alternativas energéticas, que sean menos agresivas al medio ambiente y, por ende, a los seres que habitamos el planeta Tierra.

### **1.2 Energía no renovable**

Se considera como no renovable a la energía que se encuentra almacenada en cantidades inicialmente fijas, por lo regular, en el subsuelo. A medida que se consume un recurso no renovable, se va agotando. Las reservas disponibles están sujetas a:

- ✎ La factibilidad técnica y económica de su explotación.
- ✎ El descubrimiento de nuevos yacimientos, minas o ubicaciones específicas de abastecimiento.
- ✎ El ritmo de extracción y consumo.

Las fuentes de energía que actualmente utilizamos, como el petróleo y los hidrocarburos, habrán de agotarse, puesto que son recursos que tardan miles de años en regenerarse. Su velocidad de recuperación es lineal, contra la velocidad exponencial de su consumo.



## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Entre las fuentes de energía no renovables, se pueden listar las siguientes:

- 👉 Fuentes de energía fósil
- 👉 Energía geotérmica
- 👉 Energía nuclear

### 1.2.1 Energía fósil

Energía fósil se puede definir como aquella que se obtiene de la combustión de ciertas sustancias producidas en el subsuelo a partir de la acumulación de grandes cantidades de residuos de seres vivos, a través de millones de años. De ella, se puede obtener una clasificación en:

- 👉 Petróleo y derivados
- 👉 Gas natural
- 👉 Carbón mineral

#### 1.2.1.1 Petróleo y derivados

El petróleo es una mezcla de una gran variedad de compuestos de carbono e hidrógeno (llamados hidrocarburos) en fase líquida, mezclados con una variedad de impurezas.

A través de destilación se obtiene:

- 👉 Varios tipos de gasolina
- 👉 Diesel
- 👉 Turbosina
- 👉 Tractolina
- 👉 Chapopote
- 👉 Etcétera

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Con lo que respecta a la República Mexicana, el petróleo es un recurso abundante; sin embargo, es sobreexplotado para fines energéticos y financieros. Su uso es muy extensivo y, aunque sustituible, se sigue comercializando y explotando sin medida.

A nivel mundial, los hidrocarburos son recursos naturales que se están agotando.



### 1.2.1.2 Gas natural

El gas natural está compuesto principalmente por metano. Corresponde a la fracción más ligera de los hidrocarburos; se encuentra en los yacimientos en forma de gas.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

### 1.2.1.3 Carbón mineral

El carbón mineral es de origen fósil. Principalmente, es carbono y se encuentra en grandes yacimientos en el subsuelo. A nivel mundial, el carbón es abundante (en la República Mexicana es escaso).

Es de mencionar que su uso causa problemas ecológicos aún más grandes que aquellos provocados por el petróleo y los hidrocarburos. El medio ambiente se ve gravemente afectado por el uso del carbón como proveedor de energía.



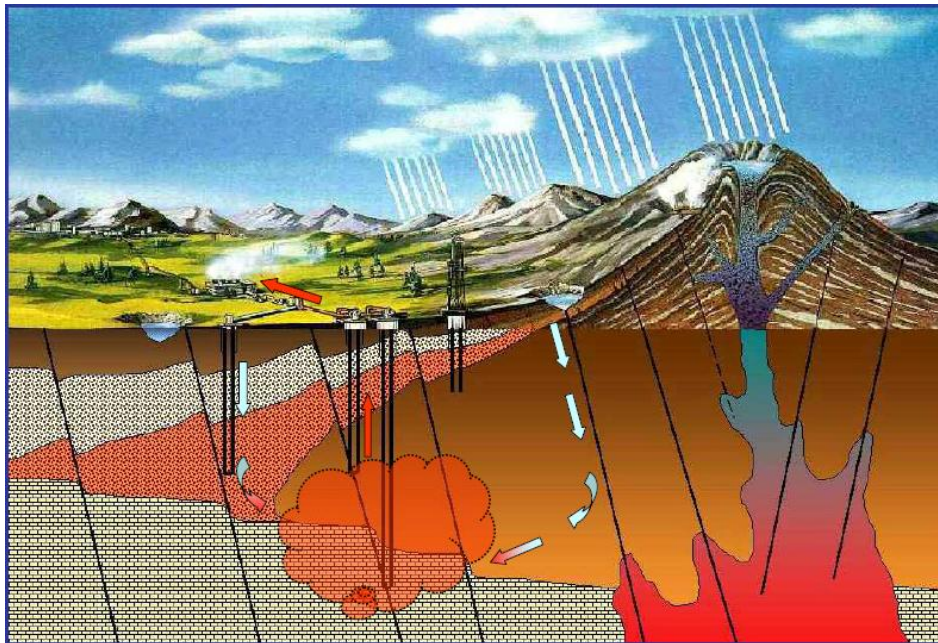
### 1.2.2 Energía geotérmica

La energía geotérmica consiste en extraer calor del magma incandescente de la Tierra, por medio de vapor.

El prefijo Geo significa Tierra (en griego), y Termos quiere decir calor. Por lo tanto, la geotermia se puede definir como el calor de la Tierra. Por cada cien metros que se cava hacia el centro de la Tierra, la temperatura aumenta tres grados centígrados.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

En ciertos lugares, las corrientes subterráneas de agua pasan junto a las rocas calientes que se encuentran a gran profundidad y calientan el agua; incluso, la convierten en vapor. En estos casos, se puede hablar de aguas termales o geiseros, cuando brota agua caliente y/o vapor. El agua puede alcanzar temperaturas de hasta 148°C. es de notar que el agua, el nivel del mar, tiende a hervir a los 100°C.

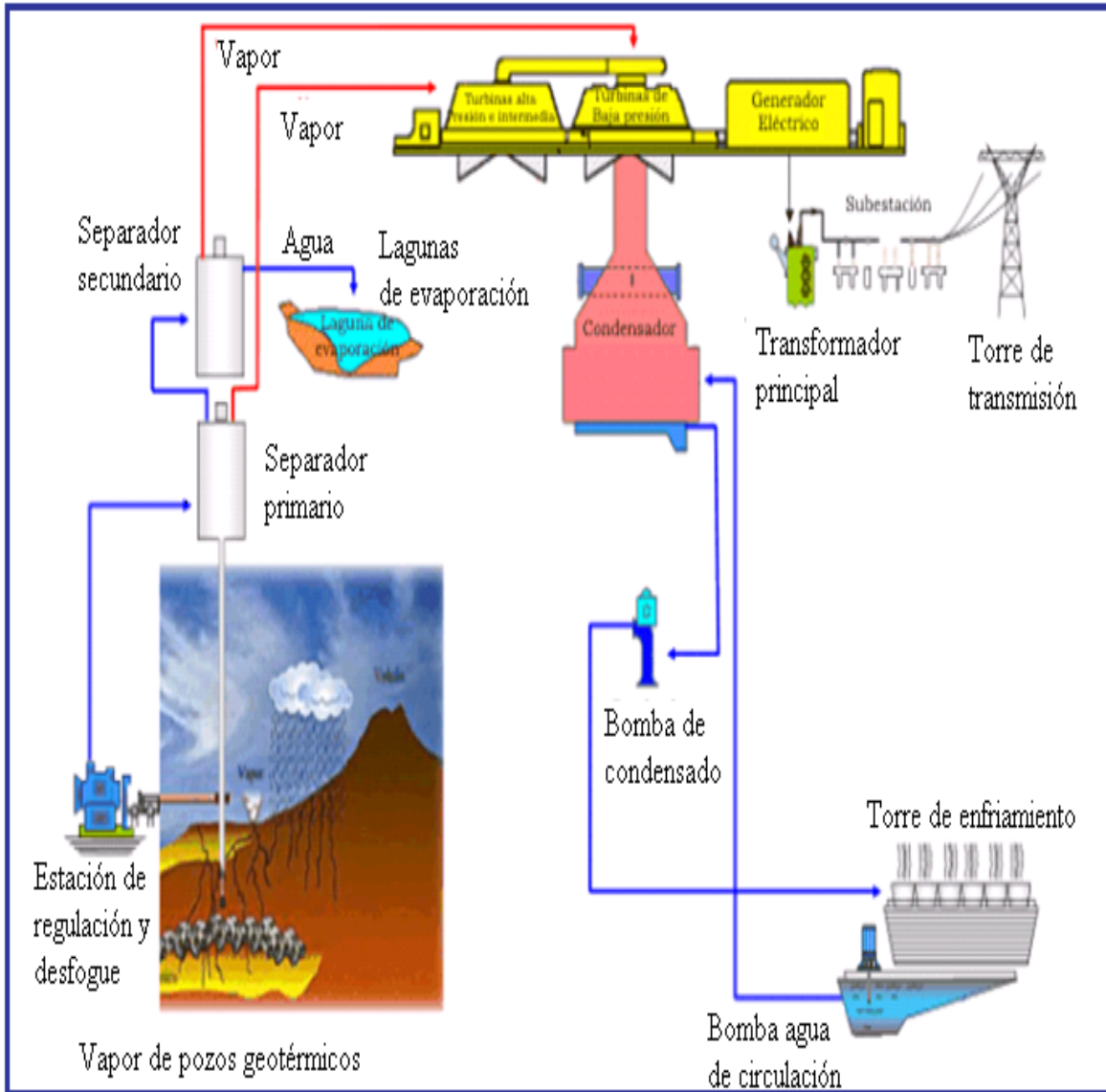


Dentro de la República Mexicana, existen varios sitios de aguas termales; por lo general, se trata de zonas turísticas y comerciales. El calor de las capas internas de la Tierra también se utiliza con fines energéticos.

Actualmente, la República Mexicana ocupa el tercer lugar en lo que se refiere al aprovechamiento de la energía geotérmica, detrás de Estados Unidos y Filipinas.

El vapor de la geotermia es aprovechado para mover turbinas y generadores. Una vez que pasa por las turbinas, el vapor es llevado a una torre de enfriamiento para convertirse en agua, que con frecuencia es bombeada para volver a ser calentada en el interior de la Tierra.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Cabe hacer mención de que existe una gran discusión en cuanto al uso de la energía geotérmica; esto se debe a que algunos insisten en que se trata de una fuente de energía renovable, mientras que otros determinan que no lo es.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Si bien la energía geotérmica reduce en mucho el daño ecológico y representa una fuente alternativa a los hidrocarburos, representa todo un enigma en cuanto a si puede o no agotarse.

Por fines prácticos, la catalogamos como no renovable debido a que los grandes hoyos que ha hecho el hombre en las plantas de este tipo, han provocado una disminución en la temperatura de estos lugares, haciendo que los vapores que alimentan turbinas, bajen de presión.

### **1.2.3 Energía nuclear**

La energía nuclear resulta una fuente de energía muy importante y utilizada en la actualidad para la obtención de recursos energéticos en busca de satisfacer las necesidades que a ese respecto tenga la sociedad en general.

La energía nuclear se obtiene de la modificación de los núcleos de algunos átomos, muy pesados o muy ligeros. En esta modificación, cierta fracción de su masa se transforma en energía.

La liberación de la energía nuclear no involucra combustión; sin embargo, sí produce otros subproductos sumamente agresivos con el medio ambiente.

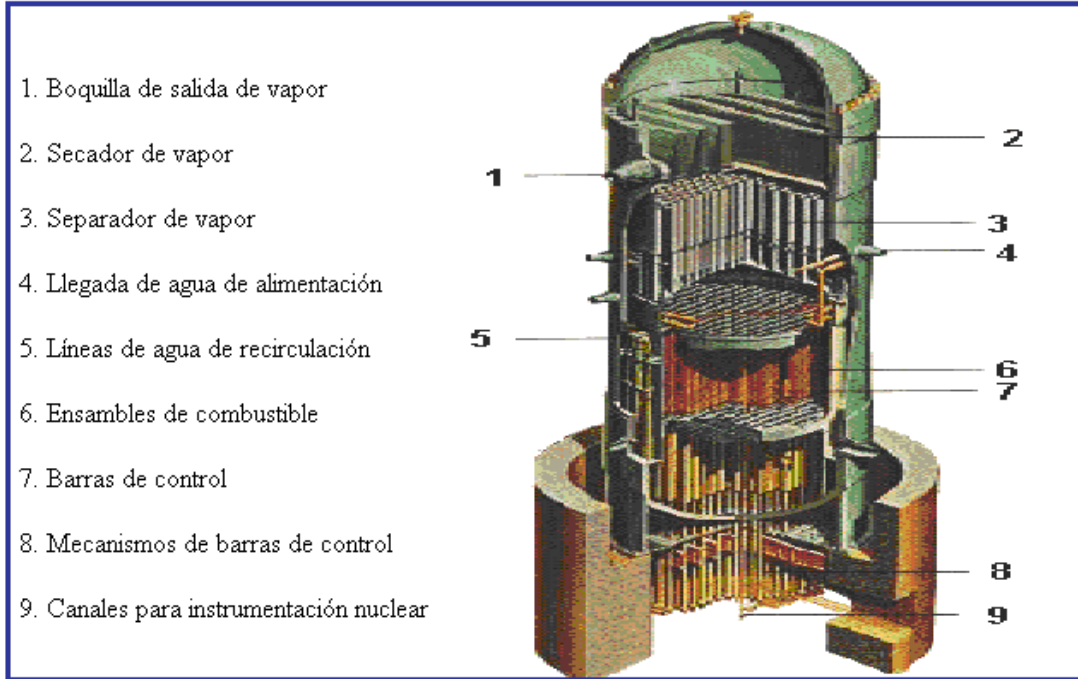
Las plantas nucleares utilizan la energía nuclear (del átomo) para producir calor que convierte el agua en el vapor necesario para mover las turbinas y los generadores.

El uso de la energía nuclear a nivel industrial, se basa en el proceso de fisión nuclear, que ha hecho posibles muchas de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear. El dispositivo experimental empleado se conoce como reactor.

En forma general, un reactor nuclear es una instalación en la que puede iniciarse, mantenerse y controlarse una reacción nuclear de fisión encadena, con los medios apropiados para extraer el calor generado.

Las partes de un reactor se pueden observar como sigue:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Por supuesto, existen diferentes tipos de reactores nucleares, distintivos de acuerdo con sus características. Lo anterior se puede observar en la siguiente tabla:

<b><u>Tipos de reactores y sus características</u></b>				
<b>Reactor</b>	<b>Combustible</b>	<b>Moderador</b>	<b>Refrigerante</b>	<b>Observaciones</b>
De agua a presión	Uranio enriquecido	Agua o grafito	Agua	El agua circula a gran presión desde el núcleo al intercambiador de calor. Son los más ampliamente utilizados.
De agua en ebullición	Uranio enriquecido (en forma de óxido)	Agua	Agua	El agua hierve en el interior del núcleo del reactor (presión más baja que en el anterior). El vapor generado se separa del caudal de agua refrigerante y se seca, pasando a continuación a la turbina

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

**Tipos de reactores y sus características (continuación)**

De uranio natural, gas y grafito	Uranio natural (en forma de metal en tubos de magnox)	Grafito	Anhídrido carbónico	Circuito cambiador de calor: Puede estar en el interior o en el exterior de la vasija.
Refrigerado por gas a temperatura elevada	Uranio natural (en forma cerámica)	Grafito	Helio	Centrales de este tipo se están desarrollando en: Alemania, Reino Unido y Estados Unidos.
De agua pesada	Uranio natural (en forma de oxido en tubos de circonio)	Agua pesada	Agua pesada	El agua pesada circula a gran presión, para que no hierva el núcleo a los intercambiadores de calor.
Reproductor rápido	Núcleo de U-235 o Pu-239 rodeado de U-238 o Th-232 (materiales fértiles) que se transforma en Pu-239 o U-233	No lo utilizan	Sodio líquido	Otras plantas aprovechan el agua caliente o el vapor proveniente del interior de la Tierra (geotermia), sin necesidad de emplear combustible fósil o nuclear (uranio).

### 1.3 Fuentes de energía renovable

Los combustibles fósiles como el petróleo, el carbón mineral y el gas natural, son recursos finitos e inevitablemente habrán de agotarse por su uso; esta es la razón por lo que son conocidos como recursos no renovables.

Una fuente renovable es aquella que, administrada de forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente. Su aprovechamiento es técnicamente viable.

Dentro de este tipo de fuentes de energía se pueden listar los siguientes:

- 👉 Energía solar
- 👉 Energía eólica
- 👉 Energía minihidráulica
- 👉 Energía de la biomasa



## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

- ✎ Energía oceánica
- ✎ Etcétera

### 1.3.1 Energía solar

El sol otorga un enorme privilegio al proveernos de iluminación y calor; además de ello, nos ofrece suficiente energía para calentar agua y para generar electricidad, entre otras cosas.

La energía solar es un recurso energético terrestre; está constituida simplemente por la porción de la luz que emite el sol y que es interceptada por la Tierra. Actualmente, el uso de la energía solar para la alimentación de casas e inmuebles en general, se ha vuelto muy popular. Ello se debe a que se trata de una energía inagotable y que siempre se encuentra al alcance. Por supuesto, es necesario saber aprovecharla.

#### 1.3.1.1 Energía termosolar

El término de energía termosolar es utilizado cuando la energía del sol se aplica para fines térmicos; más en particular, para calentamiento. La conversión de energía solar en calor se puede lograr mediante dispositivos conocidos como colectores solares.

Los colectores solares pueden ser:

- ✎ Planos. Alcanzan temperaturas de 40°C a 100°C
- ✎ Concentradores. Se pueden obtener hasta 500°C

El principio básico del calentamiento de agua por medio de energía solar consiste en exponer al sol una superficie metálica; generalmente, pintada de negro. El agua a calentar se pone en contacto térmico con esta superficie y, mediante el proceso físico de transferencia de calor, aumenta su temperatura.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Finalmente, el agua calentada se almacena en un tanque térmicamente aislado, conocido como termotanque.



### 1.3.1.2 Energía fotovoltaica

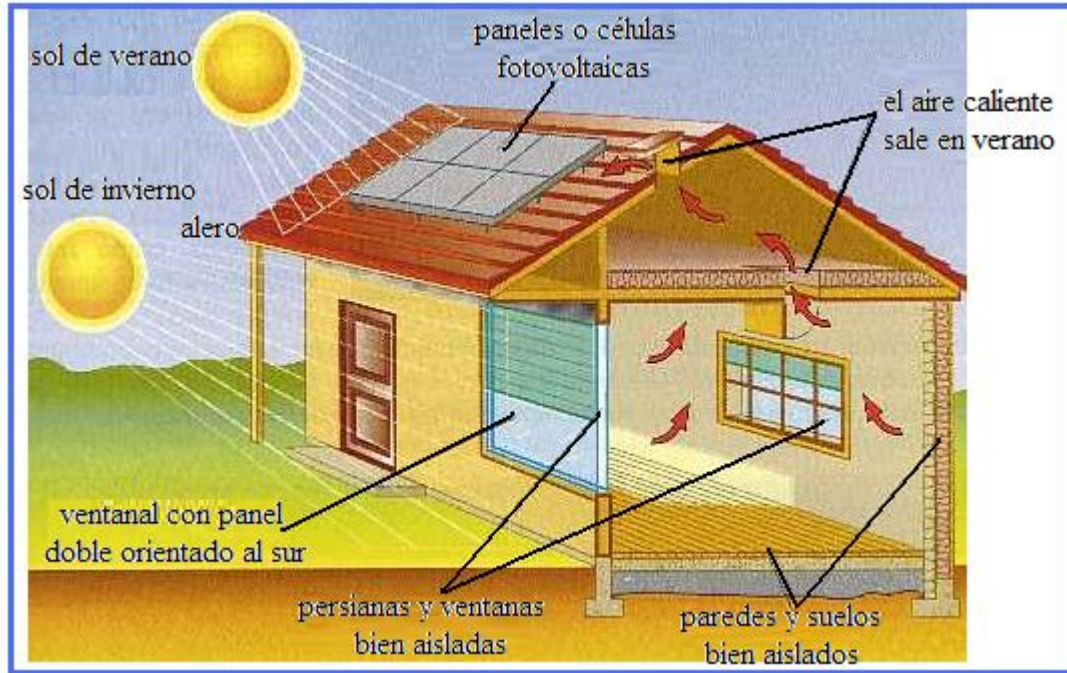
Las celdas solares o fotovoltaicas empezaron su desarrollo en los años cincuenta, para ser usadas en los satélites espaciales; actualmente, se utilizan en diversos aparatos pequeños, como relojes y calculadoras.

Estas celdas solares están fabricadas de silicio, que es un elemento que tiene la característica de reaccionar con la luz y que se obtiene procesando cierto tipo de arena, conocida como arena sílica.

Cuando la luz solar (fotones) incide sobre la celda de silicio, este elemento pierde electrones, que se mueven hacia la superficie de la celda y se crea una diferencia de potencial entre los dos polos de la celda. Cuando ambos polos son conectados a un conductor, se genera una corriente de electricidad entre ambos.

Actualmente, se experimenta con otro tipo de materiales y aleaciones para la creación de celdas solares eficientes y más económicas que las actuales.

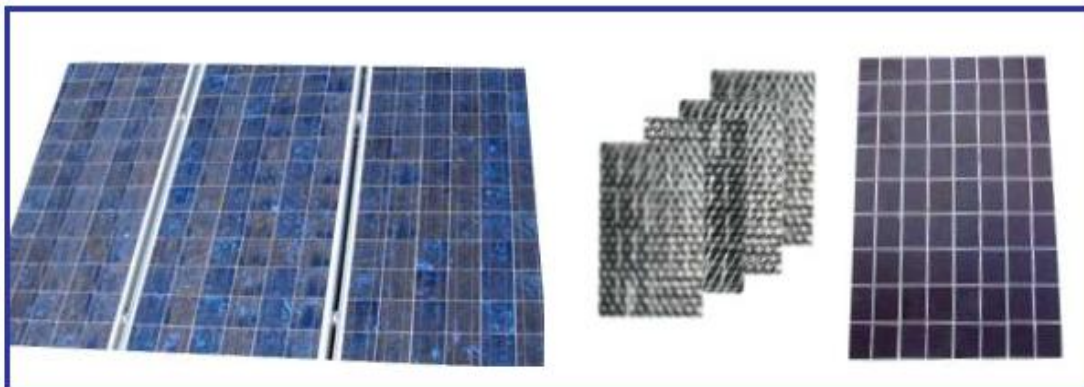
“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



### 1.3.1.2.1 Paneles solares

En un panel solar, hay un determinado número de celdas que, interconectadas correctamente, producen la cantidad de electricidad requerida en cada caso.

Los paneles pueden ser interconectados de diferentes formas, hasta lograr el voltaje necesario para cubrir las necesidades para las que fue dispuesto.



## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

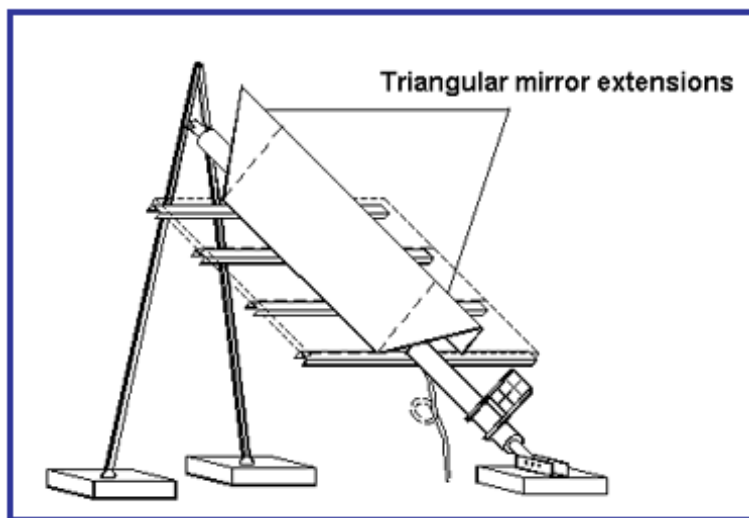
Los sistemas fotovoltaicos están equipados con acumuladores que, durante el día almacenan la energía para poder ser utilizada en las noches o en días muy lluviosos. Cabe mencionar que las celdas solares también funcionan en días nublados, aunque no con la misma eficiencia que en los días soleados.

No obstante, una gran desventaja de los paneles solares, es su gran tamaño para la generación de energía. Finalmente, tomando en cuenta que el conductor principal de este tipo de celdas es la plata, su costo no resulta muy económico; no obstante, representa una inversión a largo plazo.

### 1.3.1.2.2 Concentración de energía solar

Mediante muchos espejos parabólicos se concentrará la energía solar sobre tubos o depósitos de agua o aceite. Como resultado, el agua empezará a hervir y, parte de ella, se convertirá en vapor.

Una vez que se obtiene el vapor, se puede hacer girar una turbina y un generador, lo que significa que se está en la capacidad de generar electricidad. Ya existen plantas que utilizan la concentración solar para la generación de electricidad.






## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

El problema con la energía solar es que funciona a su máxima potencia sólo cuando brilla el sol y, por lo tanto, no se genera suficiente electricidad en las noches y días muy nublados. Esta es la razón por la que algunas plantas utilizan una tecnología híbrida; es decir, durante el día aprovechan la energía solar y por las noches usan gas natural para convertir el agua en vapor y producir electricidad mediante turbinas y generadores.

### 1.3.2 Energía eólica

Eolo, según la mitología griega, era el dios del viento; de ahí que a la energía de los vientos se le conozca como eólica. La energía cinética del aire puede convertirse en otras formas de energía, como la mecánica y la eléctrica.

Las aplicaciones más comunes de la energía eólica son:

-  Transporte (veleros)
-  Generación eléctrica
-  Bombeo de agua

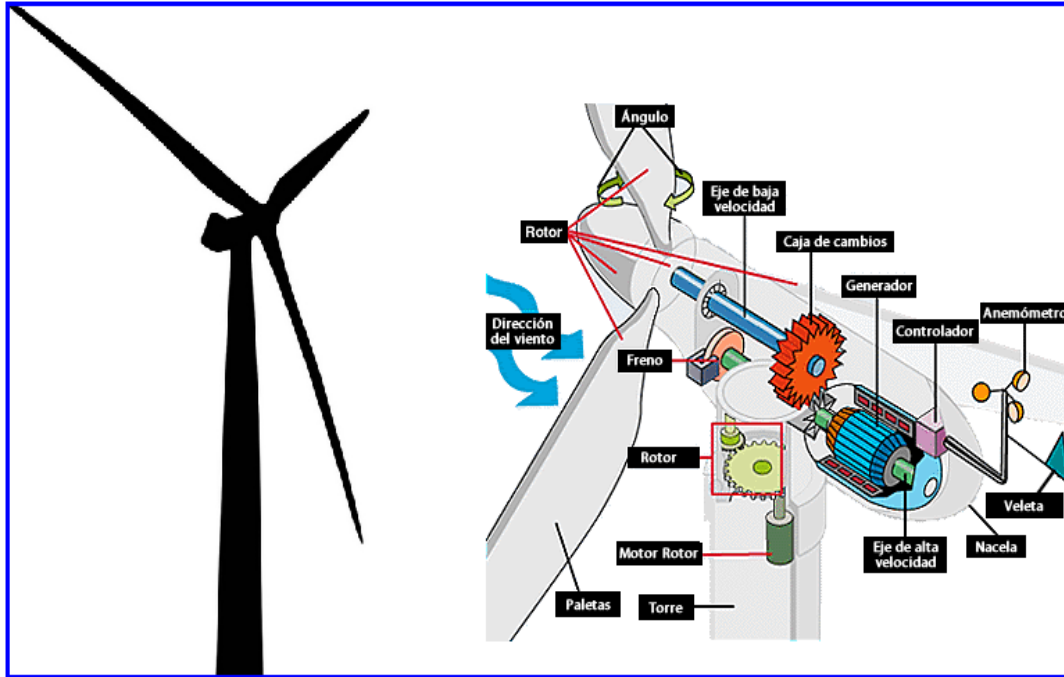
La energía eólica es derivada de la energía solar, puesto que una parte de los movimientos del aire atmosférico se debe al calentamiento causado por el sol. También existe un efecto de la rotación de la tierra y otro de la atracción gravitacional de la luna y el sol.

En la República Mexicana, hay regiones en donde la energía eólica es muy abundante. Ejemplos de ello son las costas y el Istmo de Tehuantepec.

La forma de obtener energía eléctrica del viento, es a través de torres con aspas, las cuales reciben el nombre de aerogenerador.

Cuando el viento sopla, hace girar las aspas, las cuales se encuentran sujetas a un eje. El eje gira dentro de una capa de transmisión que, mediante engranes, aumenta la velocidad giratoria y mueve un generador de electricidad.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Si el viento es muy fuerte, hay un sistema de freno que automáticamente detiene o reduce el movimiento de las aspas para evitar daños al equipo.

El problema que existe con el viento es que no corren todo el año, ni con la misma intensidad. Por ello, el aprovechamiento de la energía eólica sólo puede darse en ciertos lugares del planeta, en donde las condiciones permiten tal fin.

A nivel mundial, existen granjas híbridas, que generan electricidad con sistemas fotovoltaicos, eólicos y plantas termoeléctricas (de combustibles), de acuerdo a las necesidades de la demanda y condiciones del clima.

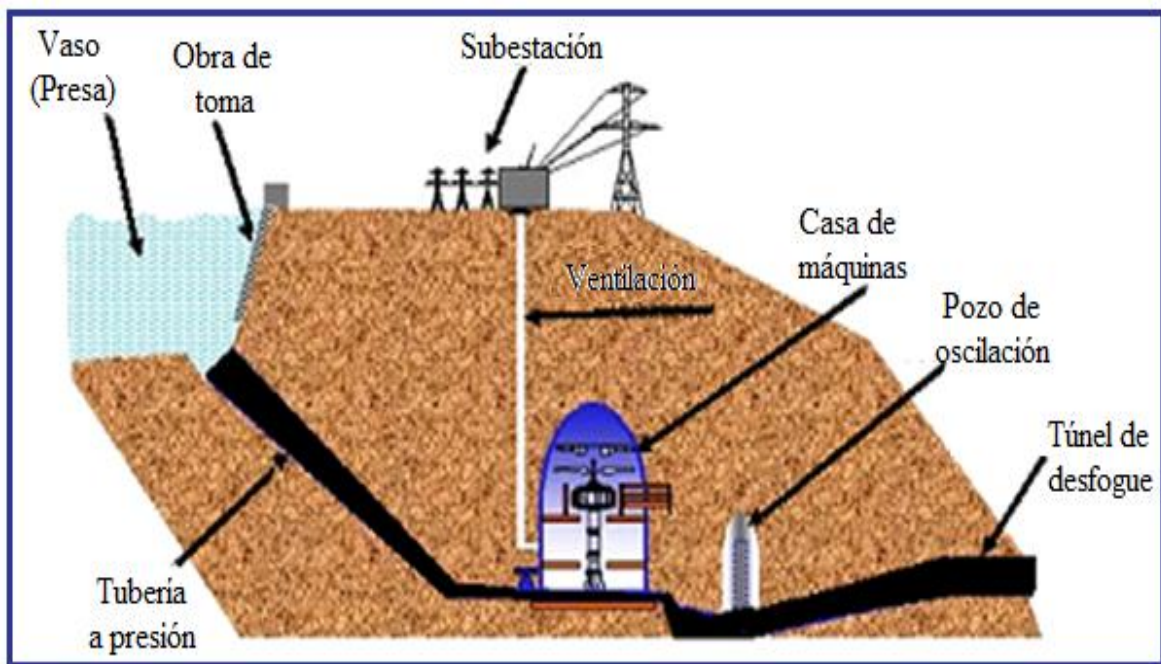
### 1.3.3 Energía minihidráulica

Cuando llueve, parte del agua es absorbida por el suelo, mientras que el resto fluye desde las montañas, colinas y partes altas; en su descenso, forman torrentes y ríos que desembocan en los océanos.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Cuando el agua se mueve (energía cinética) o se encuentra por arriba del nivel del mar (energía potencial), puede ser utilizada para generar electricidad.

El proceso descrito puede ser observado en la siguiente figura:



Las plantas hidroeléctricas aprovechan la energía potencial del agua o la cinética para mover turbinas y generadores que producen electricidad.

El agua que fluye y cae a través de las cortinas de las presas es llevada por conductos para hacer girar las aspas de las turbinas. Éstas son similares a las utilizadas en las plantas termoeléctricas; con la diferencia de que es el agua el que las hace girar, y no el vapor.

Las pequeñas corrientes de agua también son utilizadas para la generación de electricidad; éstas son las que propiamente reciben el nombre de energía minihidráulica. En el mundo, los países desarrollados son los que principalmente aprovechan este recurso.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

### 1.3.4 Energía de la biomasa

La forma más antigua de aprovechamiento de la energía solar, inventada por la naturaleza, es la fotosíntesis. Mediante este mecanismo, las plantas elaboran su propio alimento, así como el de otros seres vivos en la cadena alimenticia.

También, de la biomasa se obtienen otros productos, tales como la madera, que tiene muchas aplicaciones, además de su valor energético.

A partir de la fotosíntesis puede utilizarse la energía solar para producir sustancias con alto contenido energético (liberable mediante una combustión) como el alcohol y el metano.

En general, la biomasa se refiere al conjunto de la materia biológicamente renovable; tales como:

- ✎ Residuos agrícolas. Por ejemplo, paja, orujos, etcétera.
- ✎ Residuos forestales: ramas finas, por ejemplo
- ✎ Restos de maderas de las industrias forestales: astillas o aserrín
- ✎ Cultivos energéticos como el cardo
- ✎ Residuos ganaderos: purines y otros excrementos del ganado.
- ✎ Carbón vegetal
- ✎ Etcétera

Por lo regular, los recursos de la biomasa se obtienen a través de la incineración de este material. Sin embargo, este proceso causa mucho daño al medio ambiente; por ello, se han buscado nuevas alternativas para el aprovechamiento de este recurso.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Las plantas utilizan el sol para crecer. La materia orgánica de la planta recibe el nombre de biomasa y almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La biomasa es parte del ciclo natural de carbono entre la tierra y el aire. Existen muchas fuentes de energía clasificables como biomasa, así como son diversas técnicas para su conversión en energía limpia.

La biomasa comprende una extensa gama de materia biológica, cuya energía también puede obtenerse en estado líquido, mediante la fermentación de azúcares; gaseoso, a través de la descomposición anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de la materia orgánica.

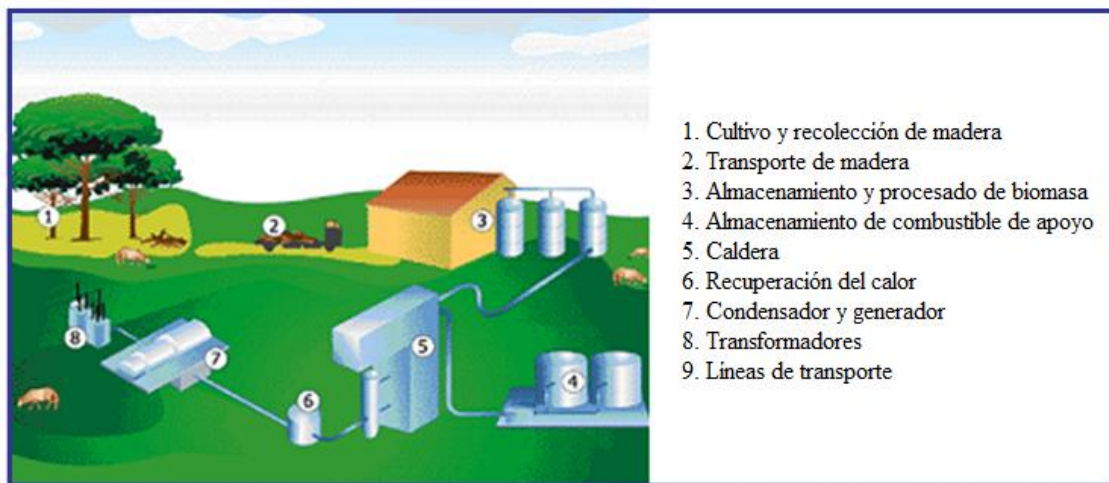
De esta forma, el proceso de aprovechamiento de la energía de la biomasa puede ser tan simple como cortar árboles y quemarlos, o tan complejo como utilizar la caña de azúcar u otros cultivos y convertir sus azúcares en combustibles líquidos.

Desde hace mucho tiempo, los ingenios azucareros utilizaban el gabazo de la caña de azúcar para generar el vapor y la electricidad que requerían sus procesos.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Existen procesos termoquímicos que, mediante reacciones exotérmicas transforman parte de la energía química de la biomasa en energía térmica. Dentro de estos procesos se encuentran: la combustión y la pirólisis. La combustión completa de hidrocarburos consiste en la oxidación de éstos por el oxígeno del aire, obteniendo como productos de la reacción: vapor de agua, dióxido de carbono y energía térmica.

El proceso de pirolisis consiste en la combustión incompleta de la biomasa a unos 500°C con déficit de oxígeno. El humo producido de esa combustión, es una mezcla de monóxido y dióxido de carbono, hidrógeno e hidrocarburos ligeros. Lo anterior se muestra en la figura siguiente:



La energía térmica obtenida puede utilizarse para:

- 👉 Calefacción
- 👉 Usos industriales, como la generación de vapor
- 👉 Transformarla en otro tipo de energía, como la eléctrica o la mecánica

### 1.3.5 Energía oceánica

La energía oceánica se refiere a la generación de electricidad a través del océano. Básicamente, hay tres formas de captar la energía oceánica:

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

- 👉 Aprovechando el movimiento de las olas.
- 👉 Ocupando el movimiento de la marea alta y la marea baja.
- 👉 Utilizando la diferencia de temperatura de las aguas del mar.

### 1.3.5.1 La energía de las olas

Las olas, que se encuentran en constante movimiento natural, contienen energía cinética, que puede ser aprovechada para mover turbinas. Cuando una ola entra a la cámara, el agua sube en su interior; esto expulsa el aire de la cámara y, al hacerlo, mueve la turbina que se encuentra unida al generador. Cuando la ola baja, el aire entra a través de la turbina y mueve el generador. La operación se repite constante y continuamente con el movimiento natural de las olas.

Otra forma de utilizar las olas es a través de un pistón, que sube y baja dentro de un cilindro con cada movimiento de las olas. El pistón se encarga de hacer girar el generador.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

### 1.3.5.2 La energía de las mareas

Cuando sube la marea, el agua puede ser retenida en esclusas y cuando baja, puede ser liberada como se hace en las plantas hidroeléctricas. Sin embargo, para lograr esto, se requiere de fuertes mareas, de al menos cuatro metros de altura entre la marea alta y la marea baja; esto ocurre en muy pocos lugares del mundo.

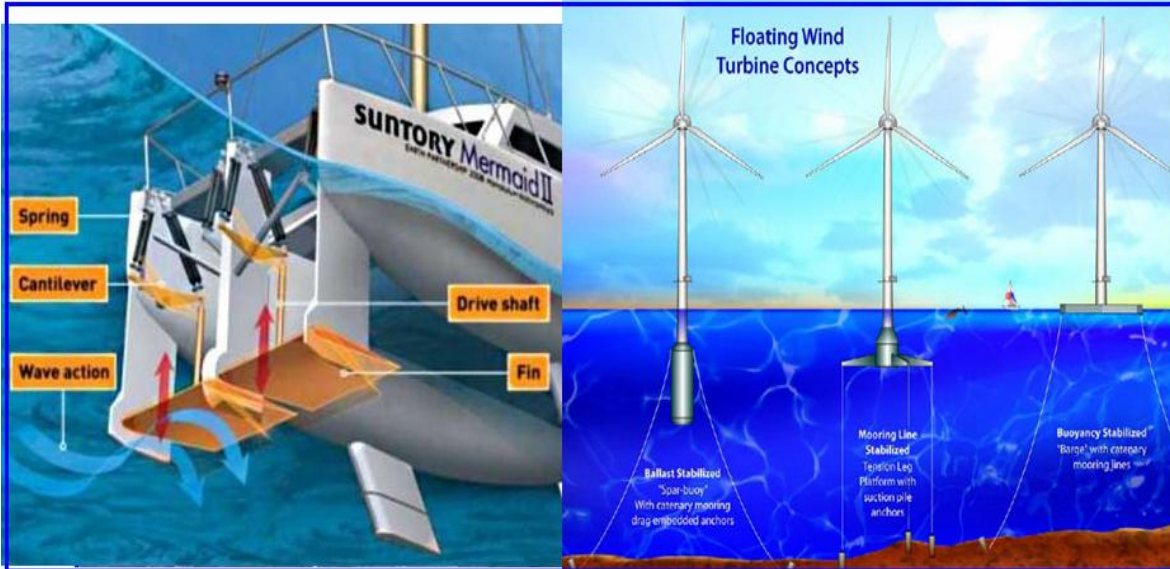


### 1.3.5.3 La energía térmica de los océanos

La conversión de la energía térmica oceánica tiene que ver con la explotación de las diferencias de temperatura entre el agua templada de la superficie y las aguas profundas más frías; particularmente, entre las latitudes tropicales y a una profundidad de mil metros.

Esa diferencia de temperatura puede llegar a 20°C, lo que puede utilizarse para generar electricidad al evaporar y condensar, en forma alternada, un fluido de trabajo. El vapor producido mediante este proceso, mueve una turbina acoplada a un generador de electricidad.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



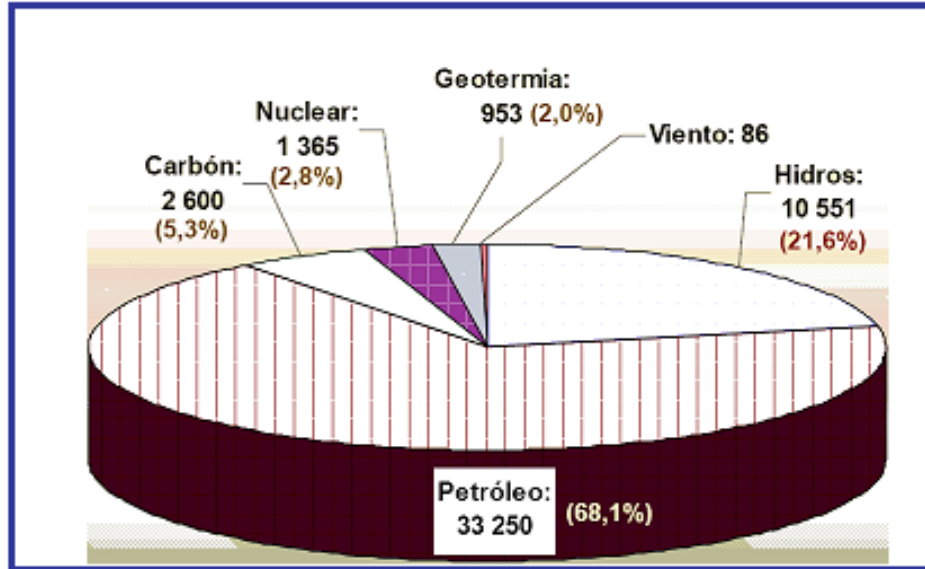
#### 1.4 Generación de electricidad

A manera de compendio, podemos decir que la electricidad puede generarse de muy diversas maneras, y hay varias fuentes que se utilizan para tal fin, tales como:

- 👉 El movimiento del agua que corre o cae
- 👉 El calor para producir vapor o mover turbinas
- 👉 El calor interior de la Tierra, conocido como geotermia
- 👉 La energía nuclear (del átomo)
- 👉 Energías renovables como: solar, de los vientos (eólica), de la biomasa (leña, carbón, basura y rastrojos del campo, etcétera).

Como ejemplo particular, podemos decir que en la República mexicana existen diversas maneras de generar energía y plantas para generar la electricidad requerida; haciendo una estadística en general, se puede realizar una gráfica como la siguiente:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



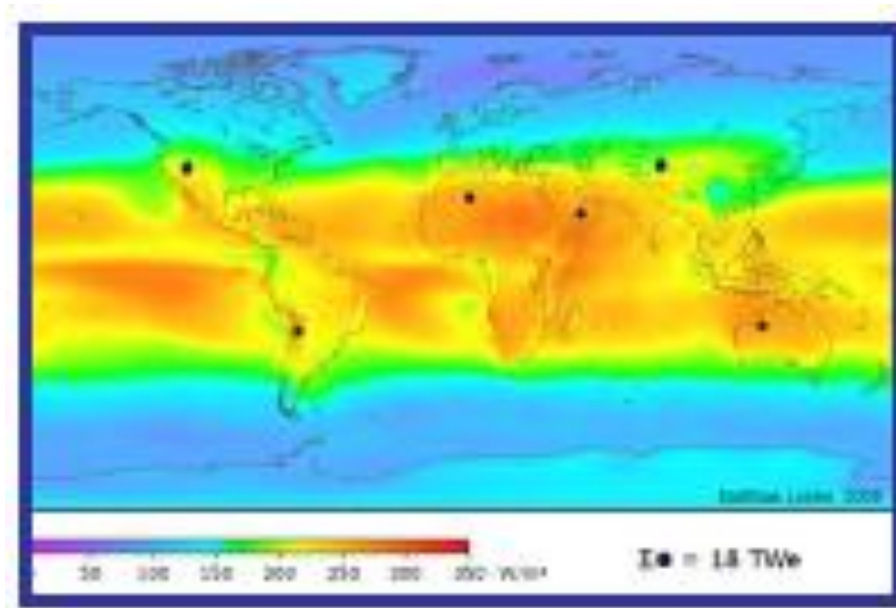
“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## Capítulo II: La energía solar como fuente inagotable

### 2.1 Fundamentos de energía solar

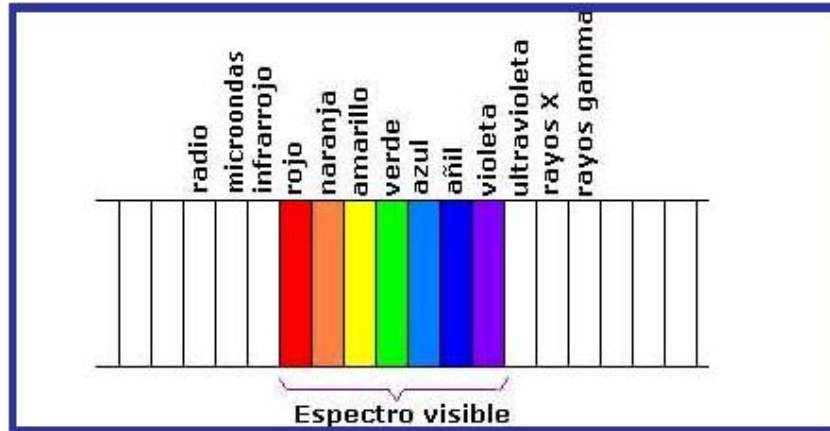
El Sol es una masa gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de aproximadamente 6000°C. El calor que genera se siente en toda la extensión de la Tierra, siendo la fuente de energía que se encuentra más a la mano.

Por supuesto, el calor no es uniforme en todas las regiones de la superficie terrestre, por lo que la energía que se pudiera aprovechar de ella es relativa al lugar en donde se realice el proceso.



De la distribución espectral de la radiación de esta fuente de energía (medida fuera de la atmósfera terrestre), aproximadamente la mitad está en la región visible del espectro, cerca de la otra región infrarroja y un pequeño porcentaje de la región ultravioleta.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



El Sol se encuentra a una distancia de 149.49 millones de kilómetros de la Tierra y la constante solar (la intensidad media de radiación medida fuera de la atmósfera en un plano normal) es aproximadamente de  $1.94 \text{ cal/min. cm}^3$

## 2.2 Constante solar

La constante solar  $G_{sc}$  es el flujo de energía proveniente del Sol, que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar, ubicada a la distancia media de la Tierra al Sol, fuera de toda atmósfera.

De aquí, es necesario aclarar algunos puntos:

- ✎ Es un flujo de energía. Se refiere a una cantidad de energía que incide, de forma instantánea, sobre una superficie de área unitaria.
- ✎ Esta superficie hipotética es perpendicular o normal a la dirección de propagación de la luz. Es de saberse que una superficie en posición oblicua respecto de la dirección del Sol, recibiría un menor flujo de energía.
- ✎ La superficie hipotética se encuentra situada a la distancia media de la Tierra al Sol. Es de aclararse que la distancia desde la fuente de radiación hasta el plano en cuestión, influye fuertemente en el flujo de energía.



## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

- 👉 Como la órbita que describe la Tierra no es constante, debe considerarse un valor promedio para poder hablar de una constante.
- 👉 La superficie hipotética debe estar colocada fuera de la atmósfera para evitar la atenuación de la radiación causada por la diversidad de fenómenos físicos y químicos que se verifican en la atmósfera.

El valor de la constante solar cambia frecuentemente; esto se debe a los diversos procesos de “medición” de la constante solar. El valor comúnmente aceptado para  $G_{sc}$  es:

$$G_{sc} = 1353 \text{ W m}^{-2}$$

Este valor se puede realizar mediante equivalencias de la forma:

$$G_{sc} = 1.940 \text{ cal/cm}_2\text{min} = 428 \text{ Btu/ft}_2\text{hr} = 4871 \text{ MJ/m}_2\text{hr}$$

### 2.2.1 Radiación que llega a la Tierra



La intensidad de la radiación solar que llega a la Tierra se reduce por varios factores variables, tales como:

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

- ✎ La absorción de la radiación, en intervalos de longitud de onda específicos.
- ✎ Los gases de la atmósfera. Dióxido de carbono, ozono, entre otros.
- ✎ El vapor de agua
- ✎ La difusión atmosférica por las partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua
- ✎ La reflexión de las nubes
- ✎ La inclinación del plano que recibe la radiación respecto a la radiación con respecto de la posición normal de ésta.

La intensidad de radiación medida en la superficie de la Tierra varía de 1.6 a 0. El total de energía solar que llega a la Tierra es enorme.

La distribución espectral de la radiación en la superficie de la Tierra ha sido extensamente estudiada y se ha propuesto una serie de curvas a modo de patrón, para diferentes masas de aire.

La masa de aire  $m$  se define como la radiación y el espesor cuando el Sol está en el cenit y el observador a nivel del mar.

### **2.2.1.1 Distribución de la energía**

La distribución de la energía transmitida en tres intervalos de longitud de onda, para diversas masa de aire  $m$ , se basa en la constante solar de  $1.896 \text{ cal/min} \cdot \text{cm}$ .

Lo anterior se muestra en la tabla siguiente:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Intervalo de longitud de onda (m)	Energía transmitida (cal/min*cm <sup>2</sup> )					
	m=0	1	2	3	4	5
Ultravioleta (0.29 . 0.40)	0.136	0.057	0.029	0.014	0.008	0.004
Visible (0.40 – 0.70)	0.774	0.601	0.470	0.371	0.295	0.235
Infrarrojo (por encima de 0.70)	0.986	0.672	0.561	0.486	0.427	0.377
Totales (calorías por minuto, por cm <sup>2</sup> )	1.896	1.330	1.060	0.871	0.730	0.616

### 2.2.1.2 Espectro de la radiación

En determinadas condiciones, los cuerpos emiten energía en forma de radiación. También los cuerpos absorben la radiación emitida por otros cuerpos, asimilando energía.

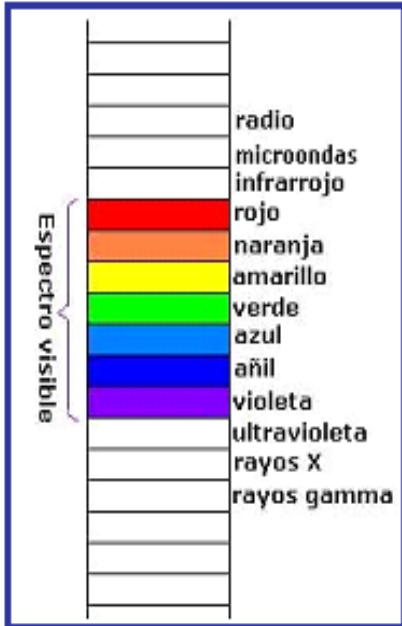
La principal emisión de radiación de los cuerpos es la radiación de los cuerpos en forma de luz visible. Se dice que el arcoíris es el espectro de la luz visible procedente del sol.

La longitud de onda de la radiación puede ser desde muy pequeña, en el caso de la llamada radiación gama, hasta muy grande en las ondas de radio. Se mide usando desde nanómetros y angstroms hasta cientos de metros. En este punto, hagamos algunas aclaraciones:

- ✎ Un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro ( $1\text{m} = 10^9 \text{ nms}$ )
- ✎ Un angstrom es la diez mil millonésima parte de un metro ( $1\text{m} = 10^{10} \text{ A}$ )
- ✎ Un nanómetro equivale a 10 angstrom ( $1 \text{ nm} = 10 \text{ A}$ )

La luz que recibimos del Sol es radiación electromagnética que se desplaza a 300 000 km/s en su totalidad; sin embargo, la longitud de onda no es la misma en todos los fotones luminosos, sino que varía entre los 4000 A (400 nm) y los 7000 A (700 nm), aproximadamente.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Rayos gamma. Inferiores a  $10^{-2}$  nm

Rayos X. entre  $10^{-2}$  nm y 15 nm

Ultravioleta. Entre 15 nm y  $4 \cdot 10^2$  nm

Espectro visible. Entre 4000 Å y 7800 Å

Infrarrojo. Entre  $7.8 \cdot 10^2$  nm y  $10^6$  nm

Región de microondas. Entre  $10^6$  nm y  $3 \cdot 10^8$  nm

Ondas de radio. Mayores de  $3 \cdot 10^8$  nm

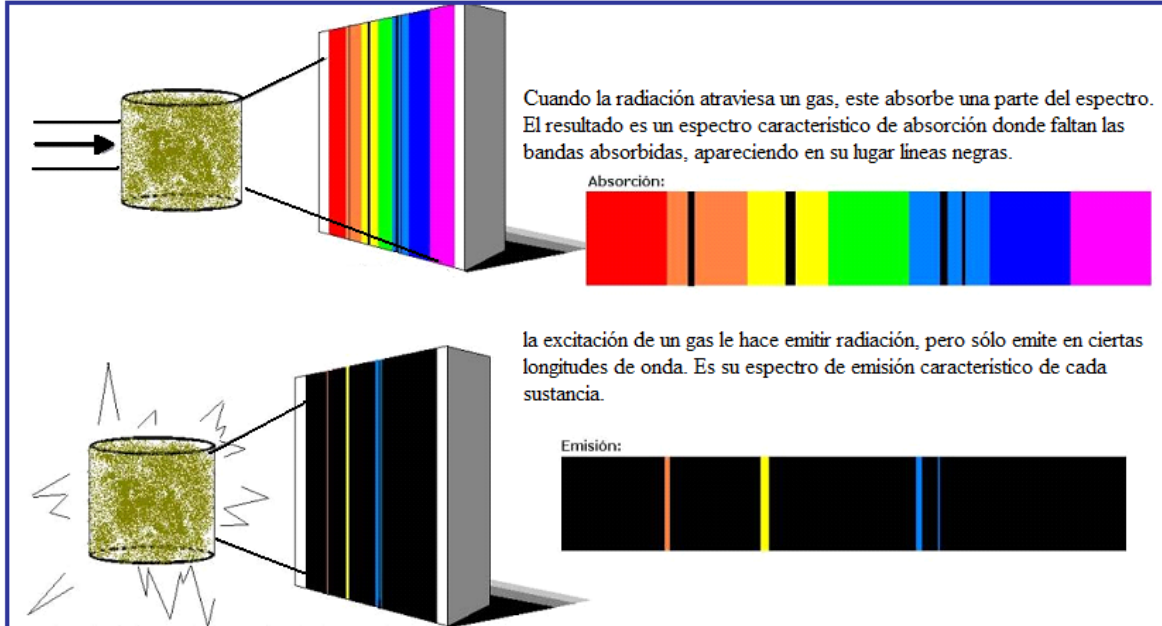
### 2.2.1.3 Espectro de emisión y absorción

Cuando un elemento irradia energía, no lo hace en todas las longitudes de onda. Solamente aquellas de las que está provisto.

Esas longitudes de onda sirven para caracterizar a cada elemento; de la misma forma, cuando un elemento recibe energía, no absorbe todas las longitudes de onda, sólo algunas de ellas.

Por lo tanto, coinciden las bandas del espectro en las que emite radiación con los huecos o líneas negras del espectro de absorción de la radiación, como si un espectro fuera el negativo del otro.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Se acostumbra denominar como cuerpo negro al cuerpo ideal que absorbe todas las longitudes de onda y emite radiación a todas ellas. El fracaso en el intento de explicar la radiación del cuerpo negro desde los conceptos de la física, condujo al descubrimiento de Plank de que la emisión de energía es un múltiplo de la frecuencia de la radiación:

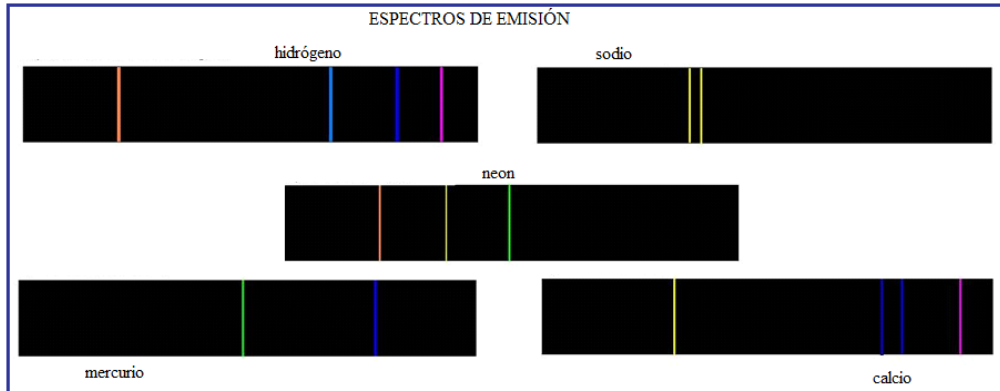
$$E = h \cdot u$$

### 2.2.1.3.1 Espectro de emisión

Todos los cuerpos emiten energía a cierta temperatura. El espectro de la radiación energética emitida es su espectro de emisión. Los cuerpos no tienen el mismo espectro de emisión, ni del mismo tipo. Lo anterior es útil para identificar el elemento químico y conocer de su existencia en objetos lejanos e inaccesibles (las estrellas, por ejemplo).

Algunos ejemplos de ello se muestran a continuación:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

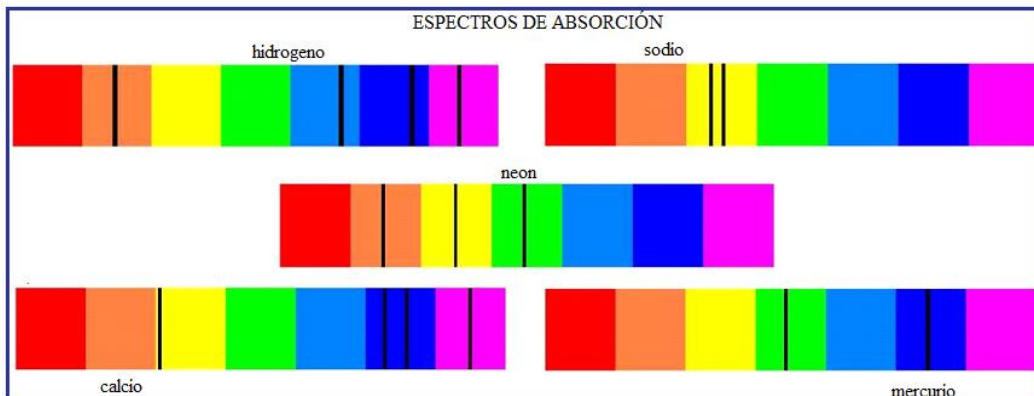


### 2.2.1.3.2 Espectro de radiación

Los cuerpos absorben radiación emitida desde otros cuerpos, eliminando el espectro de radiación que reciben aquellas bandas absorbidas, que quedan en color negro; esto es lo que se denomina rayas del espectro.

Algunos cuerpos absorben la radiación de unas determinadas longitudes de onda, por lo que cada cuerpo (cada elemento químico) tiene su propio espectro de emisión, correspondiéndose con su espectro de emisión, cual si fuera el negativo con el positivo de una película.

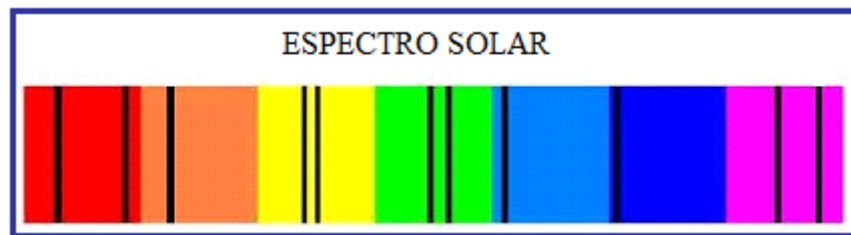
Algunos ejemplos de espectros de absorción se muestran a continuación:



## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

### 2.2.1.3.3 Espectro solar

Si se analiza la luz que llega del sol, se observa que el espectro no es completamente continuo, sino que aparecen ciertas rayas de absorción. Este hecho indica que la luz del Sol ha atravesado gases que han absorbido las longitudes de onda que a cada uno de ellos le es característica. Se sabe que algunos de estos elementos no pueden existir en la atmósfera de nuestro planeta, por lo que se puede concluir que se encuentran en la atmósfera solar. El espectro solar se puede observar como sigue:



### 2.2.1.4 Espectroscopia. Aparatos de medición

La espectroscopia es el estudio de los espectros de los cuerpos físicos. Se fundamenta en el hecho de que cada elemento químico tiene su propio espectro de emisión y de absorción.

- ✎ Un aparato que es capaz de obtener el espectro de una radiación (separar la radiación de sus componentes) se llama espectroscopio.
- ✎ Si el aparato es capaz de fotografiarla, recibe el nombre de espectrógrafo. Si es capaz de medirla, se trata de un espectrómetro.
- ✎ Cuando es capaz de medir también la intensidad de la radiación, se llama espectrofotómetro.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Los instrumentos meteorológicos para la medición de la radiación se pueden agrupar como sigue:

<i>Tipo de Instrumento</i>	<i>Parámetro de Medida</i>
Piranómetro	i) Radiación Global, ii) Radiación directa, iii) Radiación difusa iv) Radiación solar reflejada. (usado como patrón nacional)
Piranómetro Espectral	Radiación Global en intervalos espectrales de banda ancha
Pirheliómetro Absoluto	Radiación Directa (usado como patrón nacional)
Pirheliómetro de incidencia normal	Radiación Directa (usado como patrón secundario)
Pirheliómetro (con filtros)	Radiación Directa en bandas espectrales anchas
Actinógrafo	Radiación Global
Pigeómetro	Radiación Difusa
Radiómetro neto ó piranómetro diferencial	Radiación Neta
Heliógrafo	Brillo Solar

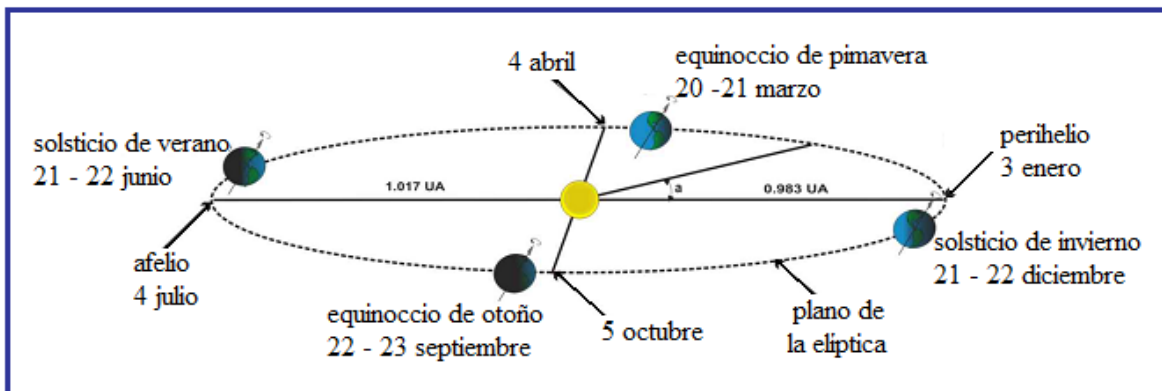


“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

### 2.2.2 La radiación normal extraterrestre

La radiación extraterrestre que incide sobre la Tierra está sujeta a las variaciones geométricas y a las condiciones físicas del propio Sol. Por otro lado, la órbita que describe la Tierra alrededor del Sol no es circular, sino casi elíptica.

La pequeña excentricidad de la órbita hace que, alrededor del 4 de Enero, cuando la Tierra se encuentra en el perihelio (mínima distancia al Sol), la radiación solar extraterrestre sea máxima. Por otro lado, alrededor del 1 de Julio (seis meses después), la Tierra se encuentra en el afelio (máxima distancia al Sol) y entonces la radiación solar extraterrestre es mínima, (Cabirol, 1993).



La ecuación que describe el flujo de energía sobre un plano normal a la radiación solar extraterrestre, a lo largo del año es:

$$G_{on} = G_{sc} (1 + 0.033 \cos (360n/365))$$

en donde  $G_{on}$  es el flujo de radiación extraterrestre, medida en un plano normal a la radiación, y "n" es el número de día del año.

En la ecuación anterior, así como en el resto del texto, las normas para los subíndices son como sigue:

👉 El subíndice "sc" se usa para la constante solar (del inglés solar constante)

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

- ✎ El subíndice "o" se usa para la radiación extraterrestre, esto es, fuera de la atmósfera
- ✎ El subíndice "n" se utiliza para la radiación medida en un plano normal a la dirección de propagación de la radiación.
- ✎ El subíndice "on" se utiliza para la radiación extraterrestre observada en un plano normal a la radiación.

La tabla siguiente contiene información para calcular el valor de n:

Mes	“n” para convertir el <u>i-ésimo día</u> del mes
Enero	i
Febrero	31 + i
Marzo	59 + i
Abril	90 + i
Mayo	120 + i
Junio	151 + i
Julio	181 + i
Agosto	212 + i
Septiembre	243 + i
Octubre	273 + i
Noviembre	304 + i
Diciembre	334 + i

### 2.2.3 La distribución espectral

El Sol emite radiación en toda la gama del espectro electromagnético, desde los rayos gamma, hasta las ondas de radio. Sin embargo, para los fines del aprovechamiento de su energía, sólo es importante la llamada Radiación Térmica (como ya se vio anteriormente), que incluye sólo:

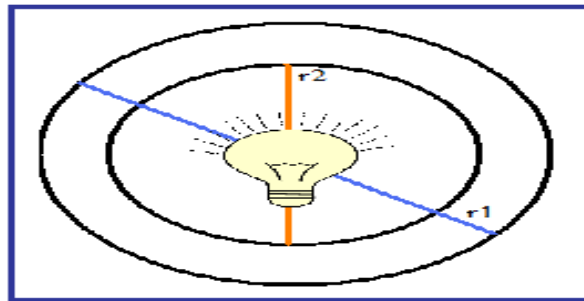
- ✎ Ultra Violeta (UV)
- ✎ Radiación Visible (VIS)
- ✎ Radiación Infrarroja (IR).

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

#### 2.2.4 Variación del flujo de energía con la distancia.

Cuando se tiene una fuente luminosa que emite en todas direcciones, la intensidad luminosa o flujo de energía varía inversamente con el cuadrado de la distancia a la fuente emisora.

Una deducción muy sencilla de esta expresión, puede hacerse como sigue: Considérese una fuente luminosa cualquiera: una bombilla incandescente, una estrella, el Sol, que emite energía en forma homogénea en todas direcciones. Considérense dos esferas concéntricas, de radios  $r_1$  y  $r_2$ , mucho mayores que el de la fuente luminosa, cuyo centro coincida exactamente con la posición de dicha fuente.



Supóngase que se mide la intensidad luminosa (flujo de energía) en la superficie de la esfera con radio  $r_1$ , y llámese a ese valor  $G_1$ . La potencia (energía por unidad de tiempo) que pasa a través de la esfera completa estará dada por  $G_1$  multiplicada por el área de la esfera:

$$\text{Potencia}_1 = 4\pi r_1^2 G_1$$

Por otro lado, si se llama  $G_2$  a la intensidad luminosa medida a la distancia  $r_2$ , se tendrá, mediante el mismo razonamiento, que la potencia evaluada en la superficie de la esfera "2" es:

$$\text{Potencia}_2 = 4\pi r_2^2 G_2$$

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

Si además se considera que el espacio que separa las dos esferas es perfectamente transparente; es decir, no absorbe radiación, entonces la misma energía por unidad de tiempo que atraviesa la esfera "1" debe atravesar la esfera "2".

Por tanto:

$$\text{Potencia}_1 = \text{Potencia}_2$$

Entonces, se puede determinar que:

$$4\pi r_1^2 G_1 = 4\pi r_2^2 G_2$$

De lo cual se reduce entonces de la forma:

$$r_1^2 G_1 = r_2^2 G_2$$

donde  $r_1$  y  $r_2$  son las distancias correspondientes a los puntos en los que el flujo de energía es  $G_1$  y  $G_2$

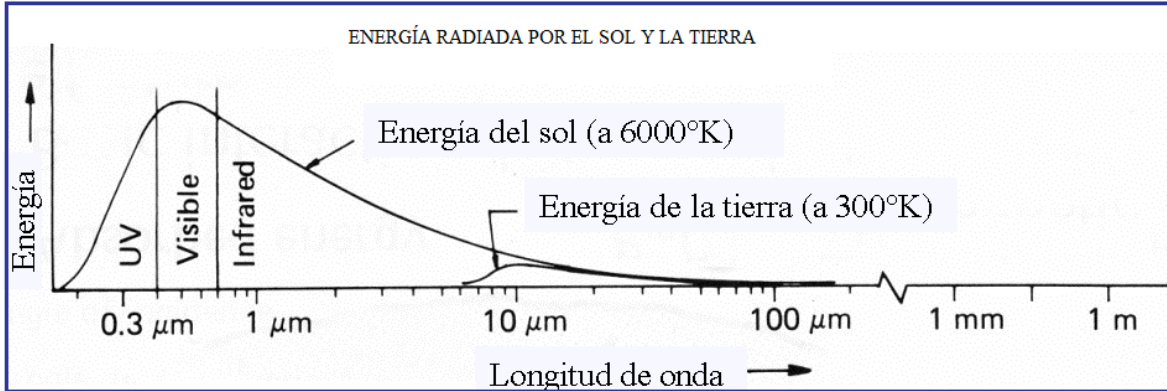
Esta ecuación es de uso bastante general. Su uso es para relacionar intensidades luminosas producidas por lámparas a ciertas distancias (útil en fotografía, por ejemplo), lo mismo que para calcular la constante solar en diversos planetas.

Sin embargo, no se aplica para la luz emitida por medio de reflectores parabólicos, láseres, etcétera, cuya emisión es dirigida y no cumple con la hipótesis de dispersarse en todas direcciones.

### 2.3 Radiación solar

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar. La radiación solar sufre ciertas transformaciones al incidir sobre la atmósfera.

La relación entre la irradiación y la irradiancia está dada por la expresión:

$$I = \int_{t_1}^{t_2} G(t) dt$$

En ella, la irradiación se está calculando desde el tiempo  $t_1$  hasta el tiempo  $t_2$ ; la irradiancia se considera en función del tiempo.

### 2.3.1 Cálculo de irradiancia

El flujo de energía sobre una superficie determinada depende de la irradiancia que exista y de la orientación que tenga la superficie en cuestión respecto de la dirección de propagación de la radiación.

La irradiancia será máxima sobre un plano que esté en posición normal a la dirección de propagación de la radiación; sin embargo, será mínima se el plano es paralelo a la radiación.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

La intensidad de radiación sobre la superficie dependerá del ángulo  $\Theta$  que forme la normal de la superficie, respecto de la dirección de propagación de la radiación. Este ángulo recibe el nombre de ángulo de incidencia. La forma de marcarlo sería:

$$G_T = G_n \cos \Theta$$

En donde  $G_T$  se refiere a la irradiancia sobre un plano con cualquier inclinación y  $G_n$  se refiere a la irradiancia medida sobre un plano normal a la dirección de propagación de la radiación.

Si se conoce la irradiancia normal y el ángulo  $\Theta$ , mediante la ecuación anterior se puede calcular la irradiancia sobre un plano en cualquier inclinación. Como el Sol describe un movimiento aparente a lo largo del día (de oriente a poniente), y otro a lo largo del año (de sur a norte y viceversa), el valor del ángulo  $\Theta$  varía con:

- ✎ La fecha y la hora
- ✎ La orientación del plano
- ✎ Su inclinación respecto de la horizontal
- ✎ La latitud geográfica del lugar donde se encuentre el plano en cuestión

La declinación solar puede calcularse aproximadamente mediante la ecuación:

$$\delta = 23.45 \operatorname{sen} \left( 360 \frac{284 + n}{365} \right)$$

La ecuación que relaciona el ángulo con otros ángulos es:

$$\begin{aligned} \cos \Theta = & \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} \phi \cos \beta - \operatorname{sen} \delta \cos \phi \operatorname{sen} \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega \\ & + \cos \delta \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \beta \cos \gamma \cos \omega \\ & + \cos \delta \operatorname{sen} \beta \operatorname{sen} \gamma \operatorname{sen} \omega \end{aligned}$$

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

En la mayoría de las aplicaciones de esta ecuación, la única variable a lo largo del día es el ángulo de horario.

### 2.3.2 Conversión de hora civil a hora solar

En la mayoría de los cálculos solares se requiere la hora solar, mientras que los relojes indican la hora civil. La hora solar es la que indica un reloj de Sol, es decir el mediodía (12:00 hrs.) corresponde exactamente al paso del Sol por el meridiano.

Como en la práctica esto haría que lugares relativamente cercanos tuvieran horas distintas, se han establecido los husos horarios. Esto evita que diferentes lugares cercanos tengan horas distintas. Como en cada una de estas ciudades la hora solar es diferente, pero la hora civil es la misma, existe una diferencia entre ellas.

Otra corrección necesaria está dada por el hecho de que el Sol se adelanta y se atrasa respecto de la hora solar media, debido a dos efectos astronómicamente bien conocidos y estudiados:

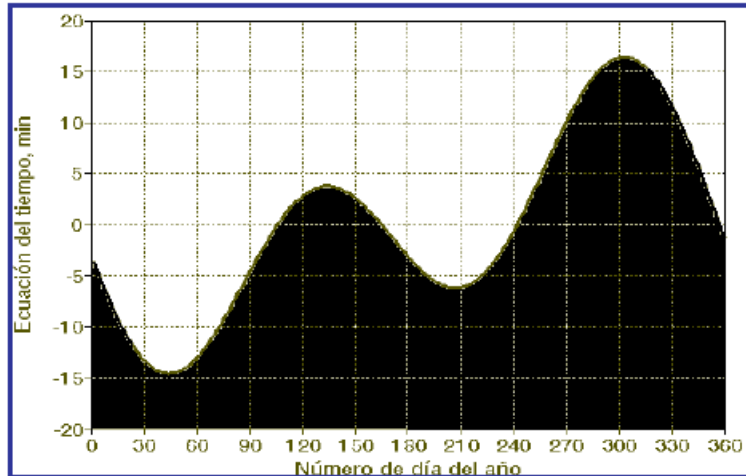
- ✎ La excentricidad de la órbita terrestre
- ✎ La inclinación del eje polar de la Tierra respecto de la órbita.

Es de notar que el Sol se atrasa o adelanta según la fecha, hasta más de 15 minutos, respecto de la hora solar media. Aunque para cálculos aproximados se puede despreciar la ecuación del tiempo, en términos generales no es despreciable esta corrección.

La ecuación del tiempo se traduce físicamente, por ejemplo, en que el mediodía solar varía de una fecha a otra, efecto que se suma a la variación debida al meridiano de referencia.

La ecuación del tiempo se puede ver representada en la siguiente gráfica:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Por otro lado, la combinación de la ecuación del tiempo, junto con el de la declinación del Sol a lo largo del año (efectos separados, que no coinciden) y otros factores que no expondremos, se traducen en una variación en las horas de salida y puesta del Sol, todavía mayor que lo anterior. Nótese que, aunque el "día más largo" es el del solsticio de verano y el "más corto" es el del invierno, éstos no coinciden con las fechas extremas de salida y puesta del Sol.

Mencionemos entonces que la hora civil la marca el Gobierno de un país, y puede estar adelantada o atrasada con respecto al GMT. Por otra parte, la hora solar es la que marca la incidencia del Sol en cada meridiano.

La diferencia entre la hora solar (HS) y la hora civil (HC) viene dada básicamente por tres causas, representada por los parámetros:

- ✎ Et. Ecuación del tiempo. Debida a la forma elíptica de la órbita terrestre. La velocidad aparente del Sol (y por tanto, la longitud del día) fluctúa a lo largo del año.
- ✎ Dg. Desviación geográfica. Debida a la diferencia entre la longitud geográfica del lugar y el meridiano de referencia del país, que fija la misma hora civil para todo el país.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

👉 Incremento horario. Debido a causas económicas, hay un adelanto de 1 o 2 horas sobre la hora solar dependiendo de la estación del año.

Las fórmulas empleadas generalmente para el cálculo son:

Ecuación del tiempo:	$E_t = -[9.93 \sin(198 + 1.971N) + 7.37 \sin(175 + 0.986)]$
Desviación geográfica:	$D_g = d/15$ donde $D_g$ es negativa si long Este
Desviación total:	$D_t = E_t + D_g$
Incremento horario:	$I = +2$ horas (verano) o $+1$ hora (invierno)
Hora solar:	$HS = HC - D_t - I$
Hora civil:	$HC = HS + D_t + I$
Orden del día del año:	$N = 1$ (1 de enero) $N = 365$ (31 diciembre)
Diferencia de longitud geográfica:	$dL = \text{longitud local} - \text{Meridiano de referencia}$
Meridiano de referencia:	$M$ de greenwich = $0^{\circ}00'00''$
Margen de error en HS y HC calculadas $\pm 1$ minuto	

## 2.4 Cálculo de radiación directa del sol

Como caso particular, se tiene el cálculo de la irradiancia e irradiación sobre una superficie horizontal. De ello, se obtiene la ecuación:

$$G_o = G_{sc} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360 n}{365} \right) \right] \cos \theta_z$$

Donde  $G_{sc}$  es la constante solar,  $n$  es el número de día del año y  $\theta_z$  es el ángulo cenital. Con ello, se obtiene la ecuación para la irradiancia directa sobre un plano horizontal:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

$$G_o = G_{sc} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360 n}{365} \right) \right] (\text{sen } \phi \text{ sen } \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega)$$

De aquí, se obtiene la irradiación a lo largo de un día  $H_o$ :

$$H_o = \frac{24 \times 3600 G_{sc}}{\pi} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360 n}{365} \right) \right] \left( \cos \phi \cos \delta \text{sen } \omega_s + \frac{2 \pi \omega_s}{360} \text{sen } \phi \text{ sen } \delta \right)$$

En esta ecuación, la irradiación  $H_o$  está dada por  $J * m^{-2}$ . Finalmente, una expresión para calcular la irradiación incidente en un plano horizontal  $I_o$  desde un tiempo inicial hasta un tiempo final, con ángulos horarios diferentes en  $J * m^{-2}$  es:

$$I_o = \frac{12 \times 3600 G_{sc}}{\pi} \left[ 1 + 0.033 \cos \frac{360 n}{365} \right] \times \left[ \cos \phi \cos \delta (\text{sen } \omega_2 - \text{sen } \omega_1) + \frac{2 \pi (\omega_2 - \omega_1)}{360} \text{sen } \phi \text{ sen } \delta \right]$$

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## **Capítulo III:** **Métodos y procesos para el tratamiento de energía solar**

### **3.1 Introducción a la tecnología solar**

Existen diferentes formas para la utilización de la energía solar. La conocida como energía solar térmica se obtiene mediante la conversión del calor del sol en calor útil, para calentar, por ejemplo, agua para las duchas o para la calefacción. La energía fotovoltaica por su parte, implica convertir la radiación solar en energía eléctrica. Con este objetivo, celdas solares individuales se combinan para crear módulos solares.

Las celdas solares están fabricadas con un material semiconductor (por lo general es el silicio) a través del cual la irradiación lumínica es separada en cargas negativas (llamadas electrones) y en conductores de cargas positivas.



El campo electromagnético creado por las variaciones seleccionadas en los semiconductores separa a las cargas energéticas. Como resultado, se da la carencia de electrones en un lado y el exceso de ellos en el otro (este fenómeno es conocido como polarización). Esta tensión eléctrica puede ser recolectada por contactos metálicos en las partes superiores e inferiores.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

### 3.2 Hechos sobresalientes en la evolución de la tecnología solar

En 1839, el físico francés Alexandre Becquerel había descubierto el efecto fotovoltaico, a través del cual los pares de cargas eléctricas se separaban cuando eran alcanzados por la luz solar.

En 1884, el norteamericano Charles Fritts estableció la fuerza electromotriz del selenio iluminado y construyó la primera célula solar. No obstante, su efectividad resultaba mínima.

La explicación científica de que la luz pudiera ser convertida directamente en electricidad, fue enunciada por Albert Einstein en 1905. Su ensayo sobre la ley del efecto fotoeléctrico estableció las bases de la teoría fotovoltaica moderna.

Finalmente y como suele ocurrir con los grandes inventos a través de la historia, fue una coincidencia lo que condujo a la creación de las celdas solares modernas. Cuando Calvin Fuller y Gerald Pearson se encontraban desarrollando el transistor, crearon la celda solar casi como un subproducto de su experimento. Conjuntamente con su colega Darryl Chapin, los investigadores presentaron su “Aparato de conversión de energía solar” de silicio en 1958.

La brecha había sido marcada. En 1958 (el mismo año de la presentación de la celda solar), el primer satélite equipado con energía fotovoltaica navegaba por el espacio. Hoy, la energía proporcionada por los módulos fotovoltaicos es indispensable para las naves espaciales, siendo la única forma en que obtienen energía para su funcionamiento y permanencia en el espacio.

En sus inicios, la energía fotovoltaica era un tipo de tecnología altamente costosa, utilizada únicamente para aplicaciones especiales. Sin embargo, la crisis del petróleo en 1973 y la catástrofe del reactor nuclear de Chernobyl en 1986, dieron un gran empujón en la búsqueda de recursos energéticos nuevos y que fueran renovables y menos peligrosos que los utilizados hasta entonces.

La transformación de la luz solar en electricidad y calor se manifestó como un verdadero furor, bajó sus costos y se volvió accesible para más personas.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Actualmente, se están produciendo celdas solares delgadas. Son especialmente rentables debido a que sólo es necesaria una mínima cantidad de silicio en su fabricación. Las celdas son instaladas con vapor en materiales como el vidrio; por ello, pueden ser utilizadas, por ejemplo, en fachadas.



### 3.3 Colectores solares

Un colector solar es una especie de intercambiador de calor, el cual se encarga de la transformación de la energía radiante en calor. La transferencia de energía se lleva a cabo desde una fuente radiante (el Sol, por supuesto) hacia un fluido (por lo general, agua o aire) que circula por los ductos o tubos del colector.

El flujo de energía radiante que finalmente intercepta el colector, proviene básicamente del rango visible del espectro solar y es, por naturaleza, variable con el tiempo.

En condiciones óptimas, se puede hablar de un flujo de  $1100 \text{ W/m}^2$  como máximo. De esta forma, un análisis de colectores solares presenta problemas relacionados con radiación y flujos de energía pequeños y variables.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

En general, los colectores solares se pueden dividir en tres grandes grupos de acuerdo con sus características:

- ✎ Colectores solares planos
- ✎ Colectores concentradores
- ✎ Colectores fotovoltaicos

### 3.3.1 Colectores solares planos

Dentro de los diversos tipos de colectores solares, los colectores planos son los más utilizados. Pueden ser diseñados y utilizados en aplicaciones en donde se requiere que la energía sea liberada a bajas temperaturas; esto se debe a que la temperatura de operación de este tipo de colectores difícilmente sobrepasará los 100°C.

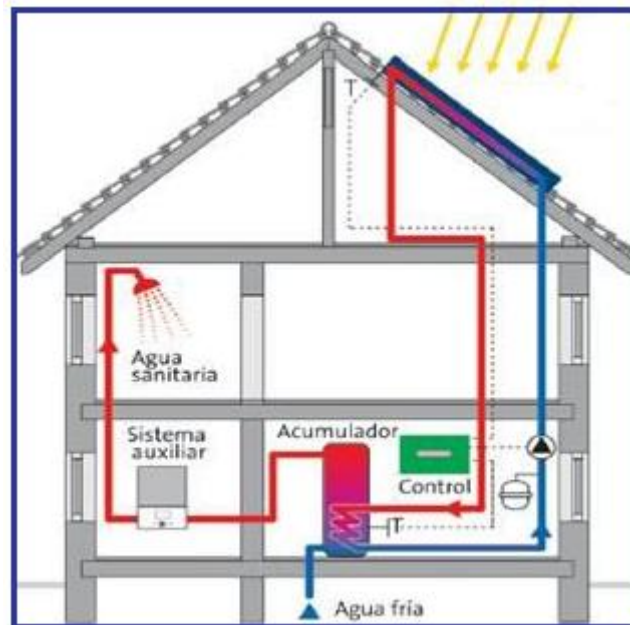
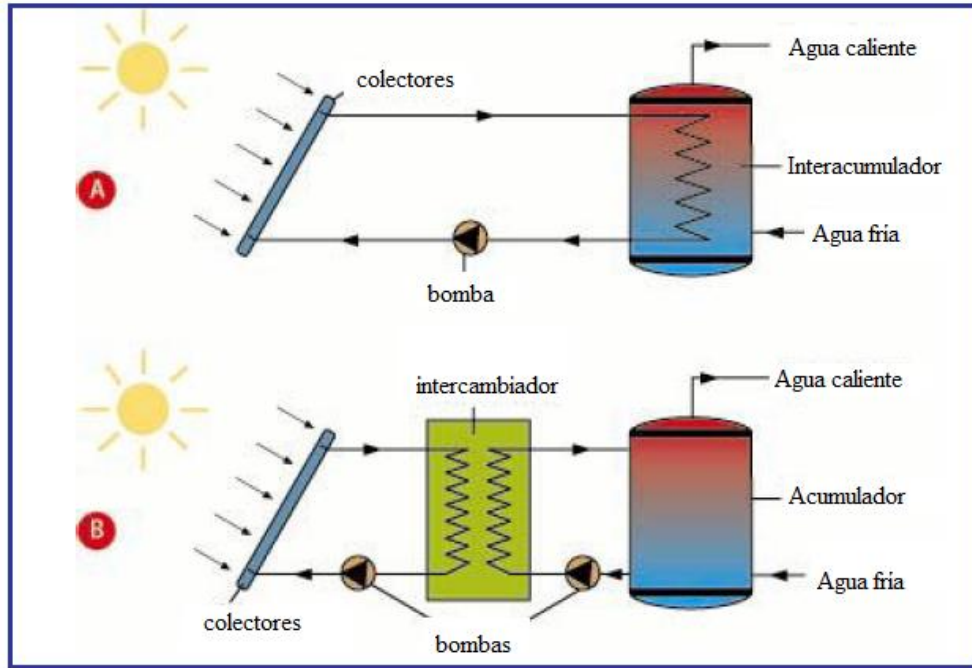
Las ventajas que ofrecen los colectores solares planos son:

- ✎ Utilizan energía solar directa y difusa
- ✎ No requieren de un movimiento continuo que “siga” al Sol
- ✎ Prácticamente, no requieren de mantenimiento
- ✎ Son mecánicamente de construcción muy simple

Las principales aplicaciones de los colectores solares planos son:

- ✎ En el campo del calentamiento de agua a nivel doméstico e industrial
- ✎ Acondicionamiento calorífico de edificios
- ✎ Secado de frutas y granos

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



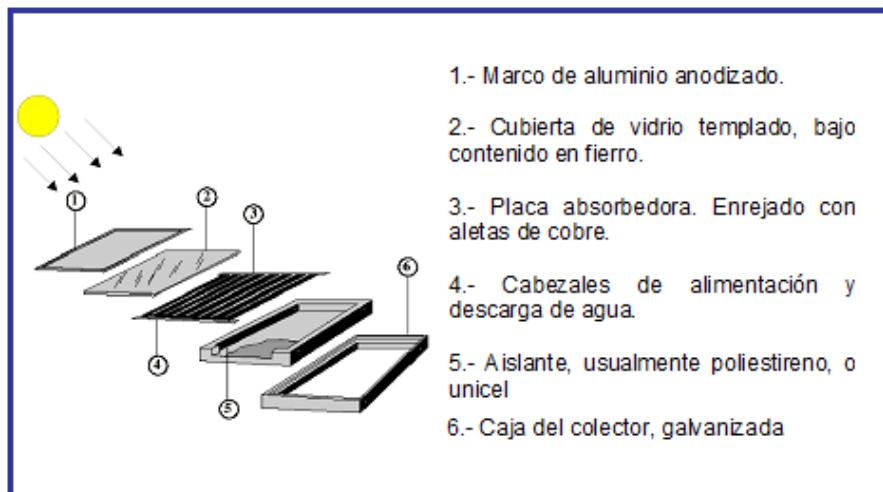
El fluido de trabajo de un colector solar plano puede ser un líquido o un gas.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

### 3.3.1.1 Descripción de un colector solar plano

Las partes más importantes de un colector solar plano son:

- ✎ Un marco de aluminio anodizado.
- ✎ Una cubierta de vidrio templado, bajo contenido en hierro.
- ✎ Una placa absorbidora. Se basa en un enrejado con aletas de cobre.
- ✎ Cabezales de alimentación y descarga de agua.
- ✎ Un aislante. Por lo regular, es poliestireno o unicel.
- ✎ Una caja del colector, galvanizada.



De la figura anterior se puede observar que la energía solar incidente tiene que atravesar una o varias capas de algún otro material transparente adecuado (regularmente, vidrio) antes de alcanzar la placa de absorción o placa absorbidora; éste es el elemento más importante del colector solar, puesto que es la encargada de convertir la energía radiante en calor. Al colector se encuentra unido el tubo o ducto.

El calor obtenido es transferido posteriormente por conducción hacia el flujo de trabajo (que puede ser aire o agua), que es el que finalmente remueve la energía térmica del colector y la transfiere al tanque de almacenamiento térmico o al elemento que va a ser calentado, de acuerdo con la aplicación requerida.



## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

El colector solar plano está diseñado para absorber el calor y, al mismo tiempo, minimizar las pérdidas de calor por radiación y convección hacia el medio ambiente por la parte superior del colector.

El diseño de cada colector depende de la aplicación específica a la cual está destinado.

Los parámetros a tomar en cuenta en este sentido (diseño y funcionamiento) son:

- ✎ Tipo de tubo o ducto
- ✎ Diámetro nominal
- ✎ Longitud
- ✎ Número de tubos y espaciamiento entre ellos
- ✎ Material, espesor y acabado de la placa de absorción o aleta
- ✎ Tipo de fluido de trabajo y flujo de masa del mismo
- ✎ Inclinación y orientación del colector
- ✎ Condiciones ambientales
  - a) Velocidad del viento
  - b) Temperatura del aire
  - c) Intensidad de la radiación solar

### 3.3.1.2 Clasificación de colectores solares planos

Básicamente, los colectores solares planos se pueden dividir en dos grandes grupos:

- ✎ Colectores planos que utilizan como fluido de trabajo un líquido (agua). En ellos, el líquido fluye normalmente por un tubo adherido a la placa absorbidora o aleta.
- ✎ Colectores planos que utilizan como fluido de trabajo un gas (aire). En ellos, el gas fluye por un ducto que forma parte de la placa de absorción y que puede tener diversas formas. Estos manejan flujos más grandes que aquellos que manejan líquidos.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



### 3.3.1.3 Estabilidad de la energía

En estado estable, el funcionamiento de un colector solar plano se puede describir mediante un balance de energía. Este se puede representar de manera sencilla mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{abs} = Q_u + Q_L + du/dt$$

donde  $Q_{abs}$  es el calor total incidente absorbido por unidad de tiempo en el colector (W),  
 $Q_u$  es el calor útil que finalmente se transfiere al fluido de trabajo (W),  
 $Q_L$  son las pérdidas de calor hacia los alrededores por radiación, convección y conducción (W),  
 $du/dt$  es la rapidez del cambio de energía interna almacenada en el colector (W);  
El valor del último término resulta ser muy pequeño, por lo que generalmente se desprecia.

De forma detallada, se puede obtener las siguientes ecuaciones:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

$$Q_{abs} = H_T A_c (\tau \alpha)$$

$$Q_u = m C_p dT/dt$$

$$Q_L = U_L A_c (T_{p,m} - T_a)$$

$$(\tau \alpha) = \frac{\tau \alpha}{1 - (1 - \alpha) \rho \lambda}$$

De la ecuaciones anteriores:  $H_T$  es la energía solar incidente, dada en  $W/m^2$

$A_c$  es el área efectiva del colector, dado en  $m^2$

$mC_p$  es la capacidad calorífica del fluido de trabajo, dado en  $J/^\circ C$

$dT/dt$  es la rapidez del cambio de la temperatura con respecto al tiempo, dado en  $^\circ C/s$

$U_L$  es el coeficiente global de pérdidas de calor por radiación, convección y conducción, dado en  $W/m^2 * ^\circ C$

$T_{p,m}$  es la temperatura media de la placa de absorción, dado en  $^\circ C$

También se puede obtener la medida de funcionamiento del colector mediante la eficiencia de colección. Ésta se define como la relación entre el calor útil y la energía solar incidente sobre el colector en un mismo periodo de tiempo, lo cual se representa como sigue:

$$\eta_c = \frac{Q_u}{H_T A_c}$$

### 3.3.1.4 Pérdidas de calor

La evaluación numérica del coeficiente total de pérdidas de calor  $U_L$  requiere de un análisis detallado.

Cabe mencionar que es indispensable conocer el valor de  $U_L$  para poder evaluar el calor útil o las pérdidas de calor.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Para el cálculo del coeficiente total de pérdidas de calor se utilizan diferentes métodos o procedimientos. Es necesario tomar en cuenta diferentes puntos, como:

- ✎ El colector opera en estado estable
- ✎ Los cabezales proveen un flujo uniforme por los tubos
- ✎ La absorción de la energía solar en las cubiertas es despreciable
- ✎ El flujo de calor a través de las cubiertas y el fondo del colector es unidimensional
- ✎ Las cubiertas son opacas a la radiación infrarroja
- ✎ La irradiación sobre la superficie del colector es uniforme
- ✎ El firmamento se comporta como un cuerpo negro que emite radiación infrarroja a una temperatura equivalente.

La ecuación simplificada del procedimiento matemático para obtener el coeficiente de pérdidas de calor es:

$$U_t = \left( \frac{N}{(344/T_p)(T_p - T_a)/(N + f)^{0.31} + \frac{1}{h_w}} \right)^{-1} + \left( \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\epsilon_p + 0.0425N(1 - \epsilon_p)]^{-1} + \frac{(2N + f - 1)}{\epsilon_c} - N} \right)^{-1}$$

Donde se puede observar:

$$f = (1 - 0.04 h_w + 0.0005 h_w^2)(1 + 0.058N)$$

Siendo  $h_w$  el coeficiente de transferencia de calor por convección debido al aire soplando sobre la cubierta de material transparente y tomando en cuenta la velocidad del viento  $v$ , se tiene:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

$$h_w = 5.7 + 3.8 (v)$$

### 3.3.1.5 Calor útil

Es de notar que la temperatura de la placa absorbidora está cambiando constantemente con el tiempo, debido a que es función de variables que también cambian con el tiempo, como la temperatura ambiental y la radiación solar, entre otras.

La relación entre el calor útil y la pérdida de éste es muy estrecha; sin embargo, la parte fundamental del colector solar es su habilidad para absorber y convertir la energía del sol. En este sentido, se tiene que  $F_3$  es el factor de eficiencia global; así se tiene:

$$Q_u = A_c F_3 [ S - U_L (T_i - T_a) ]$$

El factor de eficiencia global involucra específicamente todas las partes de la placa absorbidora, así como la temperatura del fluido y los flujos de masa pasando a través de los tubos del colector.

Para poder evaluar  $F_3$ , primeramente se tiene que evaluar otros dos factores de eficiencia, como son el factor de eficiencia de la aleta  $F_1$  y el factor de eficiencia de la sección  $F_2$ .

#### 3.3.1.5.1 Factor de eficiencia de la aleta

Haciendo un balance de energía en una placa de absorción, se encuentra que el calor por unidad de longitud que fluye por conducción a lo largo de la aleta hacia el tubo ( $q'_{cond}$ ) es igual a:

$$q'_{cond} = (W - D) [ S - U_L (T_b - T_a) ] \frac{\tanh [m(W - D)/2]}{m(W - D)/2}$$

$$\text{donde } F_1 = \frac{\tanh [m(W - D)/2]}{m(W - D)/2} \quad \text{y} \quad m = \sqrt{\frac{U_L}{k \delta}}$$

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

donde  $W$  es el espaciamiento entre los tubos,  
 $D$  es el diámetro exterior de los tubos,  
 $T_b$  es la temperatura de la placa en la vecindad del tubo,  
 $k$  es la conductividad térmica de la aleta.

### 3.3.1.5.2 Factor de eficiencia de la sección

Este factor de eficiencia está relacionado con el calor útil por unidad de longitud ( $q'_u$ ) que eventualmente es transferido al flujo de trabajo y que es la suma del calor por conducción, más el calor por radiación solar que el tubo recibe directamente; así, se tiene:

$$F_2 = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \left[ \frac{1}{U_L [D + (W - D) F_1]} + \frac{1}{\pi D_i h_f} \right]}$$

De la ecuación anterior,  $T_f$  es la temperatura en cualquier posición,  $D_i$  es el diámetro interior del tubo y  $h_f$  es el coeficiente de transferencia de calor por convección en la interfaz tubo-fluido.

### 3.3.1.5.3 Factor de eficiencia global del colector

Haciendo un balance de energía en el propio fluido de trabajo y desarrollando una expresión que calcule la temperatura del fluido en cualquier posición del tubo en dirección del flujo, se puede encontrar que  $F_3$  es representada por la siguiente ecuación:

$$F_3 = \frac{mCp}{A_c U_L} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{U_L F_2 A_c}{mCp}\right) \right]$$

donde  $m$  es el flujo de masa por cada tubo y  $Cp$  es la capacidad calorífica del fluido de trabajo.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Esta ecuación permite evaluar el funcionamiento de cada una de las partes de la placa absorbadora, así como las características del fluido de trabajo, de manera que exista la oportunidad de evaluarlas y modificarlas cada una por separado, si se requiere.

### 3.3.2 Colectores concentradores

Existen muchas aplicaciones (principalmente en la industria) donde se necesita que la energía sea liberada a altas temperaturas. Para ello, se hace necesario incrementar la intensidad de la energía solar, lo que se puede lograr disminuyendo el área por donde ocurren las pérdidas de calor e interponiendo un dispositivo óptico entre la fuente de radiación (el Sol) y la superficie de absorción, que debe ser pequeña en comparación con el dispositivo. El dispositivo que realiza esta función recibe el nombre de colector concentrador.

Con los colectores concentradores de energía solar se pueden obtener temperaturas:

- ✎ Entre los 100°C y los 500°C si se utilizan colectores focales rudimentarios.
- ✎ Entre 500°C y los 1500°C si el sistema óptico de los colectores tiene un buen acabado.
- ✎ Entre 1500°C y 3500°C si el sistema óptico tiene un acabado perfecto

#### 3.3.2.1 Tipos de colectores concentradores

Los tipos de concentradores se clasifican de acuerdo a diferentes criterios y visiones:

- ✎ Por movimiento, en fijos y semifijos.
- ✎ Por reflejo de la señal en reflector y refractor.
- ✎ Foco de la luz en cilíndricos o lineales y circulares o de superficies de revolución.
- ✎ Por el tipo de sección pueden ser de sección parabólica, de sección plana o de sección esférica

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

El complemento de los colectores concentradores son los receptores, que pueden ser: Cóncavos, Convexos, Planos, Hemisféricos, Cilíndricos, Elípticos, Concavidades.

Regularmente, los mecanismos de funcionamiento de colectores concentradores pueden tener uno o dos ejes de movimiento; estos, a su vez, pueden ser automáticos o manuales

### 3.3.2.2 Razón de concentración

La razón de concentración de un colector solar se define como la relación entre el área efectiva de apertura  $A_a$  y el área de recepción  $A_r$

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$

Esta razón de concentración tiene un límite máximo que depende del tipo de concentrador que se esté utilizando.

### 3.3.3 Colectores fotovoltaicos

Las principales aplicaciones de la energía solar son de tipo térmico, donde la energía luminosa se aprovecha en forma de calor. No obstante, existe una aplicación no fototérmica de mucha importancia, que consiste en la producción de electricidad a partir de la radiación solar mediante celdas solares y paneles fotovoltaicos.

Actualmente, el hombre ha aprendido a obtener electricidad a partir de la radiación solar mediante procesos fototérmicos y fotovoltaicos. Los primeros operan bajo principios semejantes a los de las centrales térmicas convencionales. Los denominados fotovoltaicos presentan una importante simplificación respecto a los procesos energéticos convencionales, debido a que transforman la energía solar en electricidad de un modo directo. De esta forma, las células solares o celdas fotovoltaicas son dispositivos capaces de transformar la radiación solar en electricidad directamente. Estos dispositivos son estáticos y en absoluto semejantes a los generadores convencionales.



## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

### 3.3.3.1 Conceptos fotovoltaicos

Los conceptos inherentes a los colectores fotovoltaicos son:

- ✎ Efecto fotovoltaico. Ciertos materiales, al absorber un determinado tipo de radiación electromagnética generan en su interior pares de cargas positivas y negativas. Si esta radiación es solar y el material es un semiconductor como el silicio, los pares de carga son electrones y huecos que una vez producidos se mueven aleatoriamente en el volumen sólido.

Si no hay condicionantes, las cargas de signos opuestos se recombinan neutralizándose mutuamente. En caso contrario, si mediante algún procedimiento se crea en el interior del material un campo eléctrico permanente, las cargas positivas y negativas serán separadas por él.

Esta separación conduce al establecimiento de una diferencia de potencial entre dos zonas del material que, si son conectadas entre sí mediante un circuito externo al mismo tiempo que la radiación electromagnética incide sobre el material, darán origen a una corriente eléctrica que recorrerá el circuito externo. Este fenómeno recibe el nombre de efecto fotovoltaico.

- ✎ Celda fotovoltaica. Se basa en las de silicio monocristalino. Partiendo de una oblea de silicio muy delgada, se produce una célula solar una vez que se ha creado el campo eléctrico y después de preparar los contactos eléctricos adecuados.
- ✎ Respuesta espectral de la célula de silicio. El espectro solar está compuesto por radiación de diferente longitud de onda. La energía de los fotones depende de la longitud de onda y se mide, convencionalmente, en electrón-voltio (eV).

Las características de las células solares actuales se muestran a continuación:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Material	Si monocristalino
Diámetro	≈ 10 cm
Espesor	≈ 300-400 μm
Con insolación ≈ 1 kW/m <sup>2</sup> (AM1) la C.S. genera:	
Corriente en cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	≈ 2.2 A
Tensión en circuito abierto (V <sub>oc</sub> )	≈ 0.5 V
Corriente en el punto de máxima potencia (I <sub>m</sub> )	≈ 2.0 A
Tensión en el punto de máxima potencia (V <sub>m</sub> )	≈ 0.48 V
Potencia máxima (W <sub>m</sub> )	≈ 1.0 W
Rendimientos actuales (η)	≈ 10-14 %

✎ Rendimiento del proceso fotovoltaico. El rendimiento de operación de una célula solar se define como el cociente entre la energía eléctrica producida y la energía solar interceptada por su superficie. Cuando se optimiza la carga que la célula debe alimentar el rendimiento máximo.

### 3.3.3.2 Tecnología fotovoltaica

Debido a que una célula solar genera corrientes y tensiones pequeñas, no son elementos que se usen en las aplicaciones prácticas; con objeto de lograr potencias mayores, se acoplan en serie o en paralelo para obtener mayores tensiones y corrientes formando un dispositivo denominado módulo fotovoltaico, que es el elemento que se comercializa.

A su vez, estos módulos se conectan en serie o en paralelo para obtener las tensiones y corrientes que nos den la potencia deseada.

Los módulos en serie aumentan el voltaje y conservan la misma corriente. Módulos en paralelo aumentan la corriente, conservando el mismo voltaje. Los módulos generalmente se fabrican para tener una salida de 12 VCD.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



### 3.3.3.3 Estructura de un generador fotovoltaico

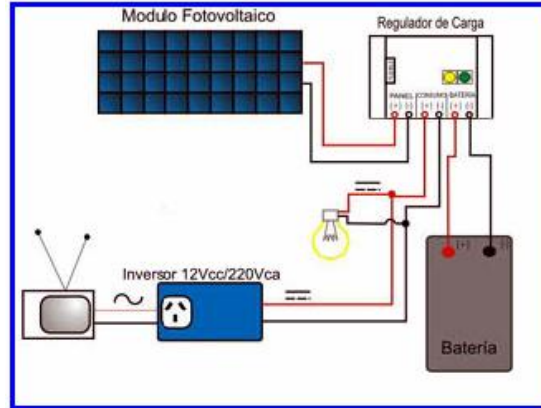
Se le llama generador fotovoltaico al conjunto de elementos, debidamente acoplados, que permiten utilizar la energía eléctrica obtenida por conversión solar mediante las células solares.

La estructura de un generador fotovoltaico varía según la aplicación para la que esté destinado.

En general, se puede decir que los generadores fotovoltaicos se pueden clasificar en dos grandes grupos: autónomos y no autónomos.

Los generadores autónomos constituyen una fuente de energía eléctrica independiente de la red general de electricidad; por ello, precisan de algún sistema de almacenamiento de energía eléctrica. Los generadores no autónomos operan en conjunto con dicha red y que pueden prescindir del sistema de almacenamiento.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Los generadores fotovoltaicos autónomos se componen de tres subsistemas:

- ✎ Panel fotovoltaico, donde la energía solar se convierte en corriente continua.
- ✎ El regulador-conversor electrónico
- ✎ El subsistema de almacenamiento, que generalmente son baterías electroquímicas.

El acoplamiento de estos tres subsistemas se hace en función del tipo de consumo que vaya a satisfacer el generador fotovoltaico.



## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

El regulador tiene la doble función de evitar la sobrecarga de las baterías, desconectándolas cuando ya están cargadas; y evitar la descarga de las mismas en períodos en que los paneles no generan suficiente energía por ser baja la emisión solar o ser de noche.

Una característica importante de los generadores fotovoltaicos es su carácter modular. Esto se refiere a la posibilidad de ampliar la potencia pico instalada por acoplamiento de nuevos paneles. De esta forma, se adapta a las necesidades y la demanda de los usuarios.








Por otro lado, el sistema de paneles fotovoltaicos posee una vida larga (entre 20 y 25 años), al final de los cuales su rendimiento debe ser del orden del 75% del inicial. Después de ese tiempo, su degradación se acelera y desciende el rendimiento hasta valores despreciables.

### 3.3.3.4 Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos

Desde un punto de vista histórico, el motivo de la construcción de las celdas fotovoltaicas fueron los satélites artificiales. La idea era construir un generador eléctrico para alimentar los equipos de toma de datos que llevaban a bordo de las naves, el cual presentara ventajas con respecto a otros generadores termoeléctricos y las pilas de combustible.

Las ventajas encontradas en este tipo de generadores fueron: peso reducido, larga vida, ocupación mínima de espacio, nivel de insolación elevado y continuo por estar fuera de la atmósfera terrestre, aunque sus costos eran muy elevados.

Actualmente, esos costos se han reducido considerablemente, por lo que ya existen muchas aplicaciones para las células fotovoltaicas; tales como:

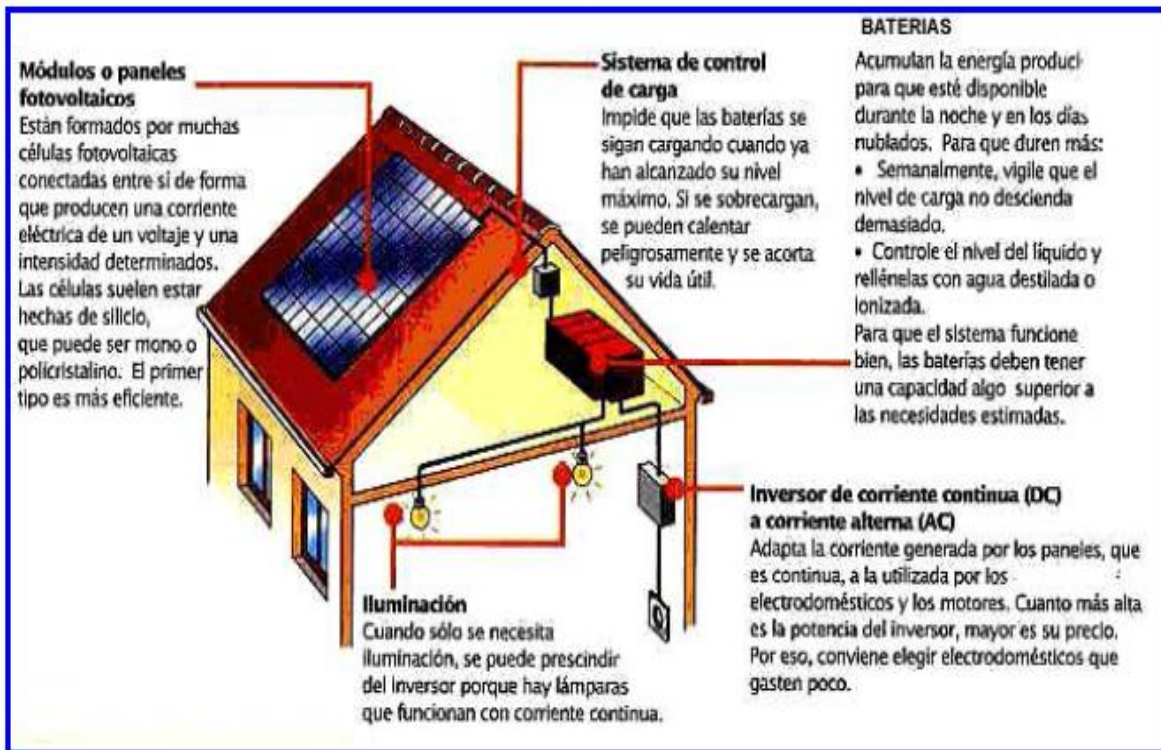
-  Electrificación rural y de viviendas aisladas
-  Comunicaciones
-  Ayudas a la navegación
-  Transporte terrestre
-  Agricultura y ganadería
-  Aplicaciones en la industria
-  Difusión de la cultura

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Se hace necesario mencionar que, actualmente, se utilizan también generadores híbridos, combinando los paneles fotovoltaicos con elementos eólicos o generadores de diesel.

### 3.4 Almacenamiento de la energía solar

De forma natural, la energía solar es intermitente debido a los movimientos de rotación y traslación de la Tierra y a las condiciones meteorológicas de cada lugar. Por otro lado, es una fuente de energía dependiente del tiempo y, generalmente, no coincide la necesidad con la disponibilidad. Ello marca la necesidad de contar con un dispositivo de almacenamiento de la energía solar para su aprovechamiento.



Los sistemas de almacenamiento de la energía solar pueden ser: Activos, pasivos, Por calor sensible, Por cambio de fase, Por reacciones químicas, Mediante esquemas solares.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

### 3.4.1 Sistemas pasivos

Los sistemas pasivos se utilizan en el acondicionamiento calorífico de edificios y los elementos de éste se encuentran incorporados en los distintos componentes del inmueble (pisos, paredes, recipientes de agua, techos). El tipo de almacenamiento de energía, utilizados en estos sistemas es generalmente por calor sensible (cambios de temperatura en el inmueble). En este punto se hace necesario el conocer las propiedades del sistema de almacenamiento de energía.

Densidad y calor específico de algunos de los materiales más usados en la construcción.		
MATERIAL	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	CALOR ESPECIFICO KJ/Kg°C
Agua	1000	4.186
Acero	7853	0.500
Roca o piedra	2724	0.880
Concreto	2244	0.960
Ladrillo	2244	0.840
Arena	1522	0.800
Pino o abeto	433	2.800
Arcilla	1010	0.920

### 3.4.2 Sistemas activos

La característica principal de los sistemas activos es que estos utilizan un fluido de trabajo en movimiento (agua, aire, aceite, etcétera). Los principales componentes que intervienen en estos sistemas son:

- ✎ El colector solar
- ✎ La unidad de almacenamiento
- ✎ Sistemas de conversión y control
- ✎ El lugar en donde se hace la descarga de energía

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Los medios de almacenamiento en este sistema son:

- ✎ Agua si por el colector se hace circular un líquido.
- ✎ Rocas o piedras si en el colector circula aire.

### 3.4.3 Reacciones químicas

La energía solar también puede almacenarse por medio de reacciones químicas. Estas deben ser reacciones endotérmicas reversibles, que se invierten cuando se requiere que la energía sea liberada. Para que una reacción sea utilizada en el almacenamiento de la energía solar, se requiere cubrir algunas consideraciones:

- ✎ La reacción sea reversible
- ✎ Los reactivos puedan hacer uso de la energía del espectro solar, tanto como sea posible.
- ✎ La energía almacenada en la reacción, sea grande (al menos del orden de  $600 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ ).
- ✎ Que los reactivos sean económicos

En caso de que los productos de la reacción puedan separarse y usarse como combustibles, no se necesita que la reacción sea reversible. Un ejemplo clásico es la producción de hidrógeno. Este puede ser obtenido mediante al menos cuatro procesos donde se puede utilizar la energía solar:

- ✎ Proceso térmico directo. Requiere de temperaturas muy altas ( $3000^\circ\text{C}$ ) para descomponer el agua en sus elementos hidrógeno y oxígeno; por tanto, se haría necesario el uso de colectores concentradores.
- ✎ Proceso termoquímico. En este proceso se llevan a cabo una serie de reacciones químicas de diversas sustancias; generalmente, a temperaturas altas de entre  $700^\circ\text{C}$  y  $800^\circ\text{C}$ , para finalmente obtener el hidrógeno.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

- ✎ Proceso electrolítico. Si la energía solar se convierte primero en energía eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos, el agua puede ser electrolizada para producir hidrógeno.
  
- ✎ Proceso fotolítica. En las reacciones fotolíticas, los fotones de la radiación solar pueden ser absorbidos por el agua y cuando la energía absorbida alcanza un cierto nivel, se libera el hidrógeno.

La energía solar también puede emplearse en los procesos de fermentación anaeróbica de algas para la producción de metano. Este es estable a temperatura ambiente y, al reaccionar con el oxígeno, mediante una combustión, libera la energía almacenada para producir altas temperaturas.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## Capítulo IV: Aplicaciones de la energía solar

### 4.1 La energía solar en nuestros días

El uso de energías no renovables y de hidrocarburos para la obtención de energía, han derivado en graves daños al entorno ecológico en nuestro alrededor; además, son recursos que se han ido acabando (o que se encuentran en proceso de ello) por el uso tan intensivo que se les da.







Actualmente, la energía solar es una tecnología viable y utilizada ya en muchos lugares del planeta. El sol, el gran astro, nos provee de calor y de energía que puede ser utilizada en beneficio de la sociedad.

Si bien es un proceso costoso, permite conservar el entorno ambiental y su costo inicial es recuperado a largo plazo, sin contar con que el precio del inmueble que posee el sistema, incrementa su valor comercial.

A lo largo y ancho de la Tierra, se ha visto un aumento en el uso de la energía solar, como complemento de otros sistemas convencionales para obtener recursos energéticos útiles.

### 4.2 Posibles aplicaciones de la energía solar

La energía solar tiene múltiples aplicaciones en la actualidad; entre ellas, podemos enumerar las siguientes:

-  Calefacción doméstica
-  Refrigeración
-  Calentamiento de agua
-  Destilación
-  Generación de energía
-  Fotosíntesis

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

- ✎ Hornos solares
- ✎ Cocinas
- ✎ Evaporación
- ✎ Acondicionamiento de aire
- ✎ Control de heladas
- ✎ Secado

A escala de laboratorio, se han ensayado las aplicaciones antes citadas, obteniendo como resultado la completa posibilidad de realizarse a escalas mayores, aunque estas últimas no se han llevado a cabo en algunos puntos citados.

En muchos casos, aunque es posible su implementación, los costos de realización de estas operaciones con energía solar no pueden competir con el costo cuando se usan otras fuentes de energía; esta es la razón por la que los proyectos de uso de energía solar, generalmente, no prosperan.

Las instalaciones solares pueden considerarse clasificadas por tres tipos de aplicación:

- ✎ Hornos solares. Usados como medio de laboratorio para obtener altas temperaturas en diversos estudios y propuestos para usos semi-industriales.
- ✎ Usos potenciales de disposiciones solares sencillas. Tal es el caso de cocinas, refrigerantes y bombas de irrigación en regiones no industrializadas, con radiación segura y en donde los recursos que se encuentran actualmente en uso como proveedores de energía no son satisfactorios o resulten altamente costosos y difíciles de obtener.
- ✎ Aplicación de energía solar competitiva. Pueden competir con otras fuentes de energía en algunas zonas de países industrializados, si los adelantos técnicos en ese campo o los cambios en el costo de la energía de otras fuentes llegan a alterar su costo relativo.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Los problemas más comunes con que se tropieza el uso de la energía solar durante el proceso de recolección, almacenamiento y utilización de energía resultante, son, en gran medida, el masivo rechazo al cambio y al avance tecnológico.

### 4.3 Beneficios del uso de la energía solar

La energía solar, con respecto a los hidrocarburos, petróleo y otros recursos que se utilizan frecuentemente para la obtención de recursos energéticos, ofrece las siguientes ventajas:

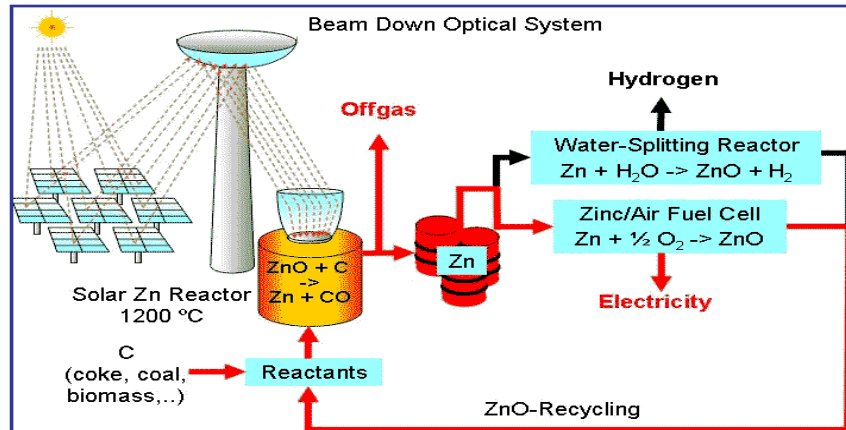
- ✎ Es un recurso renovable; es decir, no se va a agotar sin importar el uso intensivo o extensivo que se le dé.
- ✎ Se puede utilizar en cualquier parte del mundo, puesto que el sol proporciona luz en todos los entornos del planeta, incluso en aquellos lugares en donde la electricidad no ha llegado.
- ✎ Si bien su implantación es costosa, la inversión es recuperada a largo plazo (en un lapso de alrededor de cinco años), sin tener que volver a reinvertir. Su tiempo de vida oscila entre 20 y 25 años. Además, ofrece el incremento en el precio del inmueble que posee este sistema solar.

La tecnología solar sigue avanzando, mostrando la posibilidad de disminución de costos, lo que hará que estos sistemas sean accesibles a una mayor cantidad de personas.

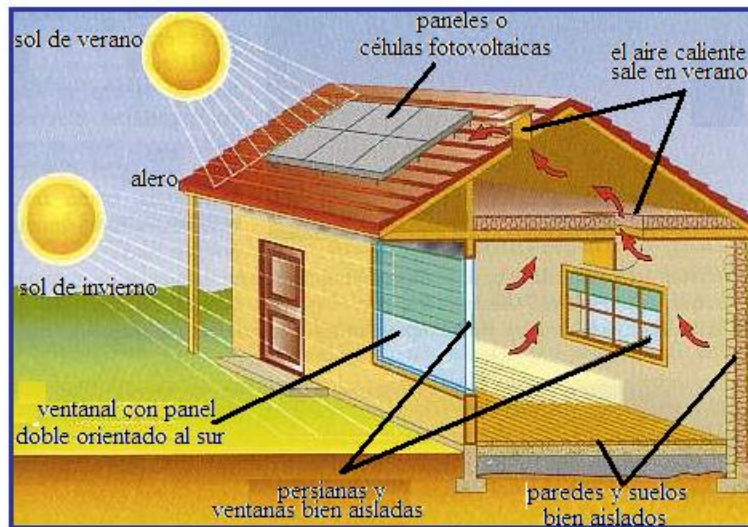
Recientemente, la UNAM presentó avances en esta materia, con el proyecto de creación de celdas solares plásticas, con lo que los costos de adquisición de esta tecnología se harían muy accesibles.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

#### 4.4 Calefacción solar



En invernaderos, viviendas y otros locales, se provecha el Sol para calentar el ambiente. Algunos diseños arquitectónicos buscan aprovechar al máximo este efecto y controlarlo para poder restringir el uso de calefacción o de aire acondicionado.



El calor necesario para el acondicionamiento de edificios se puede suministrar mediante técnicas de energía solar son sistemas específicos.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

#### 4.4.1 Agua caliente sanitaria

La producción de agua caliente sanitaria es la aplicación más extendida de la tecnología solar, a nivel comercial. Se pueden realizar instalaciones en circuito abierto o en circuito cerrado. Normalmente, la temperatura deseada es de 45°C. Para ello, se utilizan colectores solares planos.



#### 4.4.2 Climatización de piscinas

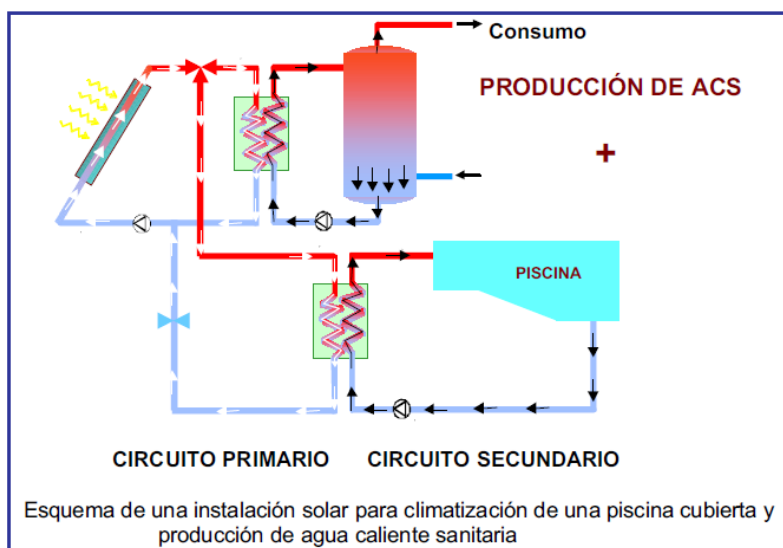
En lo que se refiere al calentamiento de piscinas a través de energía solar, se pueden manejar dos tipos de instalaciones: en piscinas descubiertas y en piscinas cubiertas.

En las instalaciones en piscinas descubiertas, se suelen utilizar sistemas simples, en los que la propia piscina actúa como un acumulador. Constan de un sistema de captación que puede ser alimentado por la propia piscina, eliminando la necesidad del intercambiador, instalándose la bomba para la circulación a la salida de la depuradora, en la parte fría de la instalación.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Dentro de las instalaciones en piscinas cubiertas, se observa la característica de que el agua del vaso de la piscina debe estar a una temperatura de 25°C, perfectamente compatible con los sistemas tradicionales de aprovechamiento de energía solar. Se emplean colectores planos normales; el sistema está formado por un circuito doble, con intercambiadores para la producción de agua caliente sanitaria y calentamiento de la piscina.



## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

### 4.4.3 Tipos de calentadores solares

Entre los calentadores solares, se pueden distinguir diversos tipos; cada uno de ellos con sus propias características distintivas, si bien con el mismo objetivo:

- ✎ Calentador solar autocontenido. Es simplemente un recipiente dispuesto de tal manera que presente su mayor área hacia la posición promedio del sol. Esta cara se pinta de negro y hace las veces de colector solar.
- ✎ Calentador solar por convección natural. En éste, se encuentra una separación entre el colector solar y el tanque de almacenamiento. Entonces, se calienta el agua dentro de los tubos o placas de un colector plano, para luego transferirla al termo de almacenamiento.
- ✎ Calentador solar de convección forzada. Se emplea una pequeña bomba que “ayuda” al sistema a hacer circular el agua entre el colector y el termo. Con esto, se evita la necesidad de que el termo esté a mayor altura que el colector.

### 4.5 Refrigeración solar

El tema de la refrigeración solar tiene varios propósitos, pero en general lo podemos resumir como la producción de bajas temperaturas utilizando como fuente de energía al sol.

De hecho, podría decirse que prácticamente todos los sistemas de refrigeración que existen son sistemas solares porque un refrigerador doméstico que produce frío se conecta a la toma de corriente y la electricidad proviene de plantas termoeléctricas, plantas hidroeléctricas o combustibles que se producen en las plantas termoeléctricas en las que la energía solar se acumula a través de millones de años.

Podría decirse que hay dos campos de la refrigeración solar:

- ✎ El acondicionamiento de aire utilizando energía solar
- ✎ La utilización de la arquitectura bioclimática para producir acondicionamiento ambiental utilizando de manera directa e indirecta la energía solar.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

La arquitectura solar es una forma de refrigeración que utiliza el diseño estructural, los materiales y procesos como la evaporación del agua en forma directa e indirecta a través de las plantas, además de usar conceptos como la radiación nocturna; entonces se tiene que todos estos factores son elementos que se pueden combinar de manera inteligente en una edificación para poder provocar enfriamiento del lugar y desde luego una mejor climatización dentro del edificio.



La clasificación de la refrigeración solar se puede agrupar como sigue:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Clasificación de la refrigeración solar			
Fototérmica	Termomecánicos		
	Absorción	Cerrados	Líquido-vapor Amoníaco-Agua Bromuro de litio-Agua
		Abiertos	Solidó-vapor Cloruro de calcio-Amoníaco Cloruro de litio-Amoníaco
	Absorción difusión	Cerrados	Líquido-vapor Amoníaco-Agua Hidrogeno
	Adsorción	Cerrados	Solidó-vapor Zeolita-Agua Carbón-Agua
		Abiertos	Solidó-vapor Silica Gel-Agua Zeolita-Agua Carbón-Agua
Fotovoltaica	Termoeléctricos	$\frac{\partial}{\partial t} \psi(r,t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi(r,t) + V(r,t) \psi(r,t)$	
	Electro-mecánicos		

#### 4.6 Potabilización de agua

Una de las aplicaciones prácticas de la energía solar es la potabilización de agua. Mediante las diversas variantes de esta técnica, es posible producir agua potable a partir de agua contaminada.

Como esto puede lograrse mediante tecnología relativamente simple, esta aplicación resulta especialmente útil para regiones alejadas de las comodidades de las grandes urbes, como es el caso de islas y regiones costeras poco comunicadas, aunque también es factible para otros lugares.

Dependiendo del grado de contaminación que contenga el agua, existen diversas tecnologías solares para su purificación. En general, los sistemas solares para la purificación de agua son capaces de remover solamente cantidades relativamente pequeñas de impurezas.

Por lo anterior, se puede concluir que los destiladores solares no son adecuados para el tratamiento de aguas negras ni residuos industriales, aunque se trabaja en ello.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

#### **4.6.1 Agua con contaminación microbiana ligera**

Existe una diversidad de casos en los que el agua no contiene sales inadecuadas para su potabilidad, pero sí microorganismos patógenos e indeseables.

En este caso, es posible eliminar la contaminación microbiana mediante un proceso en un calentador solar operando en condiciones inadecuadas para ello.

Para eliminar los microorganismos no se requiere llegar a una temperatura de ebullición, sino que basta pasar de los 60°C, pero sostener la temperatura por varios minutos. Existen algunos estudios experimentales que aseguran haber eliminado con éxito una diversidad de microorganismos en forma continua durante varios meses.

#### **4.6.2 Agua con contaminación de sales disueltas**

Las aguas contaminadas con sales disueltas indeseables pueden o no contener microorganismos. El caso más común es el del agua de mar, aunque también entran en este rubro las aguas continentales, salobres o con algunos residuos específicos indeseables. Entre ellos se pueden enumerar los siguientes:

- ✎ Arsénico en la comarca lagunera en lugares como Coahuila.
- ✎ Residuos de fertilizantes en muchas norias de regiones agrícolas.
- ✎ Residuos azufrosos en las aguas termales.
- ✎ Contenido de compuestos indeseables en la cuenca del Lerma- Chapala- Santiago.

Desde un punto de vista técnico, no existen muchas alternativas para retirar las sales disueltas en el agua. Las principales son:

- ✎ La desalación por medio de congelación parcial y fusión.
- ✎ La desalación por medio de evaporación y condensación.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

✎ La desalación por ósmosis inversa

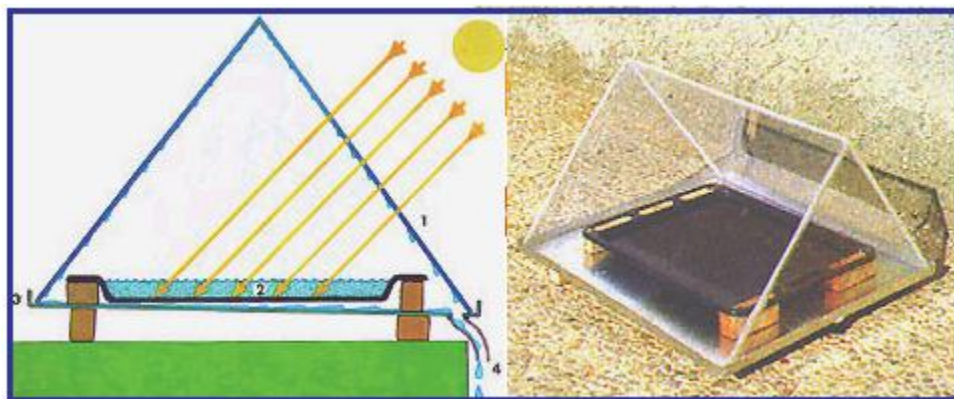
✎ El intercambio iónico

De las opciones anteriores, la que se presta para acoplarla con un sistema solar, es la desalación por evaporación y condensación. Este proceso se conoce, por costumbre y método, como destilación solar.

El proceso, en principio, es muy sencillo. Simplemente se coloca el agua en un recipiente donde se pueda calentar mediante algún efecto solar, desde irradiación directa hasta por medio de colectores. Al calentarse el agua, se evapora, dejando las sales; posteriormente, se condensa en alguna parte del equipo en donde no pueda mezclarse con el agua contaminada.

### 4.6.3 Tipos de destiladores solares

El tipo de destilador solar más común es el destilador de caseta



Por supuesto, existen otros tipos de destiladores solares, como los que se listan a continuación:

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

- ✎ Destilador solar en escalera
- ✎ Destilador solar con evaporador textil
- ✎ Destilador solar de múltiples efectos
- ✎ Destilador solar indirecto

### 4.6.4 Elementos de un destilador solar

Los elementos básicos que componen a un destilador solar son:

- ✎ Colector solar
- ✎ Evaporador
- ✎ Cámara de aire
- ✎ Condensador
- ✎ Elementos para la colección del condensado

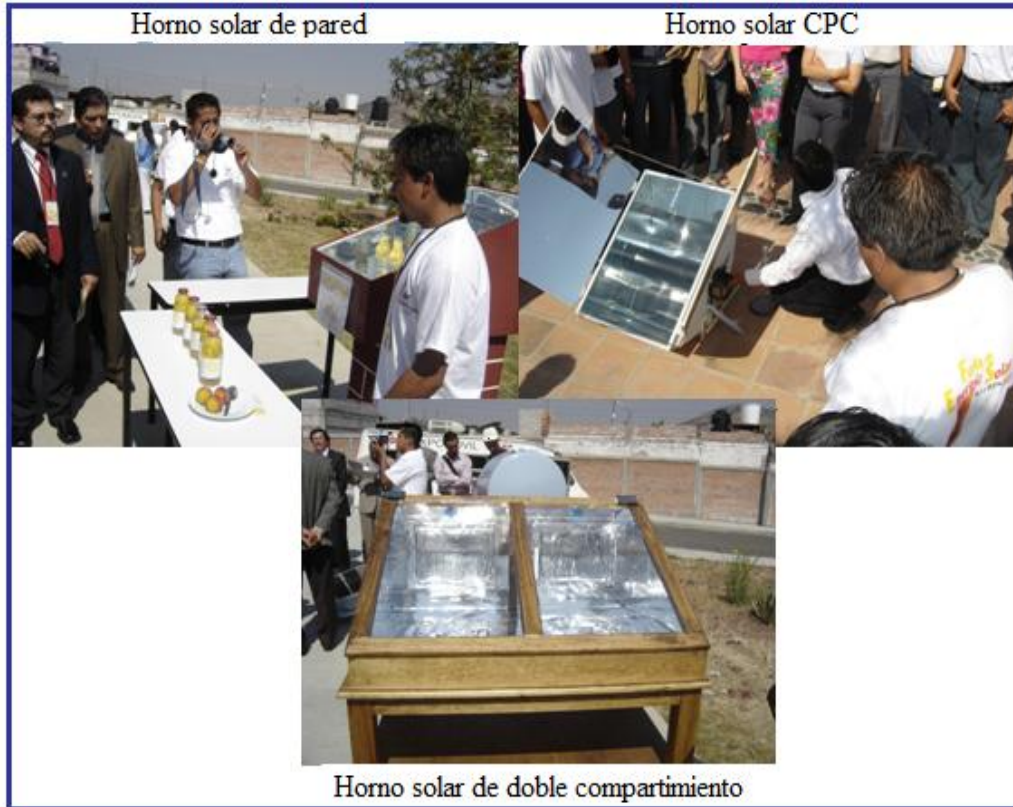
### 4.7 Hornos solares

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.

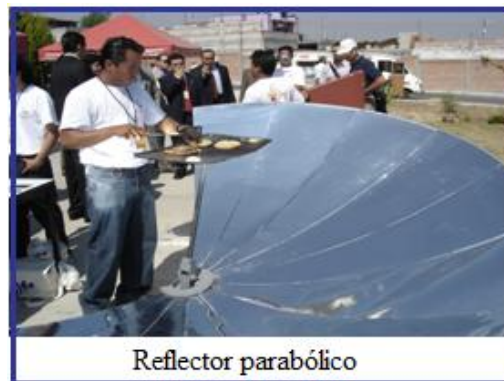
El límite de temperatura que puede obtenerse en un horno solar es de 6000°C aproximadamente, y la consideración de las propiedades ópticas de un sistema de horno limita la temperatura máxima disponible.

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.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



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



**“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”**

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. 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.

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 atmosfera controlada y movimiento demuestras, soportes de blancos entre otros elementos, sin necesidad de mover todo el equipo.

Un comparativo entre cuatro hornos solares se muestra a continuación:

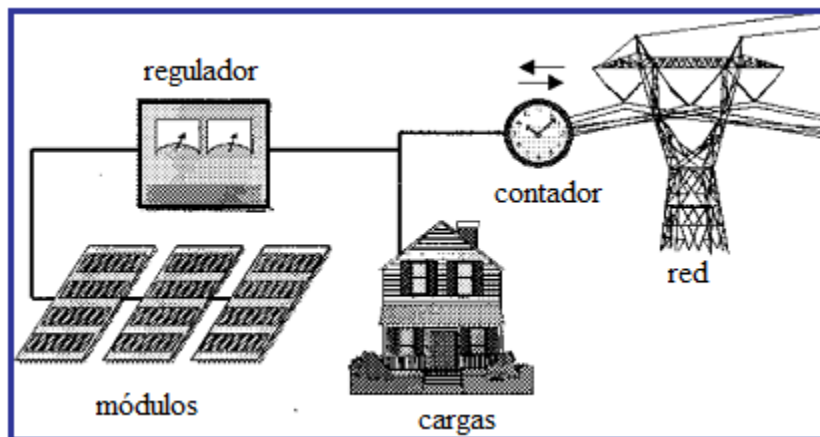
	a	b	c	d
Material del espejo	cobre	vidrio	aluminio	vidrio
Superficie de reflexión	rodio	plata	aluminio	plata
Abertura, a	1.524 m.	2.0 m.	3.05 m.	10.67 m.
Longitud focal, f	66 cm.	86.1 cm.	86.4 cm.	6.0 m.
Cociente, a/f	2.31	2.32	3.53	1.78
Reflector auxiliar	ninguno	heliostato	ninguno	heliostato
Diámetro de la imagen, calculado	6.1 mm	7.6 mm	4.9 mm.	53.3 mm.
Radiación reflejada al blanco, Kw, calculada suponiendo incidencia directa de $0.8 \text{ Kw./m}^2$	1.30	1.94	4.67	54.0

#### **4.8 Generación de electricidad**

Se puede generar energía eléctrica (electricidad) a partir de la energía solar, por varios procedimientos:

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

- ✎ En el sistema termal, la energía solar se utiliza para convertir agua en vapor en dispositivos especiales. En algunos casos, se hace uso de espejos cóncavos que concentran el calor sobre tubos con aceite. El óleo alcanza temperaturas muy altas (de varios cientos de grados), con lo que se calienta agua hasta ebullición. Con el vapor, y en turbinas clásicas, se genera electricidad.
- ✎ La luz del sol se puede convertir directamente en electricidad utilizando el efecto fotoeléctrico (del cual se habló en el capítulo anterior). Las células fotovoltaicas no tienen rendimientos muy altos. La eficiencia media es de entre 10% y 15%; y llegan a alcanzar 30%. Por lo anterior, se necesitan de grandes extensiones si se requiere producir energía en grandes cantidades.



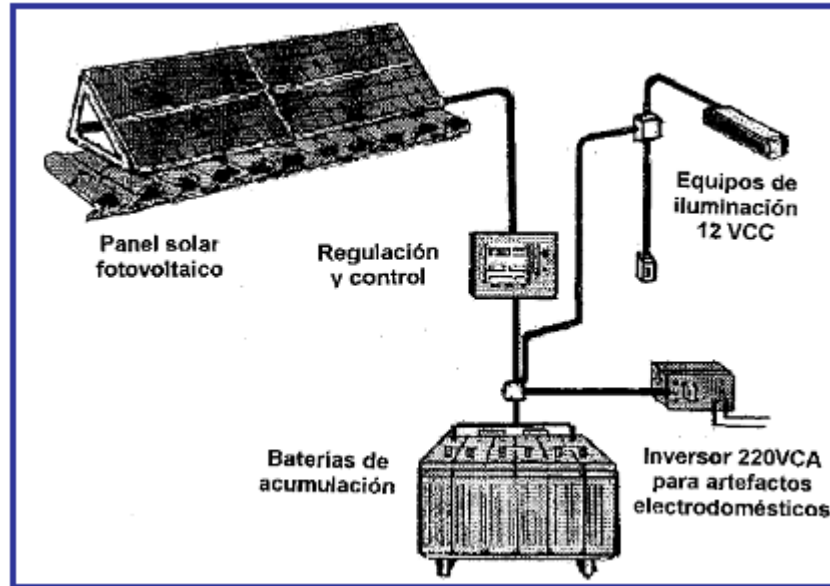
El gran problema de la electricidad generada a través de la energía solar es que la fuente de alimentación sólo se ubica en el día, lo que hace difícil el cubrir la demanda cuando el astro rey no está presente.

Por supuesto, se sigue buscando la forma de optimizar la tecnología solar, se realizan investigaciones y experimentos para tal fin.

Una de las nuevas tecnologías solares, usa la electricidad para disociar agua, por electrólisis, en hidrógeno y oxígeno. Posteriormente, el hidrógeno se utiliza como combustible para generar agua, produciendo energía por la noche.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



#### 4.9 Secado solar

Muchos productos agrícolas requieren de un secado post-cosecha para su adecuada conservación hasta que llegan a los centros de consumo. El secado ofrece una alternativa cuando existen problemas de transporte o se producen bajas de precio por sobreproducción.

El secado al aire libre, donde los productos se exponen directamente al sol colocándolos sobre el suelo, es uno de los usos más antiguos de la energía solar y es, todavía, uno de los procesos agrícolas más utilizados actualmente.

En las regiones industrializadas, el bajo costo del combustible permitió, hace algunas décadas, el desarrollo de procesos de secado artificial en gran escala, basados en el uso de combustibles. Al día de hoy, la escasez y mayores precios de los combustibles, ha despertado un nuevo interés en el secado basado en el uso de la energía solar.

El secado o deshidratación de alimentos se usa como técnica de preservación, puesto que los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y desarrollarse en ausencia de agua.

**“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”**

Una de las maneras más simples para lograr el secado, es exponer el material húmedo a una corriente de aire con determinadas condiciones de temperatura, humedad y velocidad. Entre más seco y más caliente esté el aire, mayor será la velocidad de secado.

Otros procesos son:

- ✎ Secado al vacío
- ✎ Secado por congelación

Los tipos de secadores solares son:

- ✎ Secador al aire libre
- ✎ Secador de gabinete
- ✎ Secador indirecto o mixto de cabina
- ✎ Secador indirecto de silo o cama
- ✎ Secador invernadero de circulación natural
- ✎ Secador invernadero de circulación forzada
- ✎ Secador indirecto de circulación forzada

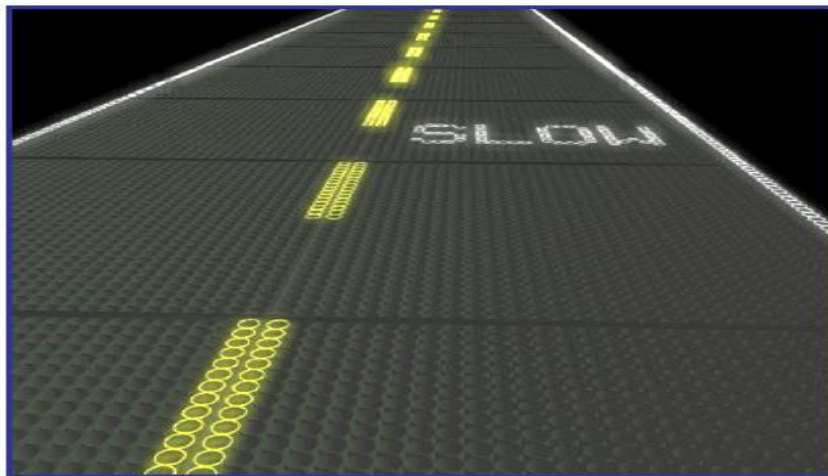
#### **4.10 Iluminación de vías de transporte**

Muchos son los proyectos que atañen al uso de la tecnología solar. Actualmente, empresas buscan la creación de autopistas solares; el objetivo es que las autopistas generen electricidad.

## “Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Lo ideal, en este punto es:

- ✎ Producir energía eléctrica en beneficio de todos
- ✎ Usar la electricidad producida para proyectar luces LED's como indicadores para los propios conductores
- ✎ El poder utilizar la energía solar para derretir la nieve de las carreteras en los fríos meses de invierno, con lo que se eliminaría un grave problema en las vías de transporte.



Este proyecto resulta ser muy ambicioso, y ha llamado la atención de gobiernos de países industrializados, quienes han otorgado subsidios a las empresas encargadas. Se espera obtener buenos resultados a corto plazo.

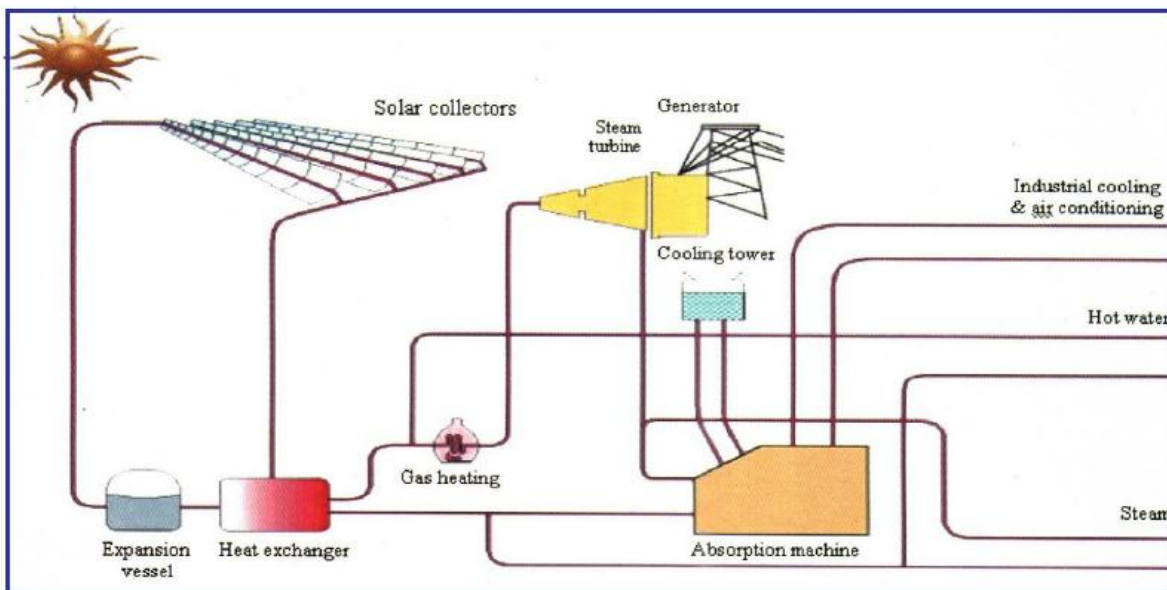
### **4.11 El futuro de la tecnología solar**

El aprovechamiento de la energía solar no se ha de detener, y por ello, se marca un futuro prometedor en este tema, con un sistema solar térmico integrado; la vista general de ello sería la siguiente:

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”



Y su diagrama general sería el siguiente:



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## Conclusiones

La tecnología solar posee muchas ventajas cuando se trata de convertir la energía solar en recursos útiles a la sociedad. Sin embargo, y estando tan acostumbrados a utilizar recursos renovables como petróleo e hidrocarburos, esta tecnología parece limitada.

Sin importar ello, los investigadores siguen trabajando para lograr que la tecnología solar esté al alcance de un mayor número de personas.

El gasto que se realiza en colectores solares y/o sistemas de captación y almacenamiento de energía solar, resulta ser una inversión que se ve recompensada a largo plazo. Los países industrializados ya utilizan en mayor medida la energía solar y su conversión en recursos útiles.

Si bien los primeros paneles solares estaban fabricados con plata como principal elemento, lo que implicaba un costo desmedido para su adquisición, actualmente existen celdas fabricadas con materiales como cobre, vidrio y plástico, que permiten que sus costos sean más populares y al alcance de mayor cantidad de personas.

En la República Mexicana, ya existen instalaciones propias para el uso y aprovechamiento de energía solar, a través de la captación y almacenamiento de la misma.

La mayor parte de los proyectos de esta índole, han sido creados por las Universidades, en la búsqueda de ayudar a las comunidades que se encuentran lejos de las plantas eléctricas; en el trayecto, han creado prototipos para el futuro. De esta forma, las comunidades rurales pueden contar con recursos energéticos en sus viviendas sin tener que depender de las grandes urbes.

Finalmente, que espera que en un futuro no muy lejano, la energía solar, junto con los recursos renovables que nos ofrece la naturaleza, sean aprovechados de la mejor manera posible y se pueda sustituir a los recursos que por ahora nos proveen de recursos energéticos, pero que más adelante se verán agotados (incluso, en su totalidad).

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

También, se podrá reducir el impacto de la contaminación, pues la energía solar no causa tantos compuestos como los combustibles; de esta forma, podremos tener un planeta limpio y, al mismo tiempo, contar con la suficiente tecnología para que nuestros recursos energéticos no se agoten y nos sigan apoyando.

Por lo pronto, una buena introducción es la mezcla entre la tecnología actual basada en hidrocarburos y la tecnología de recursos renovables, como la energía solar.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## Glosario de términos

Acumulador	Aparato que almacena energía eléctrica bajo forma química. Para equipos solares se prefieren acumuladores con características de ciclo profundo, o sea, que resistan descargas sin dañarse demasiado.
Alternador	Generador eléctrico por movimiento mecánico.
Ampere-hora	Unidad de medición que cuantifica una cantidad de corriente por una cantidad de tiempo. Por ejemplo, si 1 ampere es tomado de una batería durante 10 hrs., el consumo será de 10 amps-hr. Es una medición de carga y consumo eléctrico.
Arreglo Fotovoltaico	Son 2 o más celdas o módulos fotovoltaicos cableados en serie y/o en paralelo.
Amplificador de Corriente Lineal (LEB)	Circuito electrónico que equilibra la salida del módulo fotovoltaico directamente a un motor, más comúnmente utilizado en sistemas directos de bombeo de agua.
Autodescarga	Es la tendencia de todas las celdas electroquímicas de las baterías a perder energía. La autodescarga representa la pérdida de energía en la reacción química interna de la celda.
AWG	American Wire Gauge, conjunto de estándares específicos que determinan el calibre de un cable.
Balasta	Circuito para estabilizar una corriente eléctrica, por ejemplo, en una lámpara de luz fluorescente.
Batería de Ciclo Profundo	Batería diseñada para soportar ciclos de descargas profundas sin sufrir daños. (Las baterías automovilísticas sufren severos daños al descargarse completamente). Se utilizan como respaldo.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

Biogás	Gas combustible, mezcla de metano con otras moléculas, formado en reacciones de descomposición de la materia orgánica (biomasa)
Capacidad de Impulso	Se refiere a la máxima potencia CA que un inversor puede entregar a una carga (o cargas) por un corto período de tiempo.
Carga	Todo dispositivo eléctrico o electrónico conectado a una fuente de energía eléctrica; por ejemplo, focos, licuadoras, TV, radios, etcétera.
Celda	Dispositivo mínimo de un módulo fotovoltaico que produce una diferencia de potencial cuando es expuesto a la luz. Este voltaje es de aproximadamente ½ Volt. Cuando el sol está a pico.
Células fotovoltaicas	Dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos. Convierten energía luminosa en energía eléctrica.
Ciclo	Período de carga y descarga de una batería.
Clorofluorocarburos	Moléculas orgánicas formadas por átomos de Cl y F unidos a C. Por ejemplo CCl <sub>3</sub> F (Freón-11) o CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> (Freón-12). Se han utilizado mucho en los "sprays", frigoríficos, etc. Son los principales responsables de la destrucción de la capa de ozono.
Combustible de una central nuclear	Es el uranio contenido en pastillas. Muchas de estas pastillas se introducen en una varilla y muchas varillas juntas en el reactor.
Conexión en Serie	Circuito eléctrico en el que la corriente eléctrica pasa sucesivamente de un dispositivo a otro y enseguida a otro hasta finalizar su recorrido. La misma corriente pasa por todos los dispositivos.
Conexión en Paralelo	Circuito eléctrico con más de una posible trayectoria para flujo electrónico. La corriente eléctrica se distribuye entre los diferentes dispositivos conectados a la fuente de energía.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Controlador de Carga	Dispositivo que protege a el acumulador evitando que se sobrecargue y además evita que se descargue.
Controlador para Bomba o motores	Dispositivo que ayuda para que la energía eléctrica procedente de los módulos solares se optimice ayudando a arrancar los motores en la mañana.
Corriente (I= Intensidad)	Se refiere al flujo de electrones a través de un conductor y su unidad es el Ampere (A). También se expresa en miliamperes (mA) o milésimos de ampere.
Corriente Alterna (CA) (AC en inglés)	Es una corriente cuya polaridad cambia periódicamente con respecto a su neutro. En un semiciclo es positivo y en otro semiciclo es negativo con respecto al neutro. Es la misma que recibimos de la compañía eléctrica a través de cables.
Corriente Directa (CD) (DC en inglés)	Corriente que fluye en una sola dirección (o el de las baterías), existe un positivo (+) y un negativo (-). Es la misma que recibimos PSB- 14 - procedente de una batería o acumulador o de un módulo solar.
Diodo	Dispositivo semiconductor que solo permite que la corriente eléctrica fluya a través de él en una sola dirección.
Diodo Emisor de Luz (LED)	Dispositivo semiconductor que permite que la corriente eléctrica fluya a través de él en una sola dirección, y la cual, en consecuencia, emite luz.
Dobles enlaces coordinados	Parte de una molécula en la que en su cadena de carbonos se alternan enlaces sencillos y dobles. Ejemplo - C = C - C = C - C = C -. Se forma así una nube deslocalizada de electrones en la que la llegada de un fotón puede variar el estado de oxidación de la molécula. Así se transforma energía luminosa en energía química.
Duración del día ártico	En las zonas cercanas a los polos -hasta el círculo polar- alternan a lo largo del año, seis meses en que la noche dura 24 horas con otros seis en los que la luz del sol ocupa las 24 horas. Sucede esto por la inclinación del eje de la Tierra respecto al plano de la eclíptica

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Eclíptica	Los antiguos llamaron así a la línea del cielo en la que se producen los eclipses. Coincide, lógicamente, con la línea que marca el plano de la órbita de la Tierra alrededor del sol, que es prácticamente el mismo que el del resto de los planetas y el mismo que el plano de giro de la Luna alrededor de la Tierra.
Ecuilización de Carga	Es una sobrecarga controlada en una batería totalmente cargada, para restablecer cada una de sus celdas a un mismo estado de carga.
Entropía	En física, es un concepto en termodinámica, mecánica estadística y teoría de la información. Los conceptos de información y entropía están ampliamente relacionados entre sí, aunque se tardó años en el desarrollo de la mecánica estadística y la teoría de la información para hacer esto aparente. Los fluidos tienen más entropía que los sólidos.
Estado de Carga	SOC Status Of Charge. Relación expresada en porcentaje de energía remanente en la batería, en relación a su capacidad cuando está cargada.
Etanol	Alcohol del etano. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$
Fisión nuclear	Consiste en la desintegración de átomos pesados, como ciertos isótopos del uranio y del plutonio, para obtener átomos más pequeños. Dentro de la fisión existen diversas variantes. Esta es la forma en como se operan los reactores nucleares comerciales.
Fotón	Cuanto de luz. Cantidad indivisible de energía que interviene en los procesos de emisión y absorción de la radiación electromagnética. Su energía depende de la frecuencia.
Fotovoltaico (PV)	Referente a cualquier dispositivo que produce electrones libres cuando se expone a la luz. Cuando estos electrones son agrupados, se produce una diferencia de potencial (voltaje). Por ejemplo, una celda solar produce aproximadamente 1/2 Volt. Cuando el sol está a pico (recuerde que celda es la unidad mínima del módulo).

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

Freon 12	Es diclorodifluormetano. Se utiliza como refrigerante en sistemas de aire acondicionado directos e indirectos industriales, comerciales y familiares; en refrigeración familiar, en compartimientos para helados o para alimentos congelados, en frigoríficos, etcétera
Fusible	Dispositivo eléctrico diseñado para interrumpir un circuito y detener el flujo de corriente cuando ésta excede el máximo de seguridad considerado por el conductor o dispositivo.
Fusión nuclear	Consiste en obtener átomos de mayor tamaño, a partir de ciertos isótopos de átomos pequeños, como el tritio. Teóricamente, ésta sería una fuente de energía abundante, debido a que existe una cierta fracción de tritio en el agua de los océanos. No se ha logrado desarrollar una técnica para aprovecha la fusión nuclear en la Tierra con fines pacíficos.
Hidrocarburos	Compuestos orgánicos formados por carbono e hidrógeno. Los átomos de C pueden formar largas cadenas. Así, por ejemplo, el hidrocarburo más sencillo es el CH <sub>4</sub> (metano). La gasolina C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> está formada principalmente por diferentes isómeros del octano.
Hidroxilo	Radical HO <sup>2-</sup> . Procede del peróxido de hidrógeno (agua oxigenada): H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Insolación	Cantidad de energía solar que choca en la superficie de un cuerpo, medida en watts por metro cuadrado. (W/m <sup>2</sup> ).
Inversor	Dispositivo que convierte la corriente directa (12, 24 ó 48 VDC) procedentes de una batería o de un banco de baterías, a corriente alterna en 110 Volts con una calidad de onda senoidal.
Irradiancia	Es la rapidez de incidencia de energía radiante sobre una superficie, por unidad de área.
Lumen	Unidad de medida que cuantifica la cantidad de luz emitida por una fuente de iluminación.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

Luz Fluorescente	Es una lámpara eléctrica cargada con un gas inerte (comúnmente neón). Emite luz visible por el paso de la corriente eléctrica a través de ella.
Luz Incandescente	Elemento emisor de luz constituido por un filamento en alto vacío.
Metanol	Alcohol del metano. $\text{CH}_3\text{OH}$
Milibar	Unidad de presión habitual en meteorología. Sus equivalencias son: 1013 milibares = 1 atmósfera = 760 mm de Hg = 1033,6 $\text{g}\cdot\text{cm}^2$
Módulo Solar	Conjunto de celdas conectadas en serie en un solo arreglo físico y dentro de un marco. Los más comunes tienen un voltaje de salida de 16- 18 Volts para cargar baterías de 12 Volts.
Ohm	Unidad con la cual se cuantifica la resistencia de un material al flujo eléctrico.
Pérdida por Cable	Se refiere a la pérdida de energía o potencia debido a la resistencia de cualquier conductor en cualquier circuito eléctrico.
Pinamómetro	Es un instrumento para medir la irradiancia global (directa más difusa), usualmente sobre una superficie horizontal.
Piroheliómetro	Es un instrumento que se enfoca directamente al Sol para medir exclusivamente la radiación que proviene de él y de sus alrededores cercanos. Es decir, es un instrumento que mide radiación directa.

**“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”**

Posición del Sol en el centro de la órbita	El Sol está situado en uno de los focos de la órbita elíptica, pero como la excentricidad de la elipse es muy pequeña, se puede considerar que está en el centro. La distancia de la Tierra al Sol es de unos 150 millones de kilómetros, con un diámetro mayor de la elipse que es sólo 1/270 veces mayor que el diámetro menor. Asimismo, bien que la órbita terrestre es prácticamente un círculo ayuda a evitar el error, relativamente frecuente, de pensar que el que sea verano o invierno depende de las variaciones de distancia entre nuestro planeta y el Sol.
Potencia	Describe la relación de energía por unidad de tiempo, medido en W, por ejemplo, 1 watt = 1 joule/seg., pero también es el resultado de multiplicar el voltaje por la corriente (Volts X Amperes).
Radiación difusa	Es la que se recibe del sol, después de ser desviada por dispersión atmosférica. Es radiación difusa la que se recibe a través de las nubes, así como la que proviene del cielo azul.
Radiación directa	Es la radiación que se recibe directamente del sol, sin sufrir ninguna dispersión atmosférica. La radiación extraterrestre entra en estos parámetros.
Radiación terrestre	Es la que proviene de objetos terrestres; por ejemplo, la que refleja una pared blanca, un charco o un lago.
Radiación total	Es la suma de las radiaciones directa, difusa y terrestre que se reciben sobre la superficie.
Refrigerante	Sustancia que se utiliza para bajar la temperatura a punto de congelación.
Refrigerante primario	Son fluidos utilizados en la transmisión del calor que, en un sistema frigorífico, absorbe calor a baja temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar, generalmente, con cambios de estado del fluido
Regulador de Carga	Regula la transferencia de energía eléctrica a un acumulador para que este último no se sobrecargue.

**“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”**

Régimen de Carga	Es la cantidad de energía por unidad de tiempo que se introduce a la batería, comúnmente expresada como una relación de la capacidad de carga entre el tiempo (amp/hora).
Resistencia Paralelo	También llamado arreglo Shunt. Es una resistencia de carga a través de la cual se divide la corriente. Normalmente la resistencia paralelo es una resistencia de precisión, y se utiliza para determinar el amperaje midiendo el voltaje a través de ella y haciendo uso de la ley de Ohm ( $I=V/R$ ).
Silicio Amorfo	La estructura cristalina de estas celdas no tiene un patrón ordenado, como su nombre lo indica "no tiene forma".
Silicio Monocristalino	Las celdas están hechas de un solo cristal de silicio de muy alta pureza.
Silicio Policristalino	La estructura cristalina de estas celdas está constituida de varios cristales.
Switch (interruptor)	Interruptor. Dispositivo común que permite cortar el flujo de electricidad a través de un circuito eléctrico.
Tracker	Rastreador. Dispositivo utilizado para el montaje de los módulos fotovoltaicos y el rastreo de la luz solar que gira uno o dos ejes procurando que la superficie permanezca expuesta al sol.
Unidad astronómica	El sol es una inmensa esfera de gases a alta temperatura, con un diámetro de $1.39 * 10^9$ metros, situado a una distancia media de $1.5 * 10^{11}$ metros con respecto de la Tierra. A esta distancia se le conoce como unidad astronómica.
Volt	Es la unidad de medición de la diferencia de potencial entre dos puntos.
Voltímetro	Dispositivo para la medición de la diferencia de potencial entre cualquiera de dos puntos en un circuito eléctrico.
Voltaje de Circuito Abierto	Se refiere a la diferencia de voltaje de dos puntos en un circuito, cuando los dos puntos están eléctricamente desconectados uno de otro.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

Watt

Unidad fundamental de medición de energía  $1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/seg.}$  O también  $1 \text{ watt} = 1 \text{ Volt.} \times 1 \text{ ampere.}$

Watt pico

Máxima potencia que un dispositivo produce o consume durante su arranque.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## **Bibliografía**

- ✎ Almanza. Ingeniería de la energía solar. Cromo color
  
- ✎ Daniels, Farrington. Uso directo de la energía solar. Herman Blume Ediciones
  
- ✎ Duffie. Solar Engineering of termal processes. Wiley Interscience
  
- ✎ Haberman. Termodinámica para ingenieros con transferencia de calor. Trillas.
  
- ✎ Hermosillo. Destilación solar. Cuaderno Huella
  
- ✎ Kreith. Principios de transferencia de calor. Thomson
  
- ✎ Manrique, José. Energía Solar, Fundamentos y aplicaciones fototérmicas. Harla
  
- ✎ Marroquín. Desarrollo y construcción de un prototipo de colector solar plano, análisis matemático y experimental. XXIX semana de energía solar.
  
- ✎ Meinel. Solar Energy. Addison Wesley
  
- ✎ Olivares. Determinación experimental y teórica de temperaturas en un colector solar plano para la optimización del diseño. XXVII semana de energía solar.



“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## Objetivos

- ✎ Mostrar la importancia del uso de la energía solar en sustitución de los hidrocarburos.
- ✎ Dar un panorama general de los beneficios del uso de la energía, tratamiento y almacenamiento de la energía solar en busca de la obtención de recursos energéticos útiles en la actualidad.
- ✎ Mostrar los principales medios de almacenamiento y captación de la energía solar.
- ✎ Listar los posibles usos y aplicaciones eficientes de la energía solar en la sociedad actual.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento, procesos y aplicaciones”

## Justificación

La disponibilidad de recursos energéticos resulta ser uno de los factores más importantes en el desarrollo tecnológico a nivel mundial. El desarrollo tecnológico determina el uso de ciertos tipos de energía; así como la disponibilidad de tales recursos. Los recursos energéticos son utilizados por el hombre para la satisfacción de necesidades básicas en forma de calor y trabajo.

El calor es necesario para un sinnúmero de aplicaciones, como:

- ✎ La climatización del espacio
- ✎ La cocción de alimentos
- ✎ La producción o transformación de compuestos químicos

El trabajo se utiliza por una variedad de procesos en los que hay que vencer fuerzas de oposición:

- ✎ Para levantar una masa en un campo gravitacional
- ✎ Para deformar un cuerpo
- ✎ Estirar una liga o un resorte
- ✎ Hacer fluir un líquido o un gas
- ✎ Para la mayoría de los procesos industriales, al transformar materia prima en producto terminado
- ✎ Para el transporte de personas y de mercancías

Al principio de nuestra era, el calor era producido por la combustión de la leña, principalmente; el trabajo era producido por la fuerza humana.

La evolución permitió el uso de los medios a nuestro alcance, para hacer la vida más sencilla; de ahí, aparecieron las máquinas de vapor, mediante la combustión de leña y, posteriormente, de carbón. Así, los recursos energéticos fueron aprovechados en beneficio del hombre, no sin pagar el precio de la afectación al medio ambiente.

“Energía solar como fuente inagotable de recursos útiles. Tratamiento,  
procesos y aplicaciones”

En la actualidad, los recursos que se utilizan para obtener energía se están agotando y los recursos renovables ofrecen una nueva perspectiva para reemplazarlos y hacer, al mismo tiempo, que el impacto en el medio ambiente sea menos grave.

Por ello, se hace énfasis en el uso de los recursos renovables, como lo es el Sol, que está presente todo el año durante una gran parte del día; es la razón por la que creo justificable el desarrollo de esta tesis que, si bien no abarca todo lo relacionado a la energía solar (porque es bastante información), sí se da un panorama viable para ser entendido y valorado.