

## CAPÍTULO 1

## Energía solar y sus propiedades.

## 1.1 Introducción.

En este capítulo se describe el carácter ondulatorio de la luz, los factores que afectan la radiación solar y la cantidad de energía generada por el sol, que se puede hacer con la energía solar y la radiación en algunos estados de la Republica Mexicana.

## 1.2 Carácter ondulatorio de la luz.

La luz se propaga por un movimiento ondulatorio o de ondas. Esta idea, emitida por *Huyghens* en el siglo XVII, fue recogida por *Young* a principios del siglo XIX y más tarde, desarrollada sucesivamente por Fresnel y Maxwell. Éste, precisando la noción de onda transversal, la consideró como una deformación electromagnética. Se pueden explicar de esta manera los fenómenos de difracción, interferencia y polarización. Según la teoría electromagnética, la onda luminosa está representada en cada punto de su esfera de emisión, por un plano perpendicular a la dirección de propagación. En este plano están inscritos dos vectores oscilantes perpendiculares entre sí, uno eléctrico y el otro magnético. En otros términos, una radiación sería una variación periódica, en el espacio, de un campo eléctrico y un campo magnético combinados Fig.1.[1]

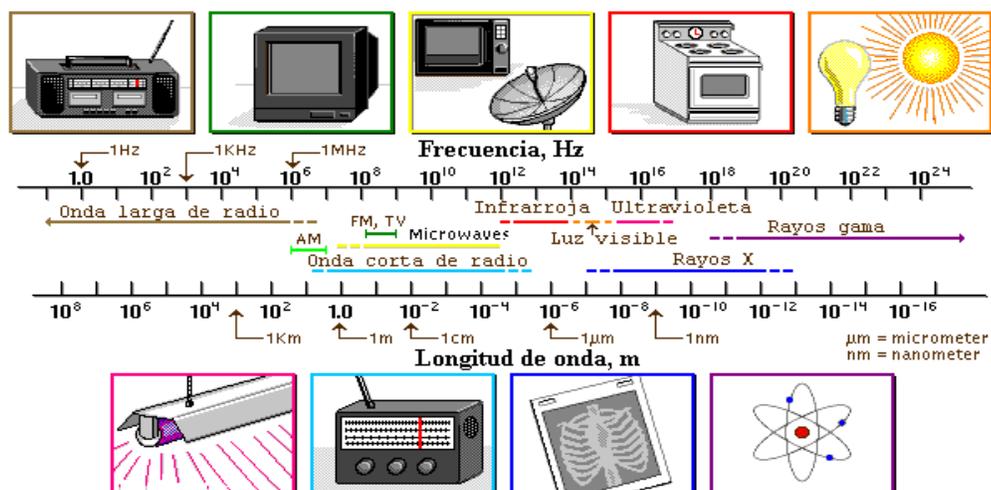


Fig.1.1 Diversos campos de aplicación de ondas electromagnética [1]

### 1.3 La energía solar

Una energía garantizada para los próximos 6.000 millones de años.

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la Historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el firmamento desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra **cuatro mil veces** más energía que la que vamos a consumir.

Algunos estados de la Republica Mexicana, por su privilegiada situación y climatología, en cada metro cuadrado de su suelo inciden al año unos 1.500 kilovatios-hora de energía aproximadamente (6 Kwh./M2 por día). Esta energía puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida en otras formas útiles como, por ejemplo, en electricidad [1,2,4,11].

No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, no renovables.

Es preciso, no obstante, señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, pero en verano la radiación solar es muy intensa.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria [1,2,4,11].

#### 1.4 ¿Qué se puede hacer con la energía solar?

Básicamente, recogiendo de forma adecuada la radiación solar, podemos obtener calor y electricidad

El calor se logra mediante los colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados **módulos fotovoltaicos**. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí, ni en cuanto a su tecnología ni en su aplicación.

Las **celdas solares**, dispuestas en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural Fig.1.2, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes.

La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa (por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio.

Si se consigue que el precio de las celdas solares siga disminuyendo, iniciándose su fabricación a gran escala, es muy probable que, a mediados de siglo XXI, una buena parte de la electricidad consumida en los países ricos en sol tenga su origen en la conversión fotovoltaica.

La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación. Así, una casa **bien aislada** puede disponer de agua caliente y calefacción solares, con el apoyo de un sistema convencional a gas o eléctrico que únicamente funcionaría en los periodos sin sol fig.1.2. El costo del pago de la luz sería sólo una fracción del que alcanzaría sin la existencia de la instalación solar [1,2,4,11].



Fig.1.2.Casa con paneles solares para obtener energía del sol.[1]

### 1.5 Radiación que llega a la Tierra.

La intensidad de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra se reduce por varios factores variables, entre ellos, la absorción de la radiación, en intervalos de longitud de onda específicas, por los gases de la atmósfera, dióxido de carbono, ozono, etc., por el vapor de agua, por la difusión atmosférica por las partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua, por reflexión de las nubes y por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto de la posición normal de la radiación.

La intensidad de la radiación medida en la superficie de la Tierra varía de 1.6 a 0 [1].

El total de la energía solar que llega a la Tierra es enorme. Los EE.UU., por ejemplo, reciben anualmente alrededor de 1500 veces sus demandas de energía total. En un día de sol de verano, la energía que llega al tejado de una casa de tipo medio sería más que suficiente para satisfacer las necesidades de energía de esa casa por 24 horas. En la tabla 1.1 se dan valores típicos de la radiación que se recibe en la superficie de la Tierra.

CAPÍTULO 1 CONTROL DIGITAL PARA CONVERTIDOR MULTINIVEL  
ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR

Localidad y sus latitudes	Diciembre Kilocal/m <sup>2</sup>	Junio Kilocal/m <sup>2</sup>	Promedio anual
San Juan, Puerto Rico, 18° N	4.177	5.425	5.262
El Paso, Texas, 32° N	3.274	7.408	5.525
Fresno, California, 37° N	1.655	7.106	4.502
Madison, Wisconsin, 43° N	1.220	5.398	3.309
Seattle, Washington, 47° N	0.624	6.184	3.146
Londres, Inglaterra, 52° N	0.488	4.720	2.387
Mesina, Sudáfrica, 22° S	6.293	3.635	5.086
Buenos Aires, Argentina, 35° S	7.188	2.075	4.286
Mt.Stronlo, Australia, 35° S	6.374	2.048	4.258

Tabla 1.1. Valores típicos de radiación solar de algunas regiones de la tierra[1].

La tabla 1.2 indica la distribución de energía transmitida en tres intervalos de longitud de onda, para diversas masas de aire,  $m$ , y se basa en la constante solar de 1.896 cal/min. Cm, donde la masa de aire  $m$ , se define como la radiación y el espesor cuando el sol está en el cenit y el observador al nivel del mar.

Intervalo de longitud de onda, $\mu$	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	1.896	1.330	1.060	0.871	0.730	0.616
Calorías por minuto, por cm <sup>2</sup>						

Tabla 1.2. Distribución de energía recibida en tres intervalos de longitud de onda.[1]

**1.6 Irradiación en algunas regiones de México.**

Se puede observar en la tabla 1.3 el potencial en KWh/día de irradiación solar que se recibe en nuestro país. [28]

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Sonora	Hermosillo	4.0	4.6	5.4	6.6	8.3	8.6	6.9	6.6	6.7	6.0	4.7	3.9	3.9	8.6	6.0
Sonora	Guaymas	4.5	5.7	6.5	7.2	7.3	6.8	5.9	5.8	6.3	5.9	5.1	5.6	4.5	7.3	6.0
Chihuahua	Chihuahua	4.1	4.9	6.0	7.4	8.2	8.1	6.8	6.2	5.7	5.2	4.6	3.8	3.8	8.2	5.9
Coahuila	Piedras Negras	3.1	3.6	4.2	4.5	4.8	6.0	6.7	6.3	4.9	4.1	3.3	2.9	2.9	6.7	4.5
Coahuila	Saltillo	3.8	4.2	4.8	5.1	5.6	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8
Nuevo León	Monterrey	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5.0	3.8	3.3	3.0	3.0	6.1	4.4
San Luis Potosí	Río Verde	3.6	4.0	4.6	4.9	5.4	5.6	5.8	5.8	5.1	4.3	3.7	3.3	3.3	5.8	4.7
San Luis Potosí	San Luis Potosí	4.3	5.3	5.8	6.4	6.3	6.1	6.4	6.0	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4
Zacatecas	Zacatecas (la bufa)	4.9	5.7	6.6	7.5	7.8	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	7.8	5.8
Campeche	Campeche	4.0	4.1	5.5	5.8	5.5	4.9	4.9	5.1	4.7	4.4	4.2	3.7	3.7	5.8	4.7
Guanajuato	Guanajuato	4.4	5.1	6.1	6.3	6.6	6.0	6.0	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6
Colima	Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6.0	5.2	4.9	5.0	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6.0	4.9
Colima	Manzanillo	N.D.														
Aguascalientes	Aguascalientes	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6
Guerrero	Chilpancingo	4.1	4.5	4.9	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	4.7	4.4	4.1	3.8	3.8	5.2	4.7
Guerrero	Acapulco	4.8	5.3	6.1	5.9	5.6	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5.0	4.7	4.7	6.1	5.3
Nayarit	Tepic	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4.0	4.8	3.9	6.1	4.8
Veracruz	Tuxpan	3.1	3.8	4.4	4.8	4.7	4.4	4.7	5.5	4.4	4.1	3.4	3.1	3.1	5.5	4.2
Veracruz	Córdoba	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4	4.6	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	4.6	3.7
Veracruz	Orizaba	3.3	3.5	3.9	4.2	4.9	4.4	4.5	4.6	4.3	3.6	3.3	3.1	3.1	4.9	4.0
Veracruz	Jalapa	3.2	3.5	3.8	4.3	4.6	4.4	4.9	5.0	4.4	3.7	3.3	3.0	3.0	5.0	4.0
Veracruz	Veracruz	3.7	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	5.1	4.6
Chiapas	Comitán	4.1	4.4	4.8	4.9	5.1	4.8	5.5	5.5	4.8	4.0	4.0	3.7	3.7	5.5	4.6
Chiapas	Arriaga	5.1	5.4	5.5	5.9	5.6	5.2	5.9	5.5	5.1	5.3	5.1	4.7	4.7	5.9	5.4
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	3.8	4.4	4.6	4.8	5.3	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7
Chiapas	San Cristóbal	4.0	4.3	4.5	4.5	4.8	4.7	5.4	5.3	4.6	4.2	3.9	3.7	3.7	5.4	4.5
Chiapas	Tapachula	5.4	4.9	4.8	4.6	4.7	4.7	5.2	5.1	4.6	4.1	4.3	4.1	4.1	5.4	4.7
Quintana Roo	Chetumal	3.9	4.7	5.4	5.7	5.3	4.7	4.9	5.0	4.5	4.4	4.0	3.7	3.7	5.7	4.7
Quintana Roo	Cozumel	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	5.7	4.7

Tabla 1.3 Energía recibida en algunos estados de la República Mexicana [28].

### 1.7 Usos posibles de la energía solar.

En una lista parcial de posibles usos de la energía solar, figuran:

- Calefacción doméstica
- Refrigeración
- Calentamiento de agua
- Destilación
- Generación de energía
- Fotosíntesis
- Hornos solares
- Cocinas
- Evaporación
- Acondicionamiento de aire
- Control de heladas
- Secado

Se han ensayado todos los usos citados de la energía solar en escala de laboratorio, pero no se han llevado a la escala industrial. En muchos casos, el costo de la realización de estas operaciones con energía solar no puede competir con el costo cuando se usan otras fuentes de energía por la gran inversión inicial que es necesaria para que funcionen con energía solar y por ello la mayor parte de los estudios de los problemas de utilización de esta energía está relacionado con problemas económicos.

Las instalaciones solares pueden considerarse clasificadas por tres tipos de aplicación. Primero, hornos solares, usados como medio de laboratorio para obtener altas temperaturas en diversos estudios y propuestos para usos semi industriales. En segundo lugar los usos potenciales de disposiciones solares sencillas, como cocinas, refrigerantes y bombas de irrigación en regiones no industrializadas, con radiación segura y en donde los actuales recursos de energía no son satisfactorios o resulten caros. Un tercer grupo de aplicación de energía solar podrá competir en el futuro económicamente con otras fuentes de energía en algunas zonas de países industrializados, como los EE.UU., si los adelantos técnicos en este campo o los cambios en el costo de la energía de otras fuentes llegan a alterar su costo relativo [2].