



CURSO

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



Ayudelec
Ingeniería Eléctrica

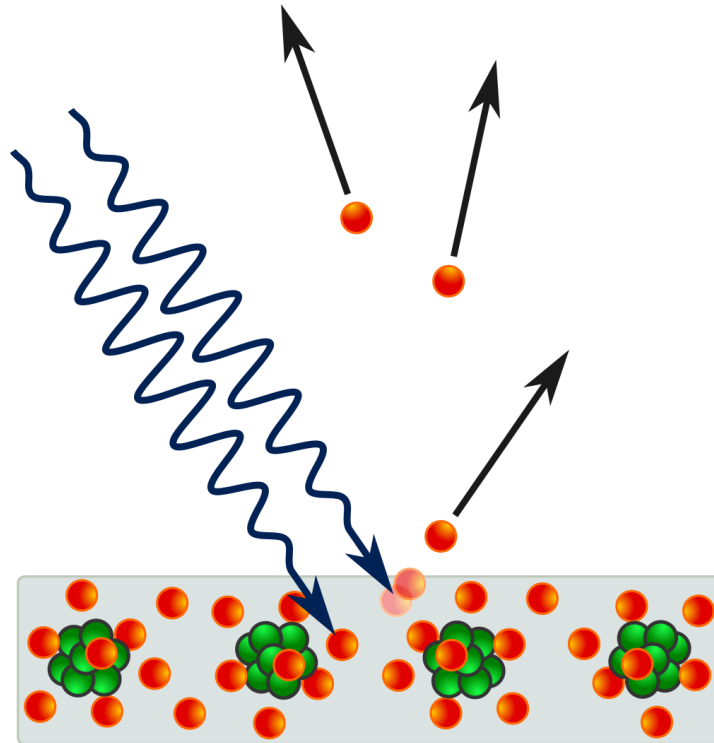


UNIDAD

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

- Equipo encargado de la generación
- Energía Lumínica \longrightarrow Energía Eléctrica
- Efecto Fotoeléctrico



Efecto fotoeléctrico

MÓDULO FOTOVOLTAICO

Captación de la Energía Lumínica

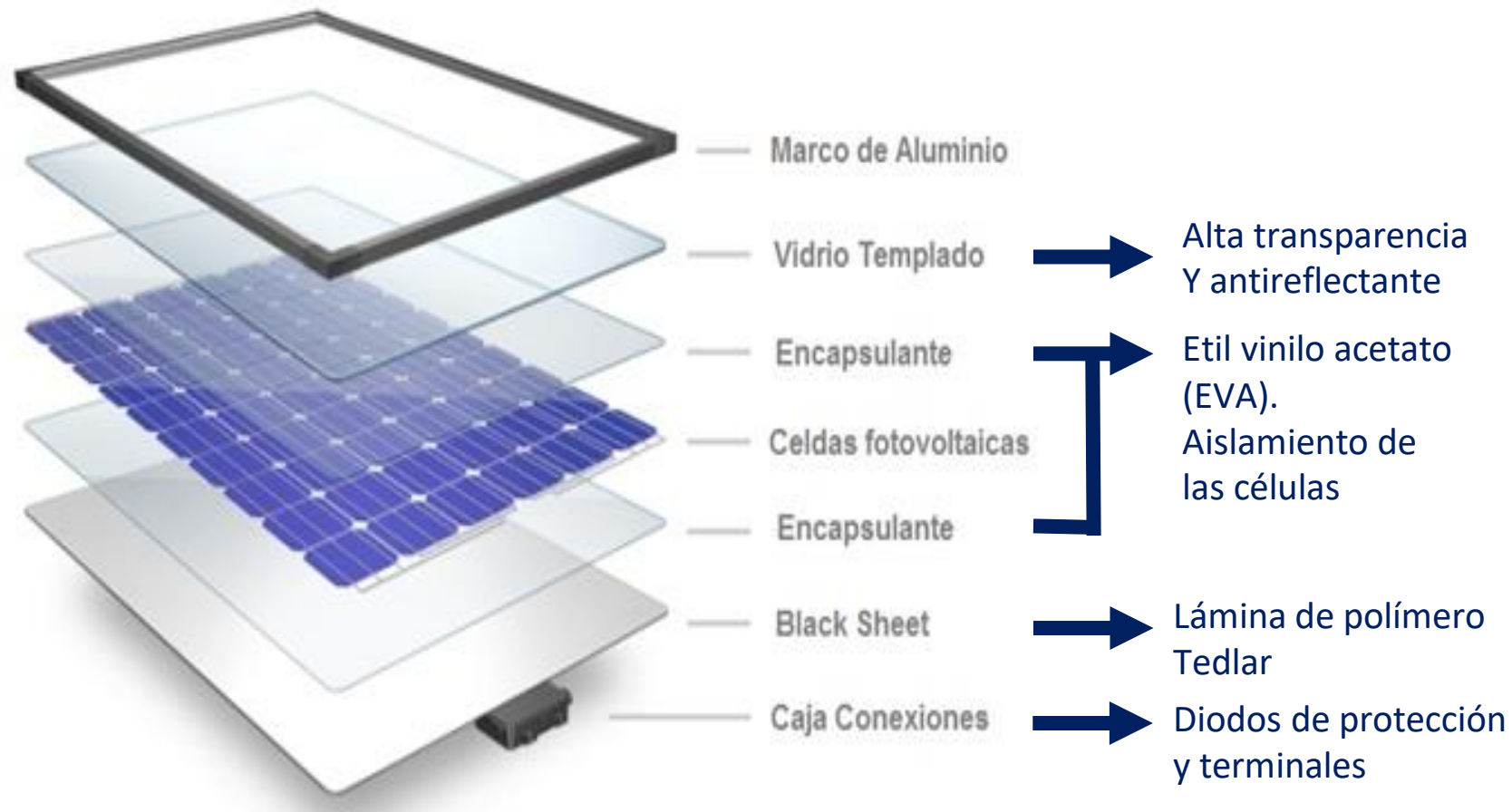


Energía Eléctrica

Características:

- No tienen piezas móviles
- No se pueden encender o apagar
- Solo funcionan de día
- Generan corriente continua cuando están expuestos al sol
- No generan emisiones contaminantes o ruidos
- Proporcionan resistencia mecánica
- Poseen protección contra agentes externos sobre las celdas fotovoltaicas
- Resistentes a altas temperaturas
- Poseen aislación eléctrica de las celdas fotovoltaicas

COMPONENTES DE UN PANEL SOLAR



COMPONENTES DE UN PANEL SOLAR

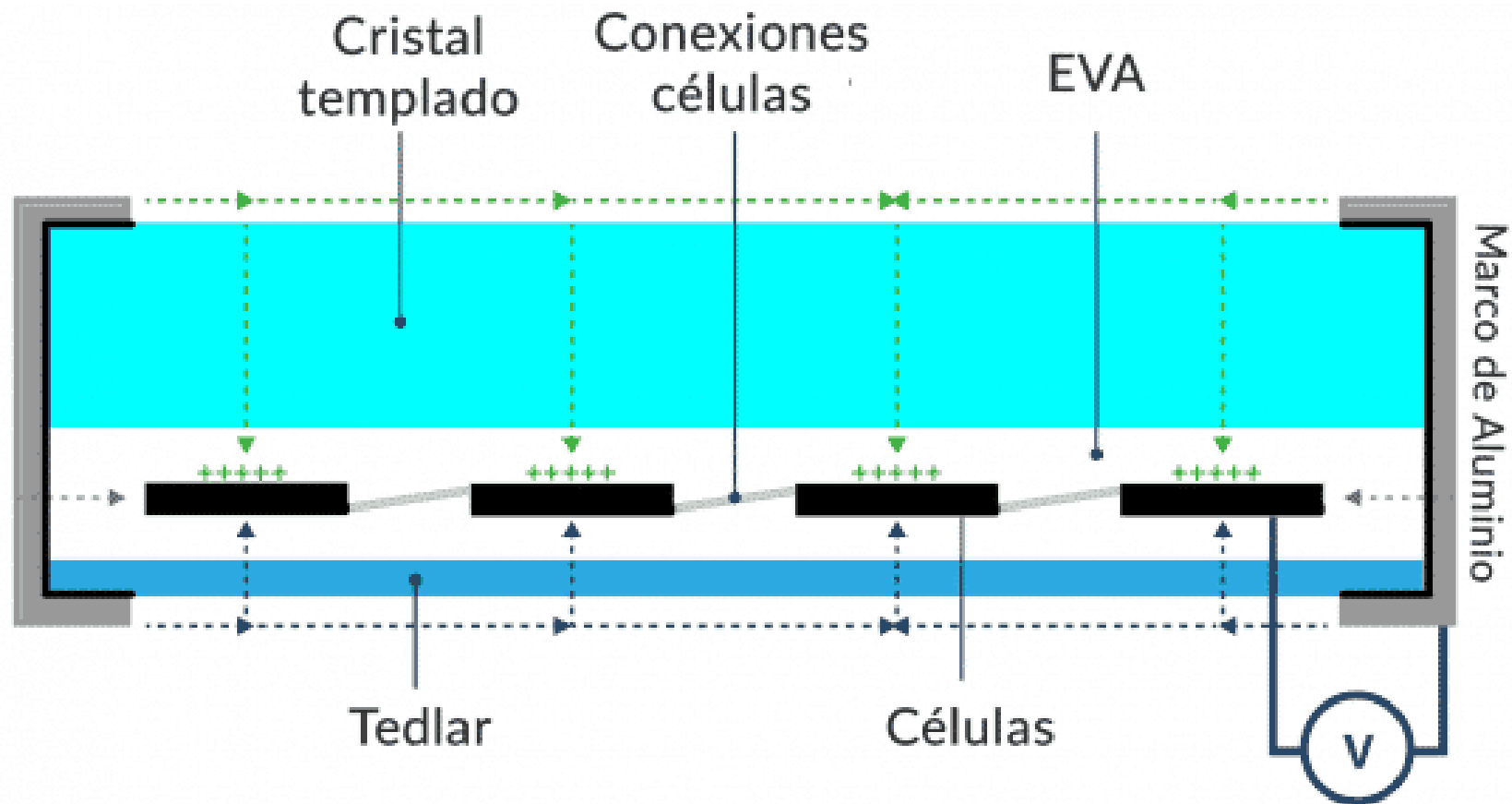
EL ENCAPSULAMIENTO ES ESENCIAL PARA QUE LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS

- Absorban la máxima radiación posible por medio de la capa encapsulante que evita reflexiones internas.
- Estén hermanadas (unión óptima).
- Estén protegidas contra los elementos atmosféricos que podrían dañarlas.
- Estén a la menor temperatura de trabajo posible.

PLACA DE TEDLAR

- Lámina de polímero de compuesto químico de fluoruro de polivinilo.
- Buena resistencia a la intemperie y fuego.

CAPAS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO



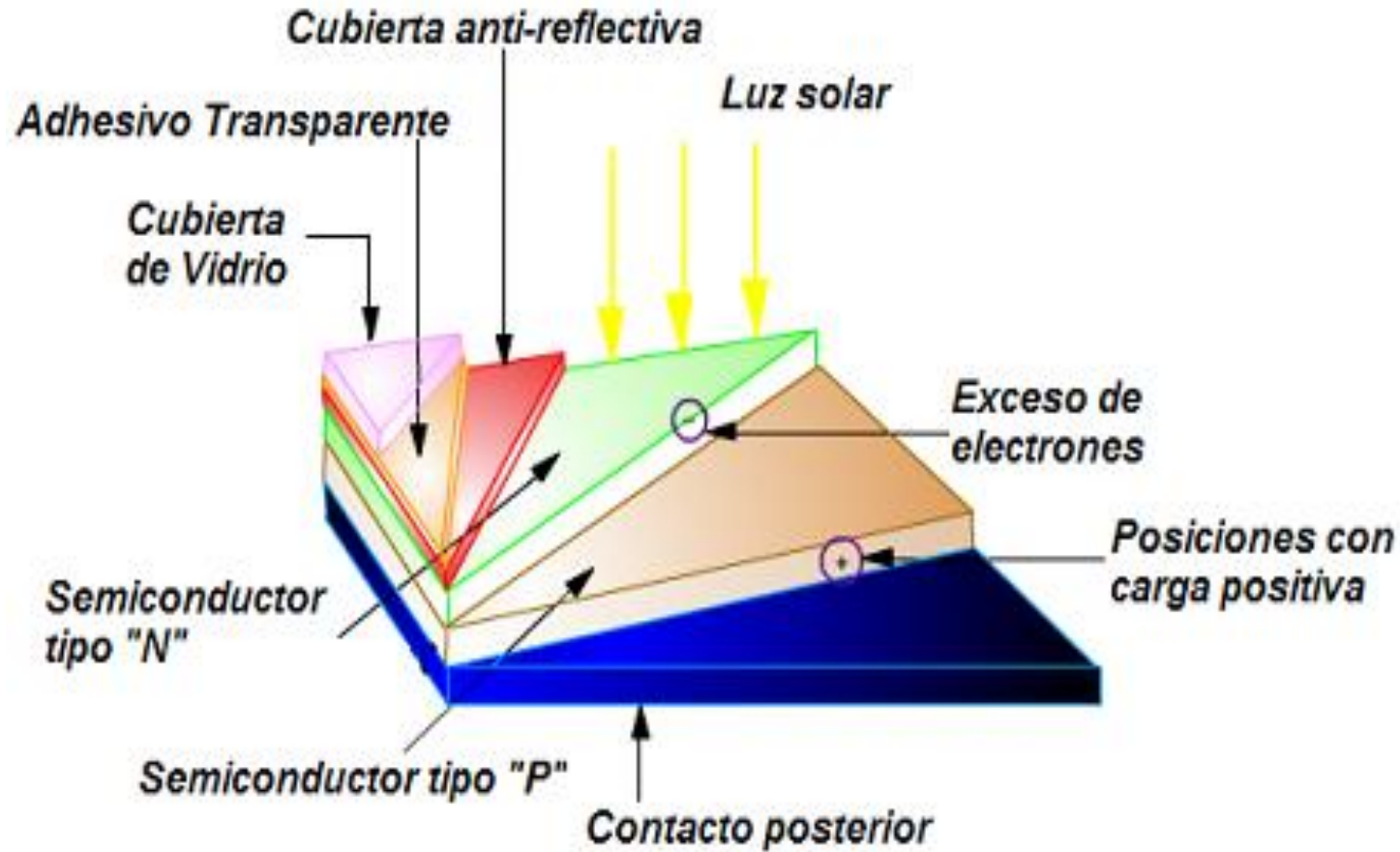
CELDA FOTOVOLTAICA

- Componente principal del panel fotovoltaico fabricado a base de silicio.
- Convierte la energía lumínica  energía eléctrica

Efecto fotoeléctrico

- Capas Tipo N (Negativo) y Tipo P (Positivo) forman un campo eléctrico con una tensión nominal en [V]

CELDA FOTOVOLTAICA



CELDA FOTOVOLTAICA

Rendimiento de la celda  Temperatura de operación

- Capa superior Tipo N

Se agrega fósforo (Dopado) -> Exceso de Electrones -> Capa con carga negativa

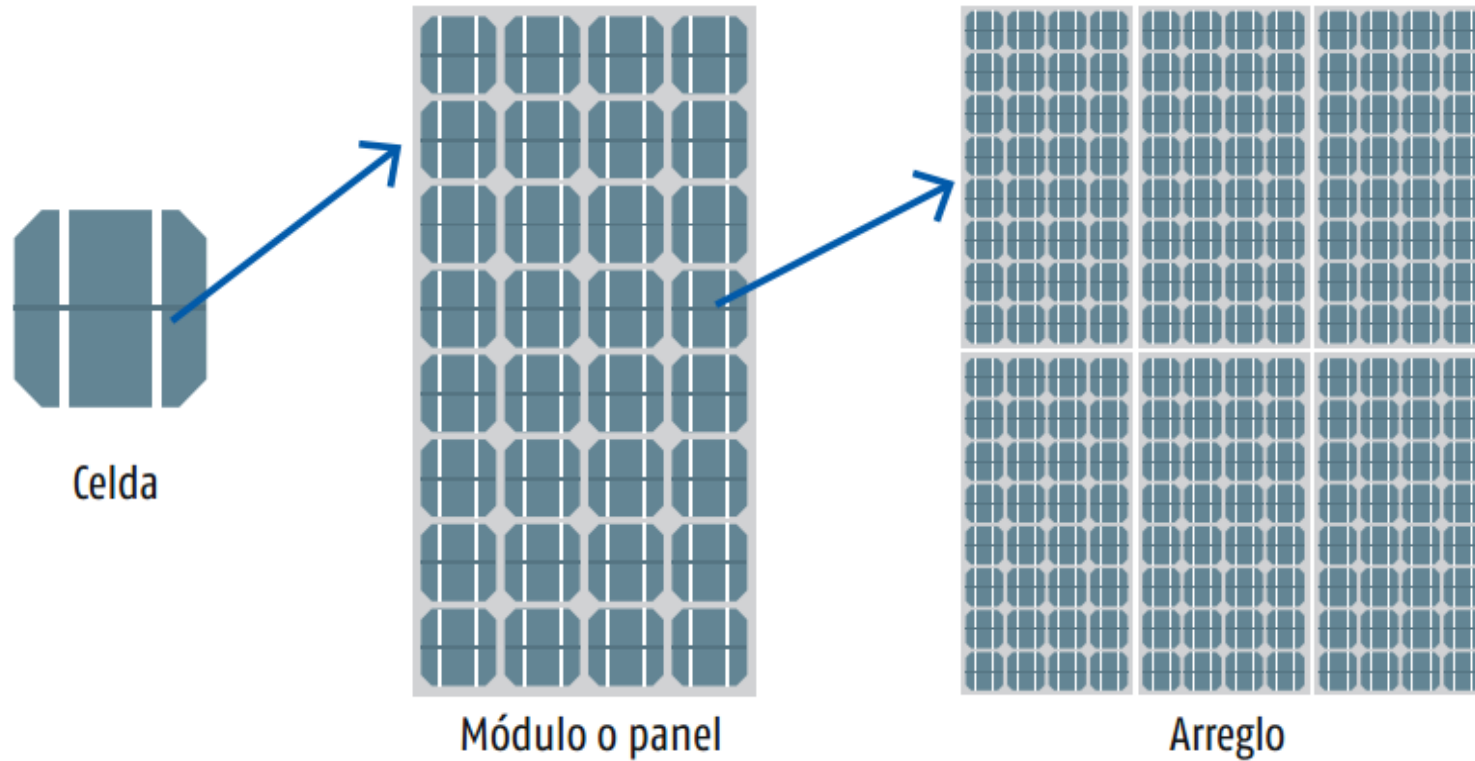
- Capa inferior Tipo P

Se agrega boro (Dopado) -> Déficit de Electrones -> Capa con carga positiva

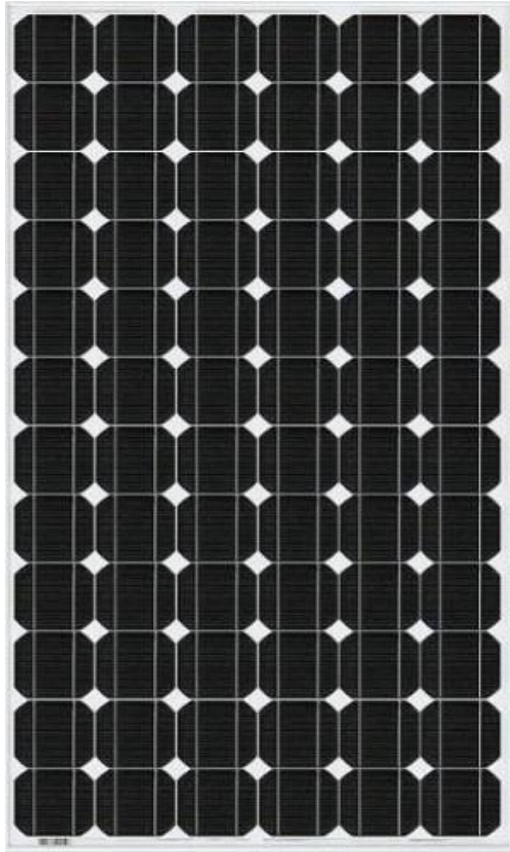
Diferencia de carga  Tensión eléctrica [V]

Tensión promedio de una celda fotovoltaica: 0,5[V]

NOMENCLATURA FOTOVOLTAICA



CELDA MONOCRISTALINA



Características:

- Fabricados a partir de una aleación de silicio puro fundido y dopado con boro
- Rendimiento oscila entre un 20 y 21%
- Presentan una monocromía azul oscuro metálico

CELDA MONOCRISTALINA

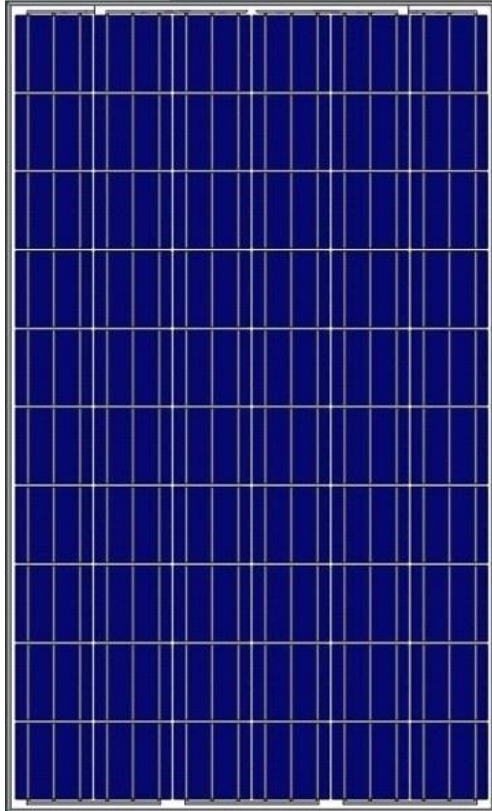
Ventajas:

- Comportamiento uniforme como conductor.
- Estructura homogénea.
- Eficientes en cuanto a espacio.
- Larga vida útil (25 años aprox.).
- Buen desempeño en condiciones de poca luz.

Desventajas:

- Proceso de fabricación complejo.
- Más caros que los paneles policristalinos.
- Si están cubiertos por tierra o nieve, el funcionamiento se ve afectado.

CELDA POLICRISTALINA



Características:

- Fabricadas de la fundición de lingotes de silicio fundido cuidadosamente enfriado y solidificado.
- Rendimiento oscila entre 13 y 16%
- Estructura cristalina con distintos tonos de azul y gris metálico.
- Tipo de módulos más utilizados en el mundo (55% a nivel mundial).

CELDA POLICRISTALINA

Ventajas:

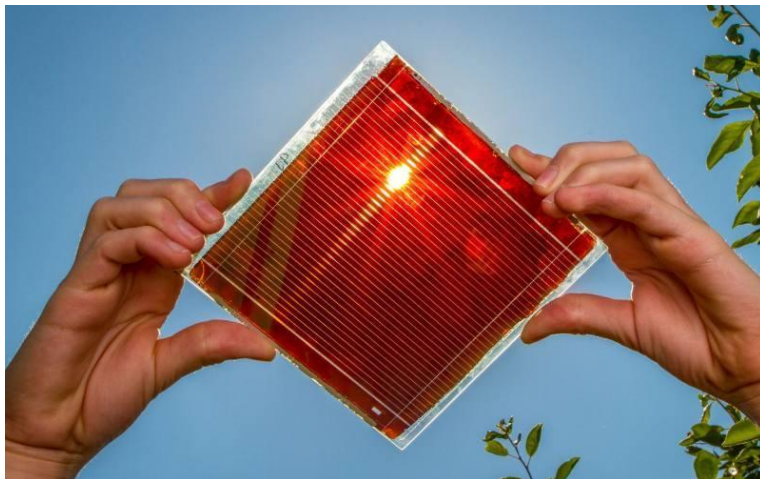
- Estructura ordenada por regiones anexas.
- Proceso de fabricación sencillo.
- Más baratos que otros modelos.
- Vida útil (22 años aprox.).
- Gran estabilidad para estar a la intemperie.

Desventajas:

- Ocupan un mayor espacio.
- Estructura heterogénea: Enlaces irregulares de las fronteras cristalinas disminuyen el rendimiento de la célula.

CELDA PEROVSKITA (Bajo estudio)

Características:



- Fabricadas con perovskita de estructura cristalina.
- Rendimiento oscila entre 21 a 25%
- Su estructura puede ser flexible y transparente.
- Su estado es más frágil.

CELDA DE PEROVSKITA

Ventajas:

- Su eficiencia es mucho mayor.
- El proceso de fabricación requiere menos temperatura.
- Material más barato en comparación al silicio.
- Vida útil (22 años aprox.)*.
- Mayor flexibilidad.

Desventajas:

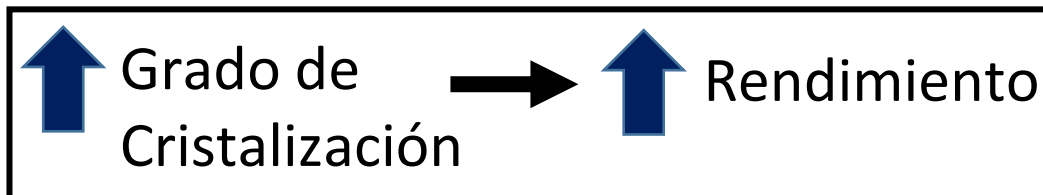
- Material frágil.
- Sigue bajo estudios científicos

CELDA DE TIPO AMORFO



Características:

- Fabricados con silicio no cristalino.
- Se depositan en forma de lámina delgada sobre plástico o vidrio.
- Poseen un color café o marrón.
- Su rendimiento alcanza como máximo un 10%.



CELDA DE TIPO AMORFO

Ventajas:

- Proceso de fabricación sencillo.
- Más baratos que otros modelos.
- Eficientes bajo iluminación artificial.

Desventajas:

- Alto grado de desorden estructural.
- Gran número de imperfecciones estructurales y de enlace.
- Rendimiento de aproximadamente 10 - 30 % durante los primeros seis meses de funcionamiento.

AVANCES TECNOLÓGICOS EN MÓDULOS FV

PERC(Passivated Emitter Rear Cell):

Tecnología empleada para mejorar la eficiencia de las células solares, consiste en capturar fotones adicionales sin modificar su funcionamiento normal.

Bifacial:

Módulos fotovoltaicos con la cara posterior transparente (black sheet)

Half Cell:

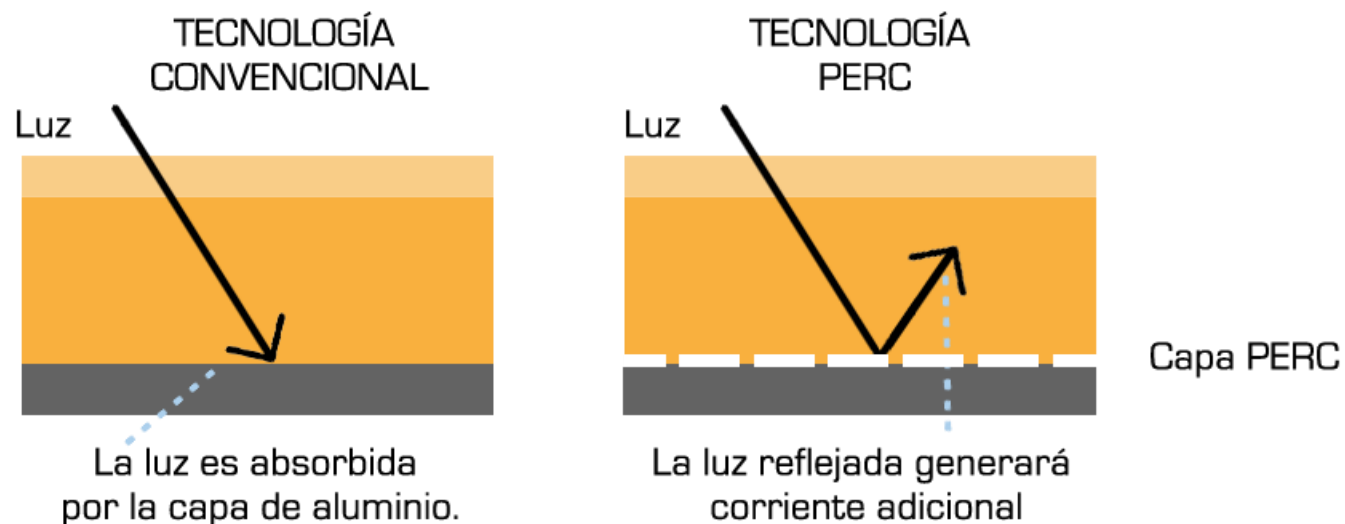
La tecnología denominada Half cell o celda partida se diseña en respuesta al cubrimiento parcial del módulo por sombra, esta permite que el módulo siga generando pero con menor eficiencia.

P.E.R.C. (Passivated Emitter Rear Cell)

El módulo solar PERC se fabrica utilizando celdas de silicio monocristalino estándar y añade una capa de pasivación en la parte trasera.

La tecnología PERC permite a cada celda producir un poco más de electricidad que las celdas convencionales.

La eficiencia máxima de las placas ronda el 23%



Bifacial

El módulo bifacial con tecnología de lámina posterior transparente ofrece hasta un 20% más de rendimiento al instalar paneles solares en superficies reflectantes.



Fuente: Jinko Solar

Fuente: Jinko Solar

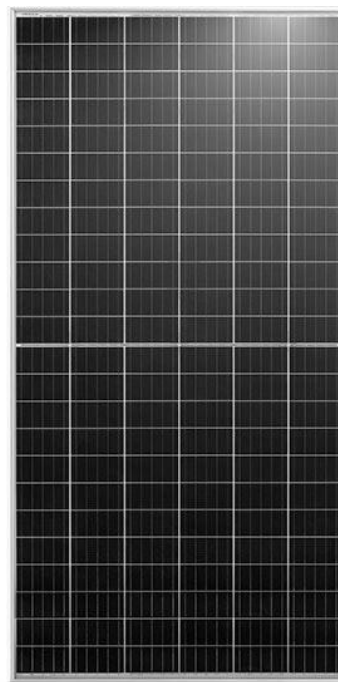
Half Cell - Full Cell

El módulo FV de media celda se diseña en respuesta a las sombras que afectan al arreglo fotovoltaico, en este caso la corriente que fluye en cada barra colectora se reduce a la mitad. Por lo tanto la cantidad de pérdidas internas de un módulo de media celda es $\frac{1}{4}$ de un módulo de celda completa.

Electrical Losses=Current² x Resistance



Fuente: Jinko Solar



Half-cell



Full-cell

VIDA ÚTIL DE LOS MÓDULOS FV

- Degradación de las células de silicio en 0,5% del rendimiento por año
- Placas se degradan más rápido en los primeros 2 años
- Garantía 25 años aprox.

Monocristalinos – Policristalinos

A los 25 años de funcionamiento

Potencia de salida \geq 80% Potencia nominal

- 40 años de funcionamiento: 70% del rendimiento inicial

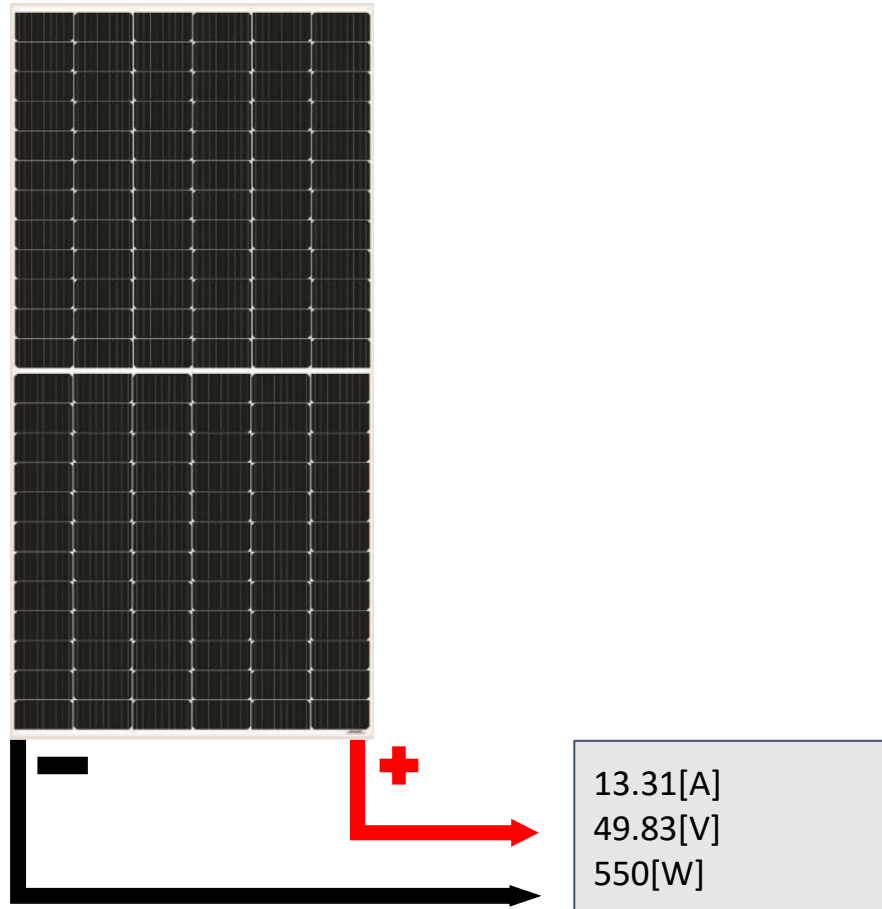
VIDA ÚTIL DE LOS MÓDULOS FV

Consideraciones

- Evitar daño físico
 - Rayaduras
 - Golpes
- Evitar operar con contacto con el agua
- Realizar limpieza periódica



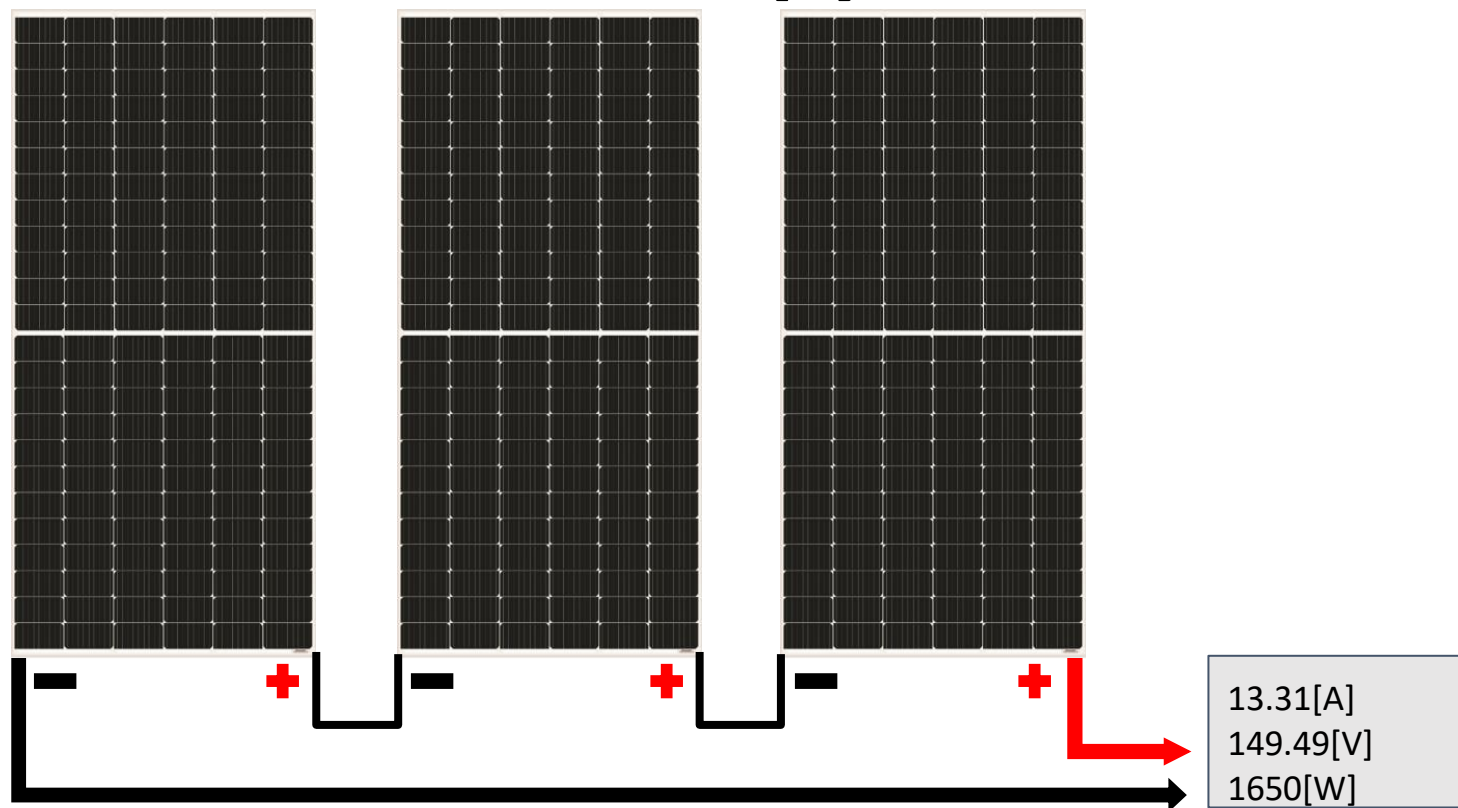
TERMINALES DE UN MÓDULO FV



Valores de corriente, voltaje y potencia son solo de referencia para el ejercicio

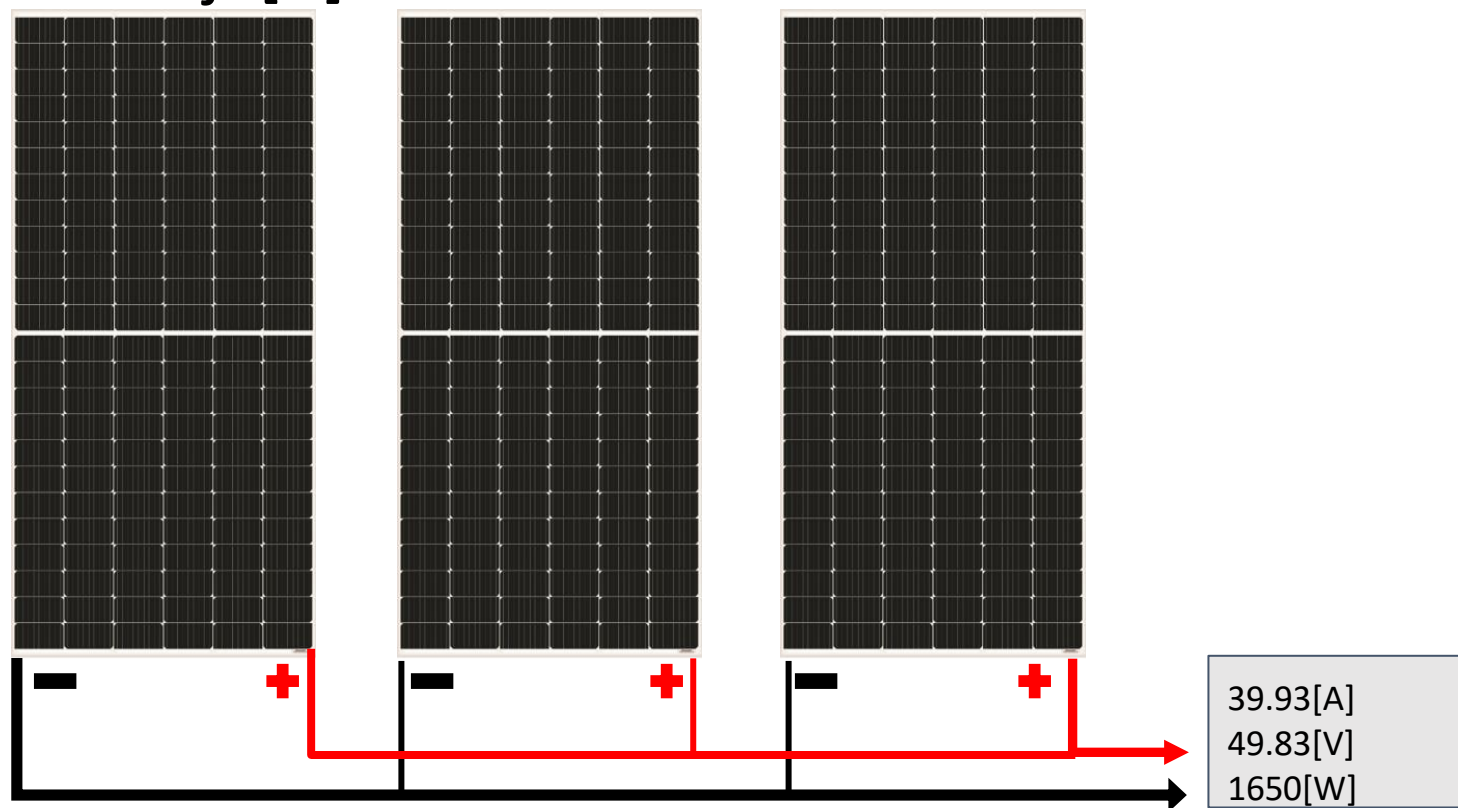
CONEXIÓN EN SERIE

- Voltajes[V] y Potencias[W] se suman
- Intensidad de corriente [A] se mantiene constante

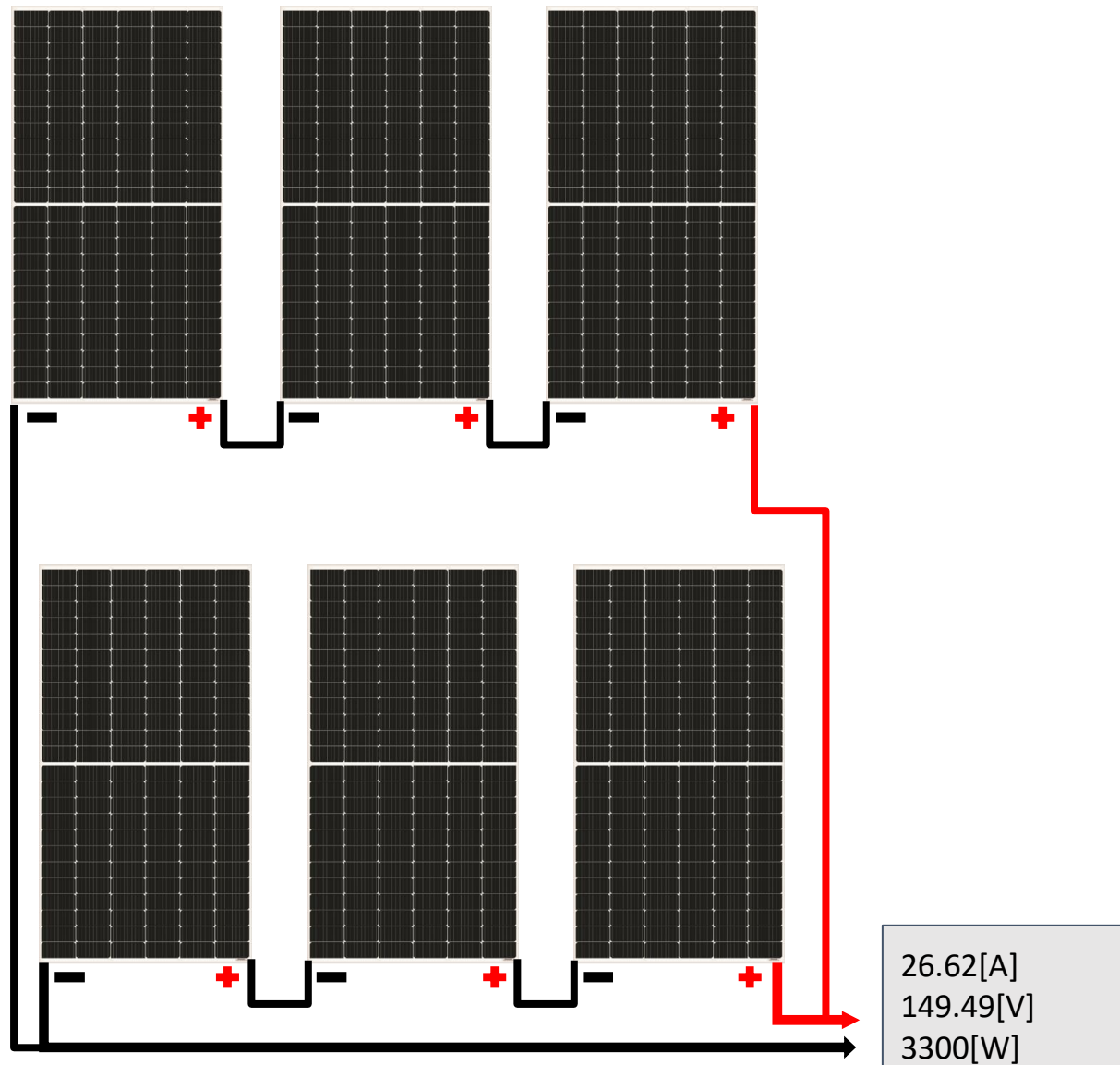


CONEXIÓN EN PARALELO

- Intensidades de corriente[A] y Potencias[W] se suman
- Voltaje[V] se mantiene constante



CONEXIÓN MIXTA



CAPACIDAD INSTALADA

$$\text{CAPACIDAD INSTALADA} = \text{POTENCIA NOMINAL DE CADA PANEL SOLAR} \times \text{CANTIDAD DE PANELES SOLARES}$$

Fuente: Guía Solar Fotovoltaica Acesol

CAPACIDAD INSTALADA

2000 [Wp]
EQUIVALENTE A
2 [kWp]

* 1000 [WP] = 1 [KWP]

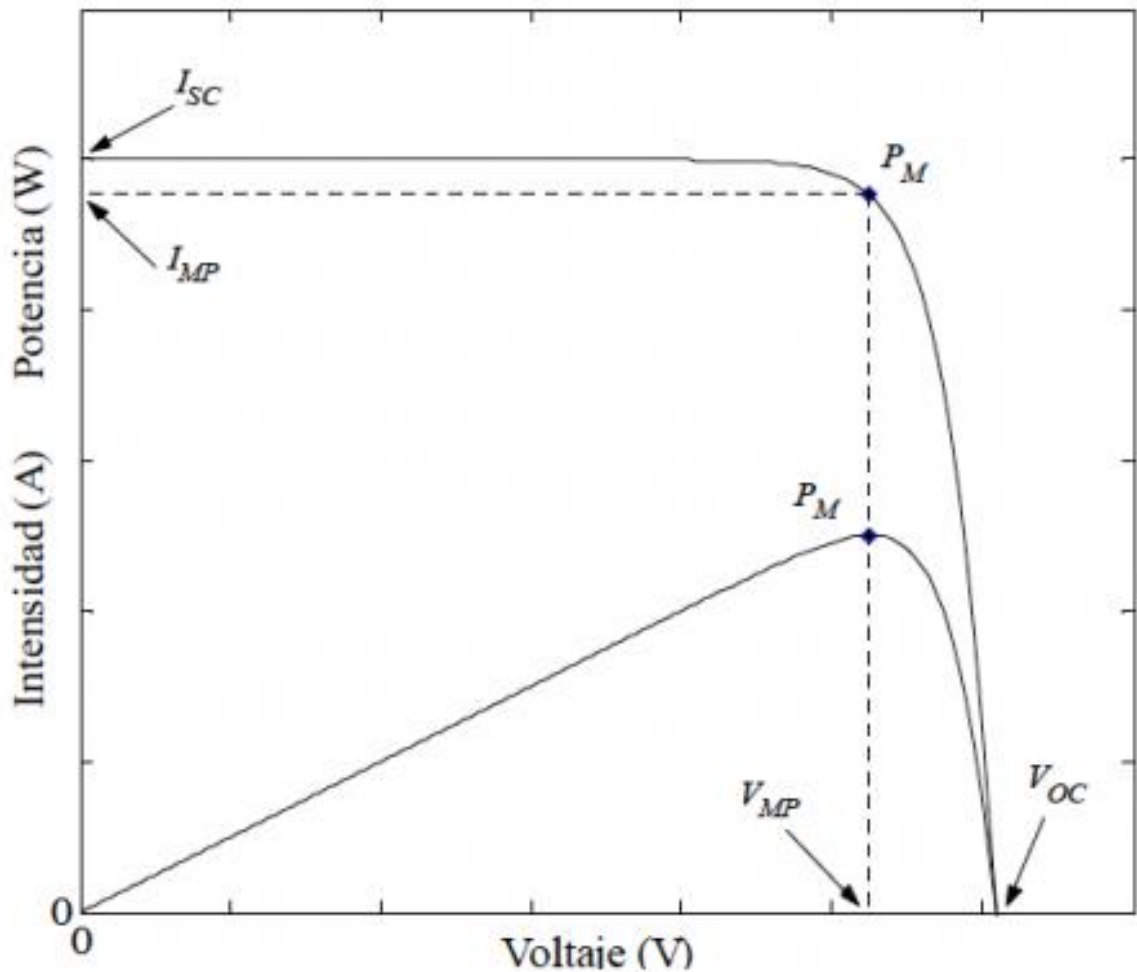
FICHA TÉCNICA PANEL



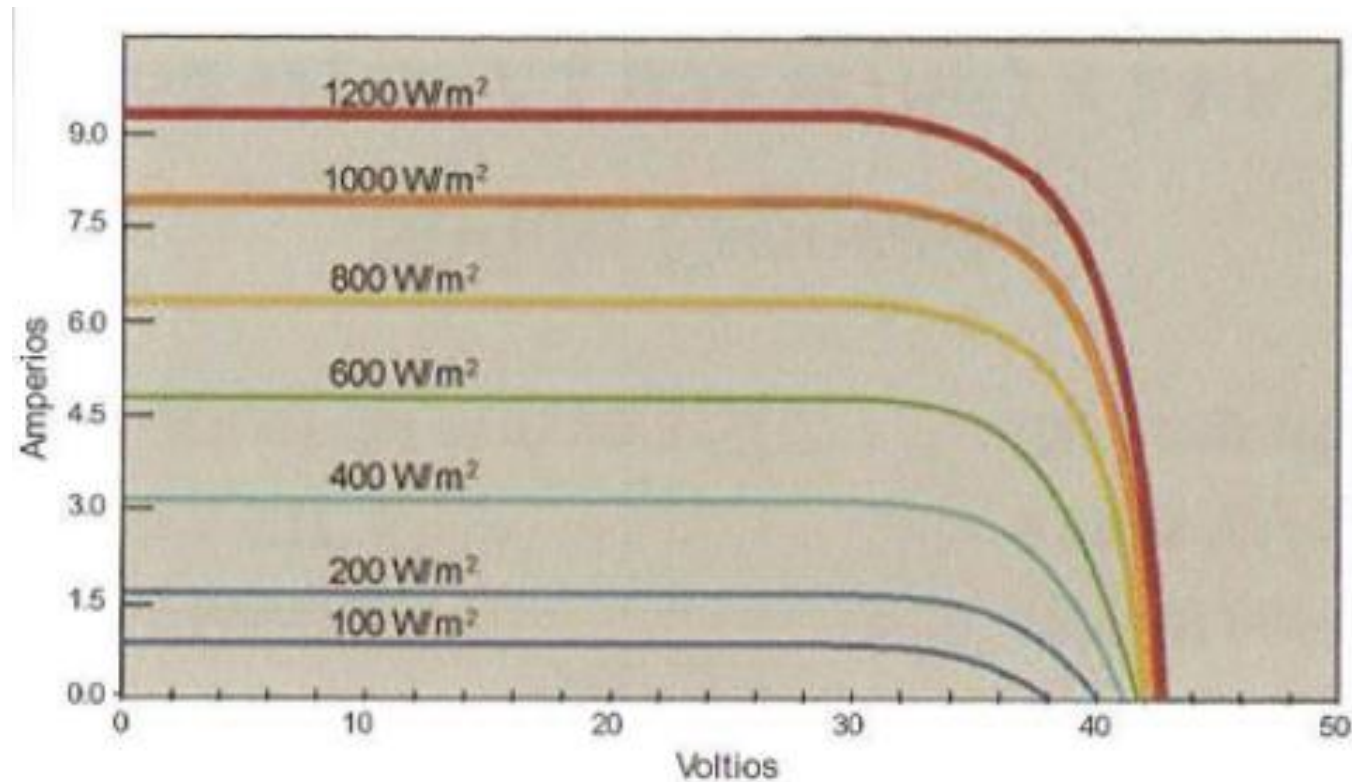

POTENCIA NOMINAL
250 W



CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA CELDA FV



INTENSIDAD DE CORRIENTE VS IRRADIANCIA



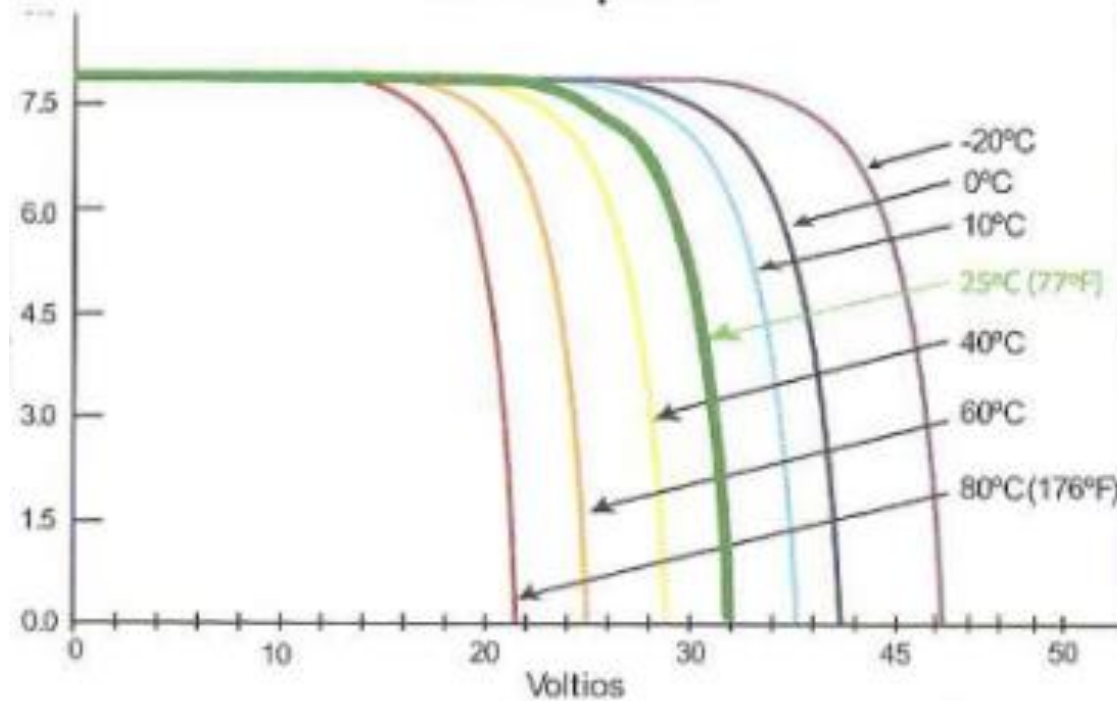
Efectos de la irradiación en el desempeño de módulos

Fuente: Solar Energy International

TEMPERATURA Y LA CURVA I-V

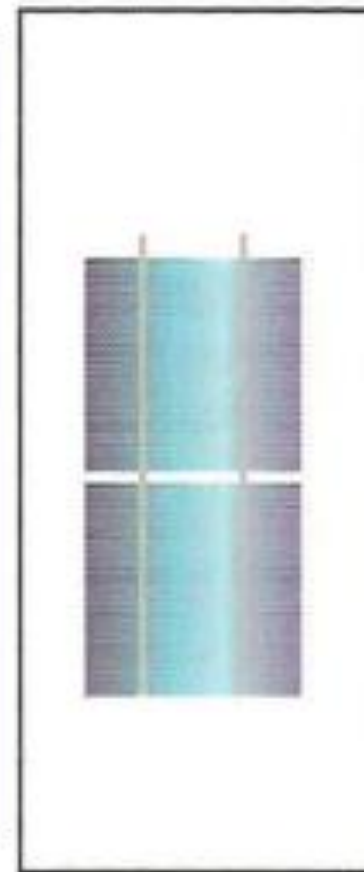
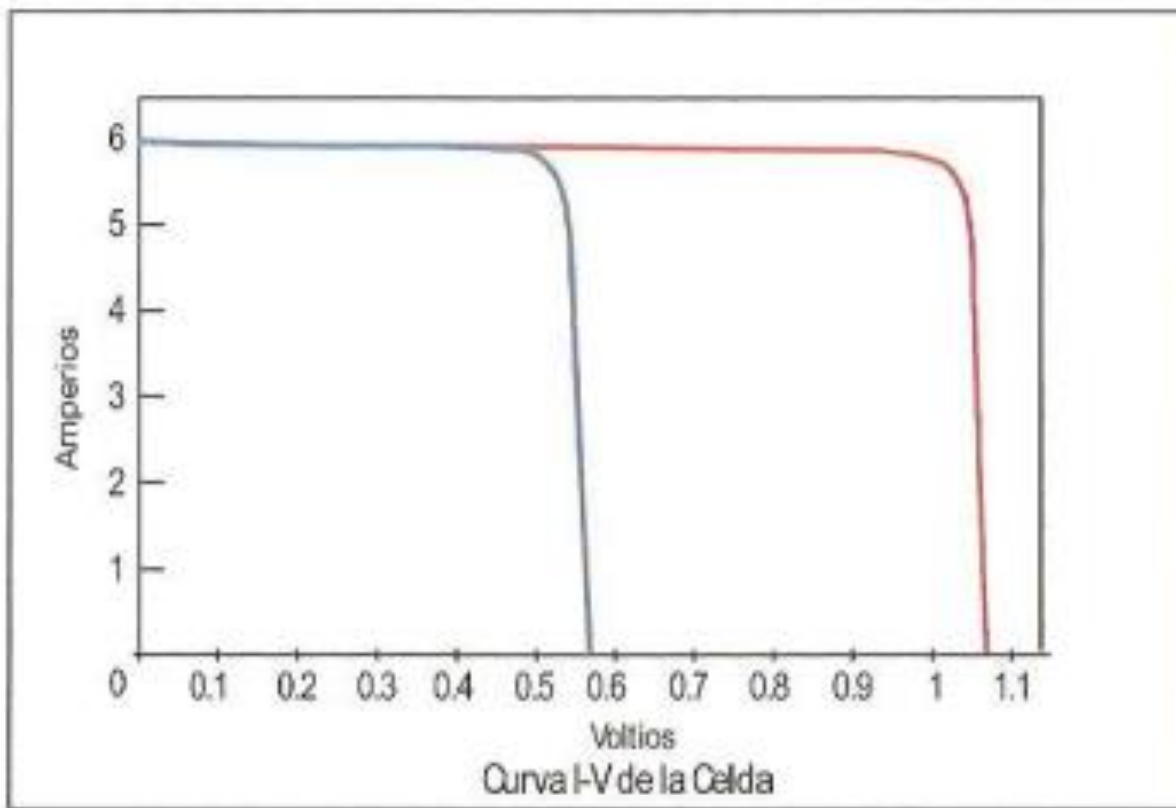


Efectos de temperatura de celda sobre el desempeño



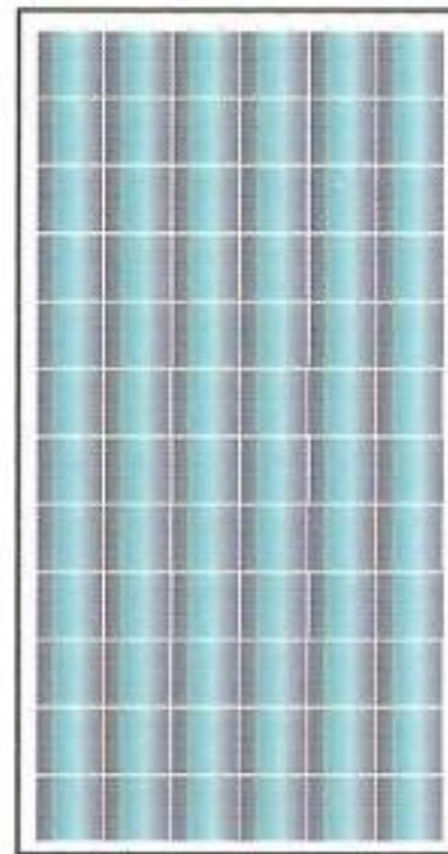
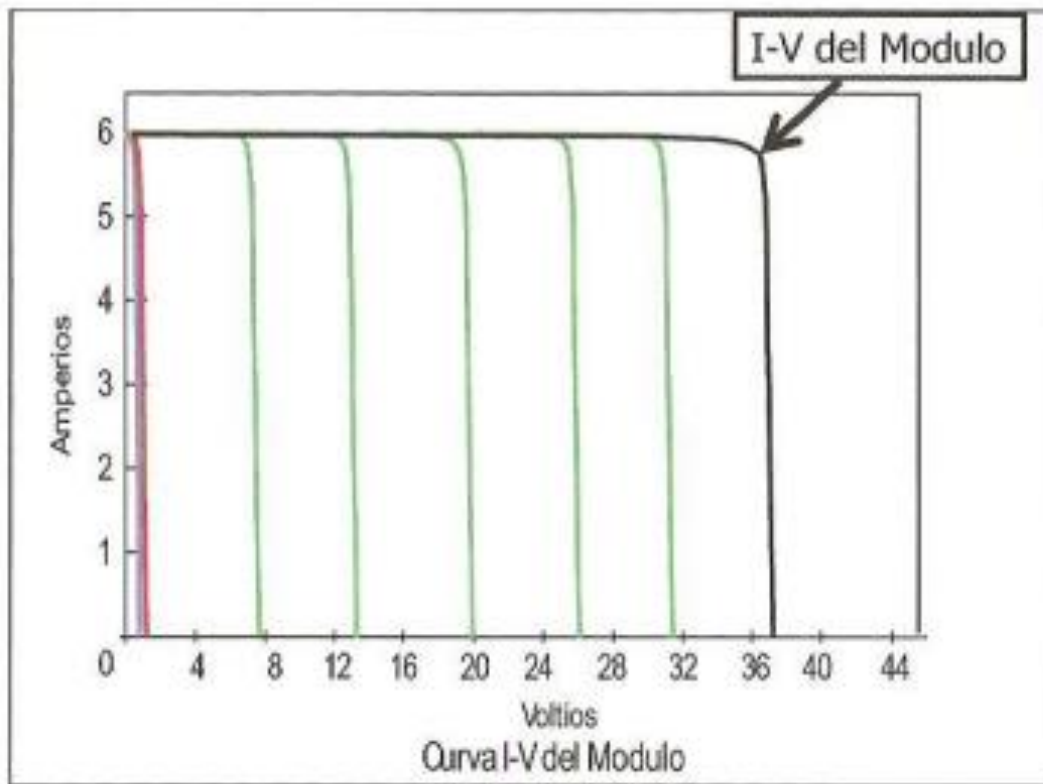
Fuente: Solar Energy International

CELDAS FV DEL MÓDULO EN SERIE



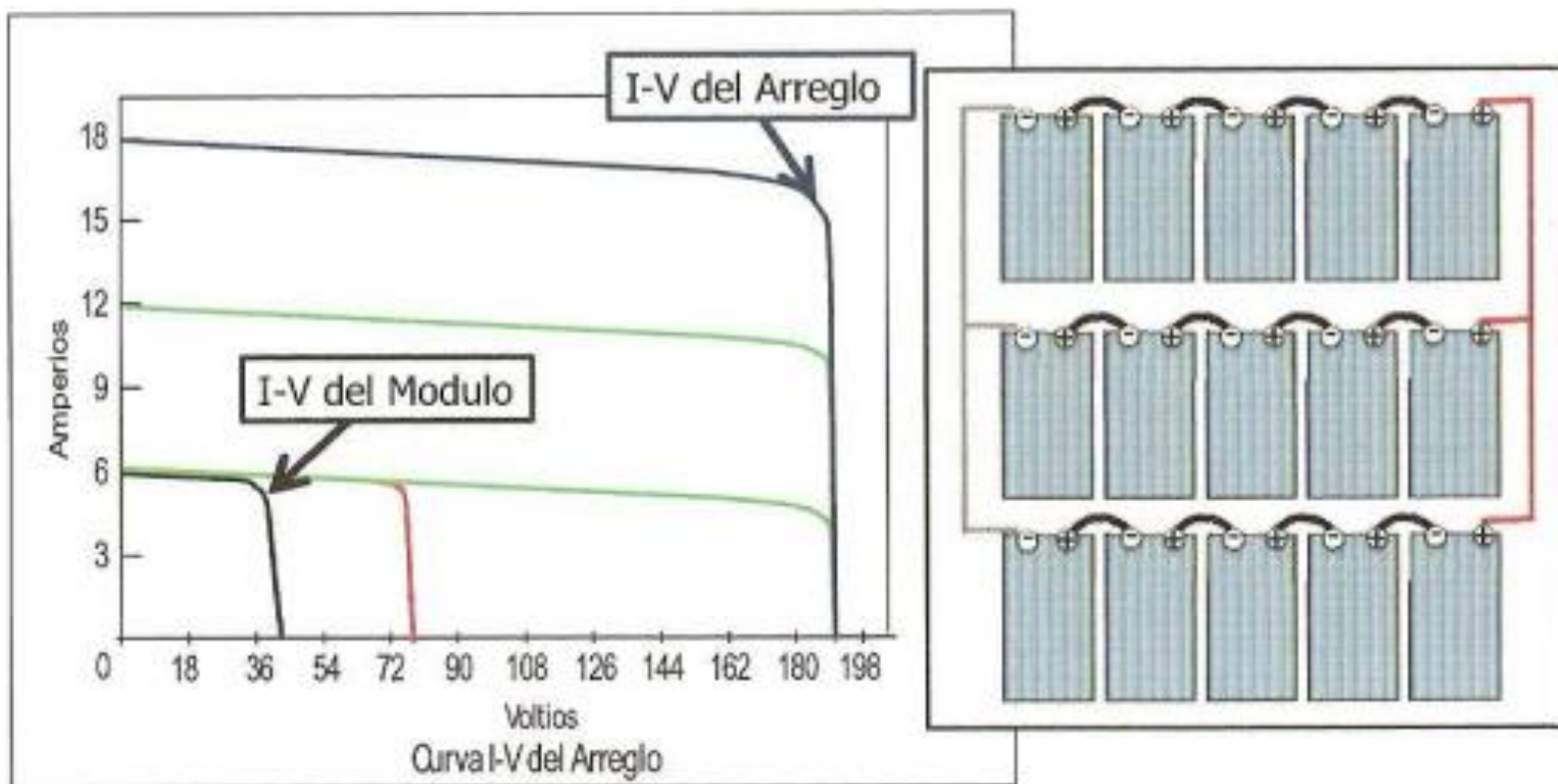
Fuente: Solar Energy International

CELDAS FV DEL MÓDULO EN SERIE



Fuente: Solar Energy International

CELDAS FV DEL MÓDULO EN SERIE



Fuente: Solar Energy International

CONFIGURACIÓN DE LOS ARREGLOS FV

TODOS LOS MÓDULOS DEL CIRCUITO EN SERIE DEBEN TENER:

- Mismo ángulo de inclinación
- Mismo ángulo de orientación

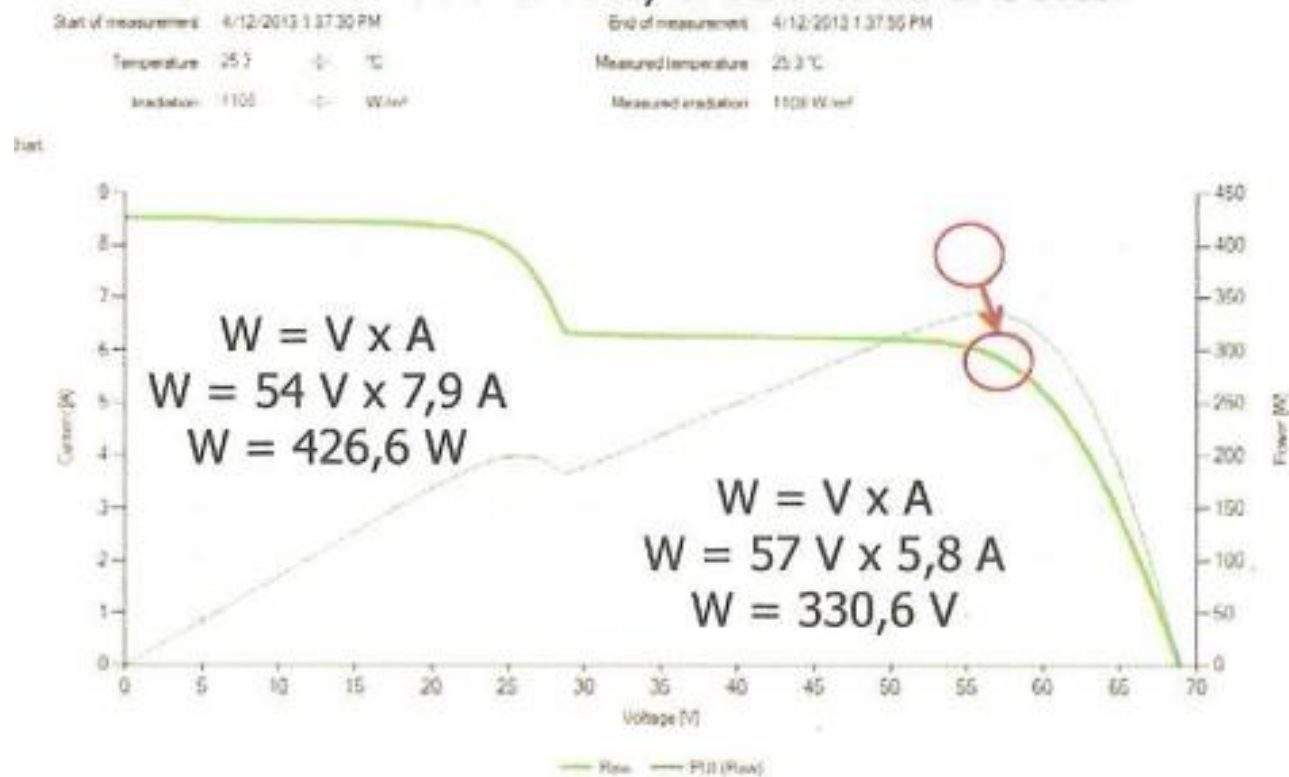
SI UN ARREGLO DEBE UBICARSE EN TECHOS CON DIFERENTES INCLINACIONES:

- Los circuitos en serie pueden ser conectados en paralelo con otros circuitos en serie distintos
- Utilizar inversores con más de un MPPT
- Utilizar microinversores



CONFIGURACIÓN DE LOS ARREGLOS FV

2 módulos conectados en serie, con 15° de inclinación. Uno orientado hacia el Este, el otro hacia el Oeste.



Fuente: Solar Energy International

DIODOS DE PROTECCIÓN

Componente eléctrico que permite la circulación de corriente a través de él en un solo sentido.

Objetivo

Prevenir el consumo de energía cuando las células están sombreadas o dañadas

Prevenir que las células se dañen (puntos calientes)

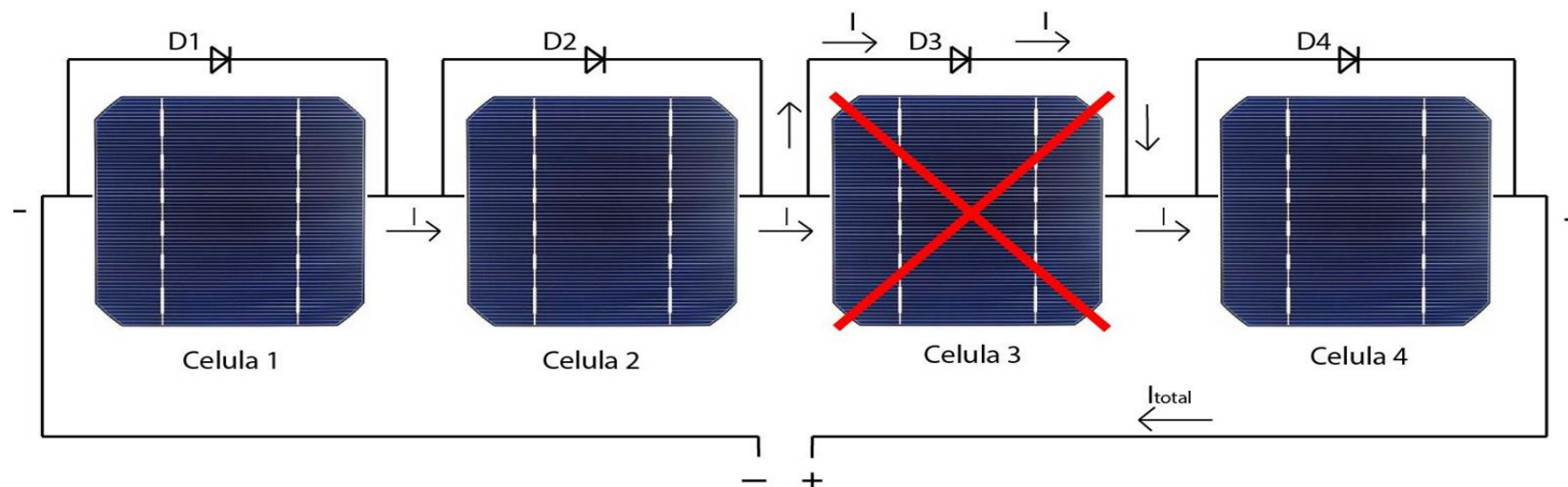


DIODO DE BYPASS

Protegen al panel de daños por sombras sobre su superficie:

- Árboles
- Suciedad
- Excremento de aves
- Utilizados cuando módulos están conectados en serie
- Se encuentran en la caja de conexiones del panel

DIODOS DE BYPASS

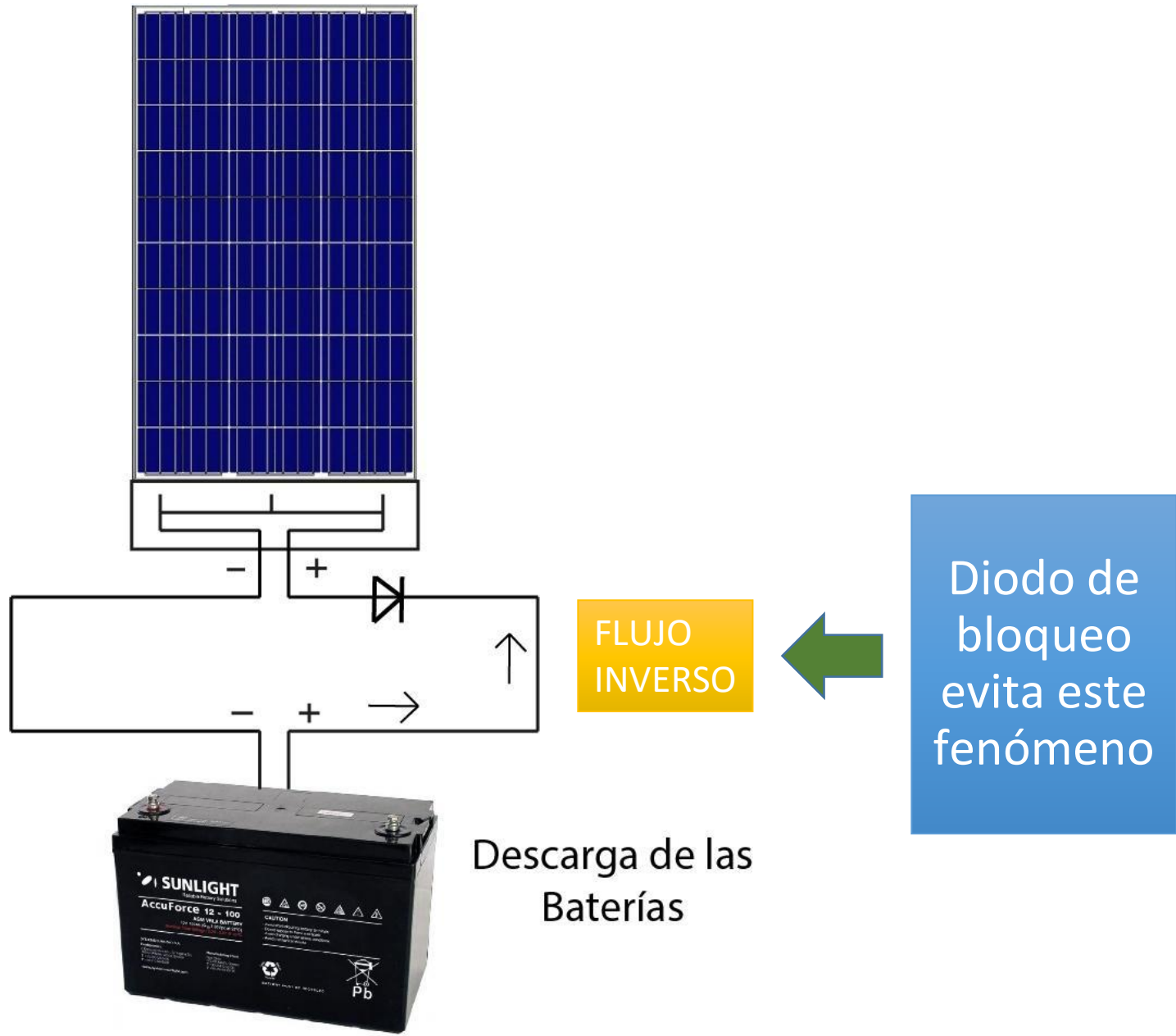


Evitan que se produzca el fenómeno de PUNTO CALIENTE

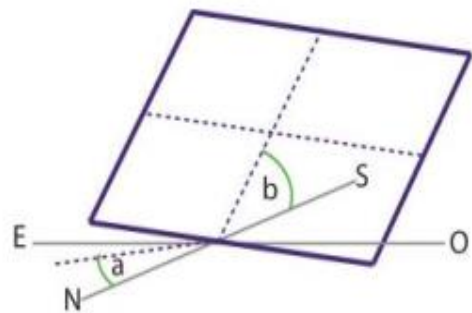
Generalmente en el arreglo completo de células fotovoltaicas de un panel, se instala un diodo por cada rama de 20 células en serie.

DIODOS DE BLOQUEO

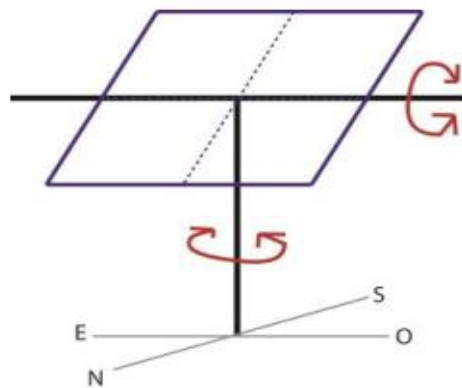
- Impiden que la batería se descargue a través de los paneles en ausencia de luz solar.
- Evitan que el flujo de corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo cuando en uno o más de ellos se produce una sombra.



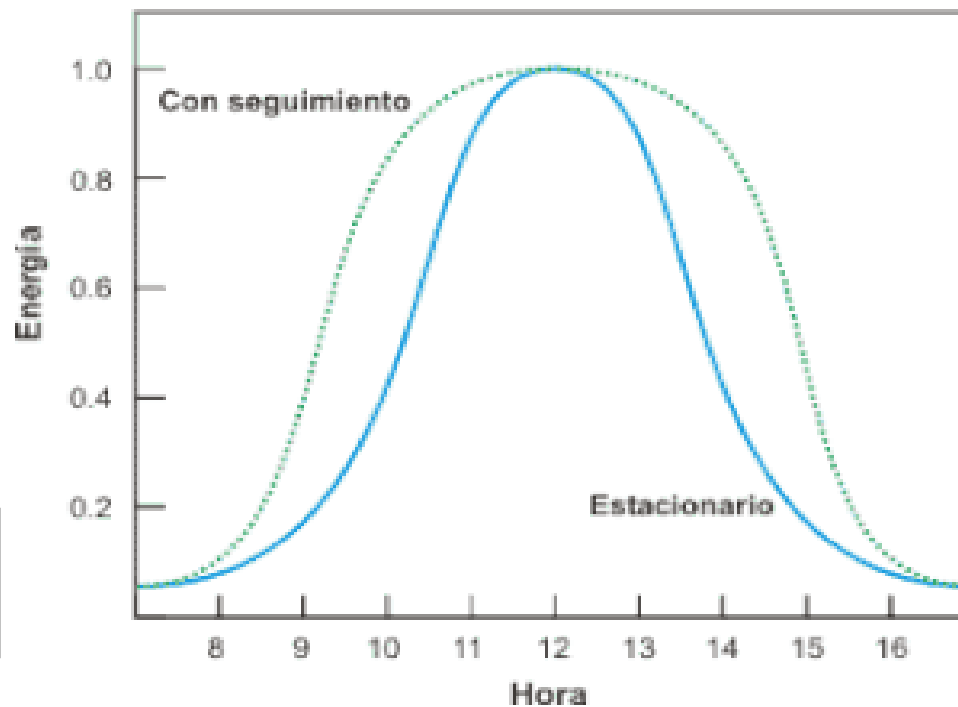
SOLAR TRACKING O SEGUIMIENTO SOLAR



MÓDULO FIJO



MÓDULO CON SEGUIMIENTO



30% en la generación de energía

FICHA TECNICA MODULO FV

Electrical Specification (STC*)

Maximum Power -Pmax(W) :	530W	535W	540W	545W	550W	555W
Maximum Power Voltage-Vmp(V):	40.73	40.88	41.03	41.18	41.33	41.48
Maximum Power Current-Imp(A):	13.02	13.10	13.17	13.24	13.31	13.38
Open Circuit Voltage -Voc(V):	49.23	49.38	49.53	49.68	49.83	49.98
Short Circuit Current-Isc(A):	13.46	13.54	13.63	13.71	13.78	13.87
Module Efficiency - η m(%):	20.45	20.64	20.83	21.02	21.30	21.49
Power Output Tolerance (W):						0+5W

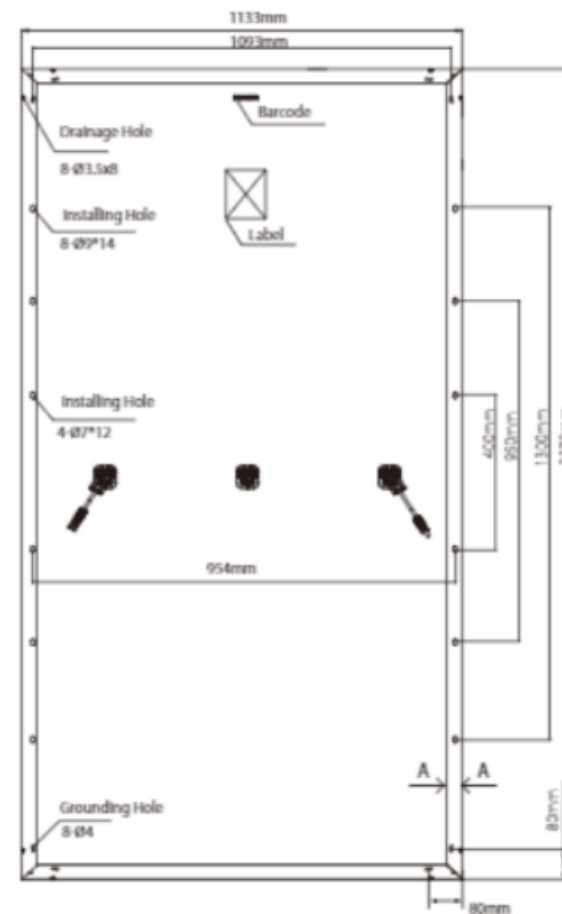
STC:Irradiance:1000W/m², Module Temperature:25°C,Air Mass:1.5

Electrical Specification (NOCT*)

Maximum Power -Pmax(W) :	396W	400W	404W	408W	412W	416W
Maximum Power Voltage-Vmp(V):	37.49	37.64	37.79	37.94	38.09	38.24
Maximum Power Current-Imp(A):	10.57	10.64	10.70	10.77	10.84	10.91
Open Circuit Voltage -Voc(V):	45.26	45.41	45.56	45.71	45.86	46.01
Short Circuit Current-Isc(A):	11.22	11.29	11.37	11.44	11.52	11.59

NOCT:Irradiance:800W/m², Ambient Temperature:20°C,Air Mass:1.5,Wind Speed:1m/s

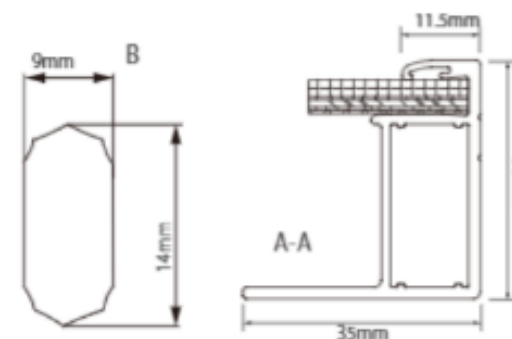
Engineering Drawings



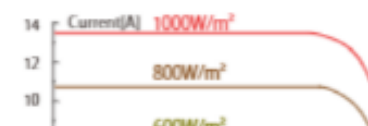
FICHA TECNICA MODULO FV

Mechanical Specifications:

Solar Cell Type:	Mono-crystalline 182x91mm
Number of Cells:	144pcs (24x6)
Module Size:	2279*1133*35mm
Weight:	27.5kg
Glass:	High transparency self-cleaning solar glass 3.2mm
Back Sheet:	White TPT
Frame:	Silver Anodized Aluminium Alloy
Junction Box:	IP68
Number of Diodes:	3pcs
Cable:	4.0mm ² 400/400mm
Connector:	MC4 Compatible
Wind/Snow Load:	2400pa/5400pa



Current-Voltage Curve (545W)



FICHA TECNICA MODULO FV

Temperature Coefficient:

Nominal Operating Cell Temp(NOCT):	44±2°C
Temperature Coefficient of ISC:	0.060%/°C
Temperature Coefficient of VOC:	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Pmax:	-0.39%/°C

Maximum Ratings

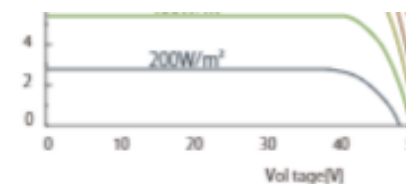
Operational Temperature:	-40~85°C
Maximum System Voltage:	1500V DC(IEC)
Maximum Series Fuse Rating:	20A

Optional:

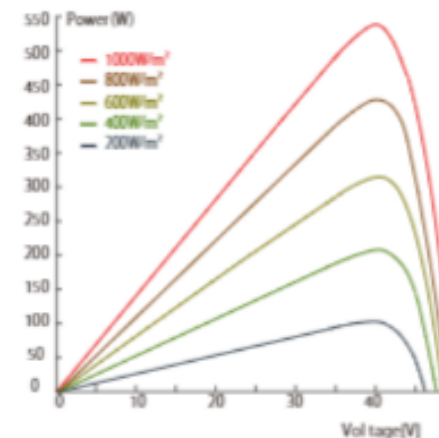
Connector:	MC4 Original
Backsheet:	Black/Transparent TPT
Frame:	Black Anodized Aluminium Alloy

Packaging Information:

Number per Box:	31PCS
Number per 20GP:	200PCS
Number per 40HC:	620PCS



Power-Voltage Curve (S45W)



IMPORTANTE:

NO SE DEBE FORMAR UN STRING O CADENA EN SERIE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS CON:

- Módulos de distintos tipos (monocristalinos, policristalinos, película delgada, etc.)
- Módulos de distintas marcas.
- Módulos de diferentes potencias.
- Módulos viejos con módulos nuevos.
- Módulos con diferente grado de inclinación y orientación.



CERTIFICACIÓN IEC 61701

En caso de viviendas en la zona costera los paneles pueden sufrir una degradación acelerada producto de la exposición a ambientes salinos.





CURSO

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



Ayudelec
Ingeniería Eléctrica