

Unidad II

Instrumentos de medida usados en instalaciones solares fotovoltaicas.

2.1-Instrumentos de medición de radiación solar.

2.2-Medición de la duración del brillo solar.

2.3-Ubicación y exposición de los instrumentos de medición de la radiación solar.

2.4-Medida de las variables en el ambiente.

Unidad I.- Instrumentos de medida usados en instalaciones solares fotovoltaicas.

Conceptos a considerar:

Radiación Solar:

La radiación solar la podemos definir como el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas que permite la transferencia de energía solar a la superficie terrestre. Estas ondas electromagnéticas son de diferentes frecuencias y aproximadamente la mitad de las que recibimos están entre los rangos de longitud de onda de 0.4 [μm] y 0.7 [μm], y pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible. De la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta.

Constante solar:

La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera. Expresada en otras unidades la constante solar es igual:

$$C = 1,353 \text{ W/m}^2$$

En la superficie de la Tierra el flujo de radiación solar disminuye debido a la absorción y dispersión en la atmósfera terrestre, y es, por término medio de 800 a 900 W/m².

Es muy importante controlar en cada momento el valor de la constante solar, pues se cree que solo una modificación del 1% de la misma

podría ocasionar una variación de uno a dos grados en la temperatura de nuestro planeta.

Irradiancia Solar:

La irradiancia es la utilizada para describir el valor de la potencia luminosa (energía/unidad de tiempo) incidente en un determinado instante por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. Sus unidades de medida son:

$$W/m^2 \cdot \text{min}$$

Irradiación Solar:

La irradiación también conocida como insolación se refiere a la cantidad de energía solar recibida durante un determinado periodo de tiempo. Sus unidades de medida son:

$$Wh/m^2$$

Hora pico solar:

La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m².

Una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m² o, lo que es lo mismo, 1 kWh/m², tal y como se muestra en la siguiente conversión:

$$1 \text{ HSP} = \frac{1000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h}}{m^2} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ J/s}}{1 \text{ W}} = 3,6 \text{ MJ/m}^2$$

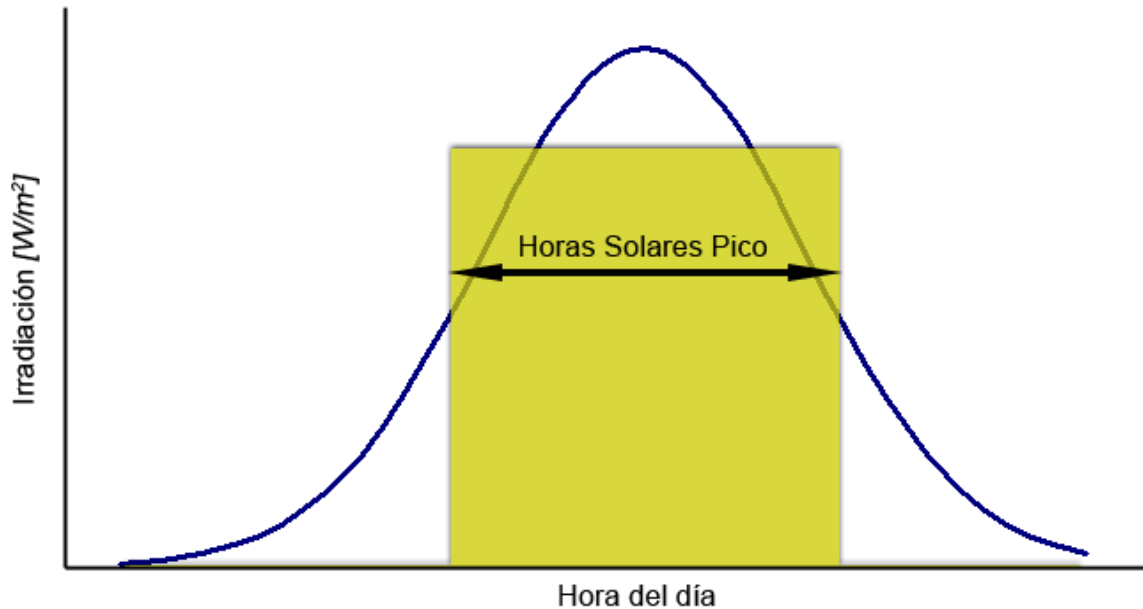


Fig.- Grafica de horas picos.

2.1-Instrumentos de medición de radiación solar.

La medida de la radiación solar.

En la superficie terrestre es de gran importancia para el estudio de las condiciones climáticas y atmosféricas. Conociendo los valores de la radiación solar a lo largo del año en un área determinada, es posible saber si es factible la utilización de los sistemas fotovoltaicos, o como deben realizarse de forma que se garantice su máximo aprovechamiento a lo largo del mismo, ya que se trata de un periodo de tiempo donde las variaciones de la intensidad de la radiación solar sufren alteraciones significativas. La radiación solar se mide usualmente mediante instrumentos especiales destinados a tal propósito denominados radiómetros.

Existen varias clases de radiómetros, dependiendo del tipo del tipo de radiación a medir.

1.- La radiación global: se mide generalmente sobre una superficie horizontal con un instrumento de medida denominado piranómetro.

2.- La radiación difusa: se mide también sobre una superficie horizontal con un piranometro que incorpora un disco o una banda sombreadora, para evitar la visión del disco solar, llamado también albedómetro.

3.- La radiación directa: se mide sobre una superficie normal a los rayos solares, mediante un instrumento denominado pirheliómetro.

Medida de la radiación global

Para este caso se emplea el piranometro, también llamado solarimetro y actinometro, es un instrumento con el que se mide la radiación solar global (difusa y directa), que se recibe en todas las direcciones, pero que usualmente se usa para medir la que se recibe sobre una superficie horizontal. Es un instrumento sencillo que no requiere la incorporación de mecanismos de seguimiento solar. Normalmente los piranómetros emplean como sensores elementos termoeléctricos, fotoeléctricos, piroeléctricos o bimetálicos. Debido a que los piranómetros están expuestos continuamente a todas las condiciones ambientales, deben ser de diseño robusto. Las propiedades de los piranómetros que hay que tener en cuenta al evaluar la precisión y calidad de la medida de la radiación son: sensibilidad, estabilidad, tiempo de respuesta, respuesta cosenoidal, respuesta azimutal, linealidad, respuesta de temperatura y respuesta espectral.



Figura Piranómetro negro y blanco de Eppley. Unas placas pintadas de blanco y de negro actúan como sensores.



Figura Piranómetro CM 11. Está desarrollado para medida de la radiación solar global (rango espectral de 0.3 a 2.8 μm), radiación difusa y radiación reflejada. Kipp & Zonen.

Medición de la radiación difusa

Para medir la radiación difusa (o la radiación solar procedente de la dispersión de los rayos por los constituyentes atmosféricos) también se puede emplear los piranómetros. Para eliminar que la componente directa de la radiación incida sobre el sensor, se instala un sistema que consiste en una banda o un disco para-sol que evita la radiación solar directa del mismo. Se puede utilizar un disco móvil dotado de un movimiento ecuatorial, en que la sombra se proyecta permanentemente sobre la superficie sensible del piranómetro, o también se puede adaptar una banda parasol que se desplaza manualmente a lo largo del año.



Fig.- Piranómetro con banda de sombra.

Medida de radiación directa

Se realiza con un instrumento denominado pirheliómetro. Mide la radiación solar, en función de la concentración de un punto de luz. Utilizan generalmente termopilas como detectores. Se emplean para un registro continuo de la radiación solar.



Figura Pirheliómetro autocalibrable de cavidad absoluta Modelo HF. Este modelo ha sido un estándar de referencia durante muchos años. CMDL (Climatic Monitoring and diagnostic Laboratory) Solar & thermal Atmospheric Radiation. NOAA. USA.



Figura CH-1 NIP (Normal Incidence Pyrheliometer) está diseñado para realizar medidas automáticas de la radiación solar directa, de 0.2 a 4.0 μm . Está diseñado para su utilización con cualquier modelo de seguidor solar Kipp & Zonen. Tiene la opción de acoplar una rueda de filtros manual para modificar la entrada estándar de 200 nm, a 530, 630, o 695 nm. Kipp & Zonen.

2.2-Medición de la duración del brillo solar.

El instrumento utilizado recibe el nombre de heliógrafo o solarímetro de Campbell Stokes. Se compone de una bola maciza de cristal pulimentada conforme a un calibrador, con índice de refracción determinado, con un diámetro de aprox. 96mm, así como de un casquete metálico dispuesto concéntricamente a esta bola a su distancia focal. En las ranuras del lado interior del casquete se introduce cada día una tira nueva de cartulina con división horaria. El sol quema en la tira huellas más o menos fuertes, según la intensidad de sus rayos y de acuerdo con su curso aparente. Después de haber retirado la tira de cartulina del casquete metálico, se puede determinar retroactivamente cuántas y durante qué horas de cada día ha habido sol.

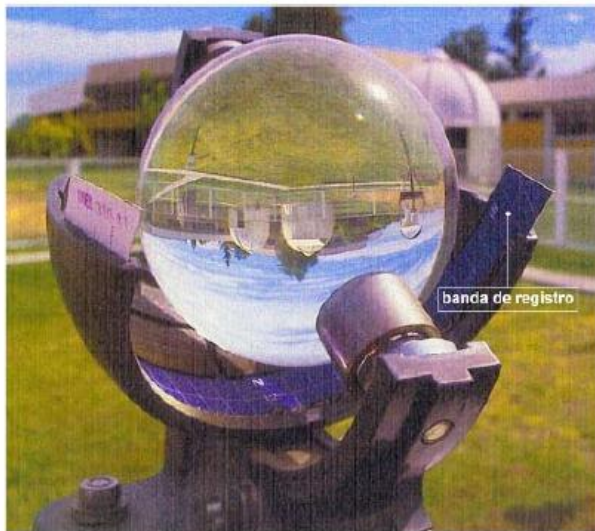


Fig.-heliógrafo.

Distribución espectral de la radiación solar

La medida de la distribución espectral de la radiación solar es una información demandada por numerosas aplicaciones de distintos campos. Desde el punto de vista del aprovechamiento energético de la radiación solar, la caracterización de la distribución espectral de la misma es muy importante, ya que los sistemas de aprovechamiento tienen distinta respuesta dependiendo de la distribución espectral de la radiación solar incidente.

En el mercado existen numerosos dispositivos denominados espectrorradiómetros, capaces de medir la distribución espectral de la luz incidente dentro de un rango de longitudes de onda que dependerá de la tecnología y del detector utilizado.



Figura Espectrorradiómetro Optronic754. Rango espectral 250-800. Aperturas: 0.5°, 1.0° y 1.5°. Universidad de Valencia, Grupo Radiación Solar.



Figura Espectrorradiómetro Licor-1800. Rango de operación 300-1100. Apertura 4.7°. Universidad de Valencia, Grupo de Radiación Solar.

2.3-Ubicación y exposición de los instrumentos de medición de la radiación solar.

El lugar debe permitir una visión continua del sol, del amanecer al anochecer durante todo el año.

Los instrumentos de medición de radiación solar deben estar firmemente fijados a un soporte rígido, próximo a la instalación de teleindicadores e instrumentos registradores, los cuales se instalaran bajo techo para impedir que les afecten las variaciones climatológicas.

Un techo plano proporciona un sitio de observación de radiación solar apropiado. El lugar en el que va a captar la radiación debe estar alejado de las fuentes de contaminación y de radiación distintas de la solar.

Como la instalación de instrumentos de teleindicación de radiación solar basadas en principios termoeléctricos, se recomienda el uso de cables blindados con dispositivos de puesta a tierra en ambos extremos.



Fig.- montaje de instrumentos.

2.4-Medida de las variables en el ambiente.

Para la confiabilidad de los datos del instrumento base, siempre es adecuado tomar referencia de las variables ambientales, no solamente lo indicado o referente al sol (radiación solar), sino también otras variables relacionadas como lo es la emisión de rayos infrarrojos, ultravioletas (UV), temperatura ambiente, presión atmosférica, humedad. Para ello se tendría el apoyo de datos meteorológicos, ya sea de manera directa, teniendo una estación meteorológica si es el caso que se requiera, o se puede acceder a la información meteorológica local.



Fig.- Estación meteorológica.

Unidad	Equivalencia
1 Watt (W)	1Joule/segundo (J/s)
1 W*h	3,600 J
1 KW*h	3.6 MJ
1 W*h	3.412 Btu
1 Caloría	0.001163 W*h
1 Caloría	4.187 Joule
1 cal/cm ²	11.63 W*h/m ²
1 MJ/m ²	0.27778 kW*h/m ²
1 MJ/m ²	277.78 W*h/m ²
1 MJ/m ²	23.88 cal/cm ²
1BTU	252 calorías
1BTU	1.05506 KJ
1 cal/(cm ² *min)	60.29 MJ/m ² por día

Tabla Conversiones útiles para radiación.

Horas Solar Pico

Es la unidad de medición de la irradiación solar. La siguiente tabla muestra la irradiación solar en kWh/m² - Día en cada uno de los meses en la República Mexicana.

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Ags	Aguascalientes	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4	4	7.2	5.6
BCS	La Paz	4.4	5.5	6	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
BC	Mexicali	4.1	4.4	5	5.6	6.6	7.3	7	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
Sin	Culiacán	3.6	4.2	4.8	5.4	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4.6	4.2	3.4	3.4	6.2	4.9
Sin	Los Mochis	4.9	5.4	5.8	5.9	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.8	4.9	4.3	4.3	5.9	5.4
Sin	Mazatlan	3.9	4.8	5.4	5.7	5.7	5.6	4.8	4.9	4.7	5	4.5	3.9	3.9	5.7	4.9