

1.1 Introducción a la Energía Fotovoltaica

Introducción a la Energía Fotovoltaica

La energía fotovoltaica es una tecnología que permite convertir directamente la energía proveniente del Sol en energía eléctrica mediante el uso de dispositivos semiconductores. Este proceso no involucra partes móviles, combustión ni reacciones químicas, lo que la convierte en una fuente de energía limpia, silenciosa y altamente confiable.

En este módulo se establecen los fundamentos físicos y conceptuales necesarios para comprender cómo funciona un sistema fotovoltaico y cómo se describen correctamente las variables solares que intervienen en su diseño y análisis.

1.1.1 Principio de funcionamiento de la energía fotovoltaica

El principio de funcionamiento de la energía fotovoltaica se basa en el **efecto fotovoltaico**, un fenómeno físico mediante el cual ciertos materiales semiconductores generan una diferencia de potencial eléctrico cuando son expuestos a la radiación solar.

Los módulos fotovoltaicos están fabricados principalmente a partir de **silicio**, un material semiconductor cuya estructura atómica permite controlar el movimiento de electrones. Para lograr este efecto, el silicio es tratado mediante un proceso llamado **dopado**, creando dos regiones con propiedades eléctricas distintas:

- Una región tipo **P**, con deficiencia de electrones.
- Una región tipo **N**, con exceso de electrones.

La unión de estas dos regiones forma una **unión PN**, que genera un campo eléctrico interno.

Cuando la radiación solar incide sobre el módulo, los fotones (partículas de energía de la luz) transfieren su energía a los electrones del semiconductor. Si esta energía es suficiente, los electrones se liberan de su enlace atómico y son impulsados por el campo eléctrico interno de la unión PN, generando así un **flujo ordenado de electrones**, es decir, **corriente eléctrica**.

Este proceso ocurre de forma instantánea mientras exista radiación solar suficiente y permite producir energía eléctrica en forma de **corriente directa (DC)**, la cual posteriormente puede ser convertida en corriente alterna (AC) mediante un inversor para su uso en instalaciones residenciales, comerciales o industriales.

En términos energéticos, el sistema fotovoltaico **no almacena energía en el módulo**, sino que transforma continuamente la energía solar disponible en energía eléctrica utilizable.

1.1.2 Conceptos fundamentales: radiación, irradiancia e irradiación

En la rama fotovoltaica es común que los términos *radiación*, *irradiancia* e *irradiación* se utilicen de forma intercambiable en el lenguaje cotidiano. Sin embargo, desde un punto de vista técnico y de diseño, **no significan lo mismo**, y diferenciarlos correctamente es clave para evitar errores conceptuales y de cálculo.

Radiación solar

La **radiación solar** es un concepto general que describe la **energía emitida por el Sol en forma de ondas electromagnéticas**.

- Es el fenómeno físico base que hace posible la generación fotovoltaica.
- Incluye un amplio espectro de longitudes de onda (visible, infrarrojo, ultravioleta, etc.).
- **No se mide directamente en el diseño de sistemas fotovoltaicos**, sino que sirve como fundamento teórico para entender el origen de la energía disponible.

En términos prácticos, la radiación solar explica *de dónde proviene la energía*, pero no nos dice cuánto de esa energía está disponible en un lugar y momento específicos.

Irradiancia (W/m^2)

La **irradiancia** representa la **potencia solar instantánea que incide sobre una superficie**, y se mide en **watts por metro cuadrado (W/m^2)**.

- Es el **parámetro más importante para el comportamiento eléctrico instantáneo de los módulos fotovoltaicos**.
- Describe cuánta potencia solar está disponible *en ese instante* sobre el módulo.
- Es la variable utilizada para definir las **Condiciones Estándar de Prueba (STC)** de los módulos.

Ejemplo práctico:

Un módulo fotovoltaico de **450 W** está especificado para producir esa potencia bajo condiciones STC, que corresponden a:

- Irradiancia de **1,000 W/m^2**

- Temperatura de celda de **25 °C**
- Espectro solar estándar

Si la irradiancia real en campo es de **600 W/m²**, el módulo no puede producir el 100% de su potencia nominal. En una primera aproximación, producirá alrededor del **60% de su potencia**, es decir, aproximadamente **270 W**, siempre que otros factores se mantengan constantes.

Es importante aclarar una duda común: Si en un sitio existiera una irradiancia de **5,000 W/m²**, ¿Significaría esto que el módulo produciría el **500% de su potencia nominal**?

La respuesta corta es no. En la práctica, la irradiancia natural en la superficie terrestre raramente supera los 1,100 W/m², y además existen límites físicos y térmicos que impiden un crecimiento lineal indefinido de la potencia

Como nota adicional 5000 W/m², equivale a la irradiancia solar promedio en Mercurio (Nuestro vecino más cercano al sol donde las temperaturas aproximadas son de 430°C). Así que tanto el panel como los instaladores se calcinarían antes de cualquier aprovechamiento de la energía solar.

Irradiación (kWh/m²)

La **irradiación** representa la **energía solar acumulada sobre una superficie durante un periodo de tiempo**, y se mide en **kilowatt-hora por metro cuadrado (kWh/m²)**.

- Es una variable **energética**, no instantánea.
- Se utiliza para estimar la **producción diaria, mensual o anual** de un sistema fotovoltaico.
- Integra la irradiancia a lo largo del tiempo.

Por ejemplo, si un sitio tiene una irradiación promedio de **5.5 kWh/m²·día**, esto significa que, a lo largo de un día completo, la energía solar recibida equivale a tener **5.5 horas con una irradiancia constante de 1,000 W/m²**.

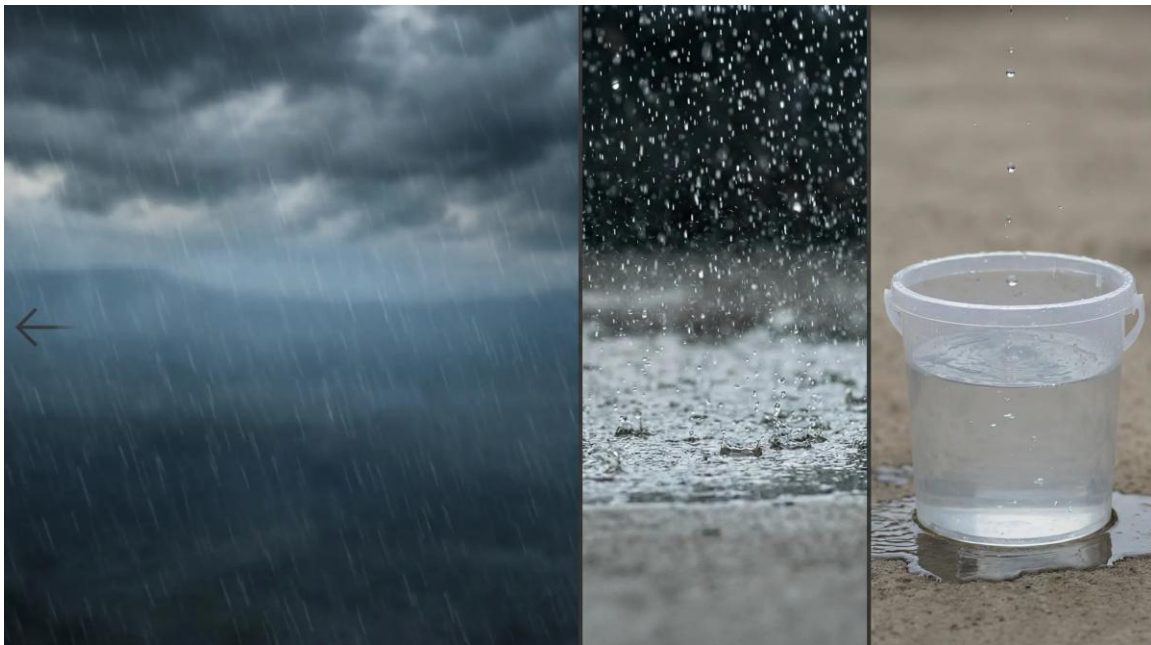
Este valor suele denominarse “**horas pico solares**” y es uno de los datos más importantes para el dimensionamiento energético de sistemas fotovoltaicos.

Resumen útil para diseño fotovoltaico

Una forma sencilla de entender la diferencia entre **radiación, irradiancia e irradiación** es compararlas con la lluvia.

- **Radiación solar** es como la *lluvia que cae del cielo*. Representa la energía que emite el Sol en general. Sabemos que existe y que llega a la Tierra, pero por sí sola no nos dice cuánta energía está disponible en un lugar o en un momento específico.
- **Irradiancia** es como la *intensidad de la lluvia en un instante*. Es cuánta agua cae por segundo sobre una superficie. En energía solar, la irradiancia indica cuánta potencia solar llega en ese momento a cada metro cuadrado (W/m^2). Un aguacero fuerte sería equivalente a una alta irradiancia; una llovizna ligera, a una irradiancia baja.
- **Irradiación** es como el *agua que se junta en una cubeta después de varias horas de lluvia*. No importa solo qué tan fuerte llovió, sino durante cuánto tiempo. En fotovoltaica, la irradiación es la energía total acumulada en un periodo (kWh/m^2 por día, mes o año) y es el valor que usamos para estimar cuánta energía producirá un sistema solar.

En resumen: La radiación es la lluvia que existe, la irradiancia es qué tan fuerte llueve en ese momento, y la irradiación es cuánta agua lograste recolectar al final del día.



Para fines prácticos de diseño y análisis, es fundamental tener clara la diferencia entre estos conceptos:

- **Irradiancia** → Determina la **potencia instantánea** que puede entregar un módulo fotovoltaico.
- **Irradiación** → Permite estimar la **energía producida** por el sistema en un día, mes o año.

Comprender esta distinción es esencial para interpretar fichas técnicas, bases de datos solares y resultados de simulación, y será la base para los cálculos que se desarrollarán en los siguientes módulos del curso.

