

## MÓDULO 2:

# SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR FV



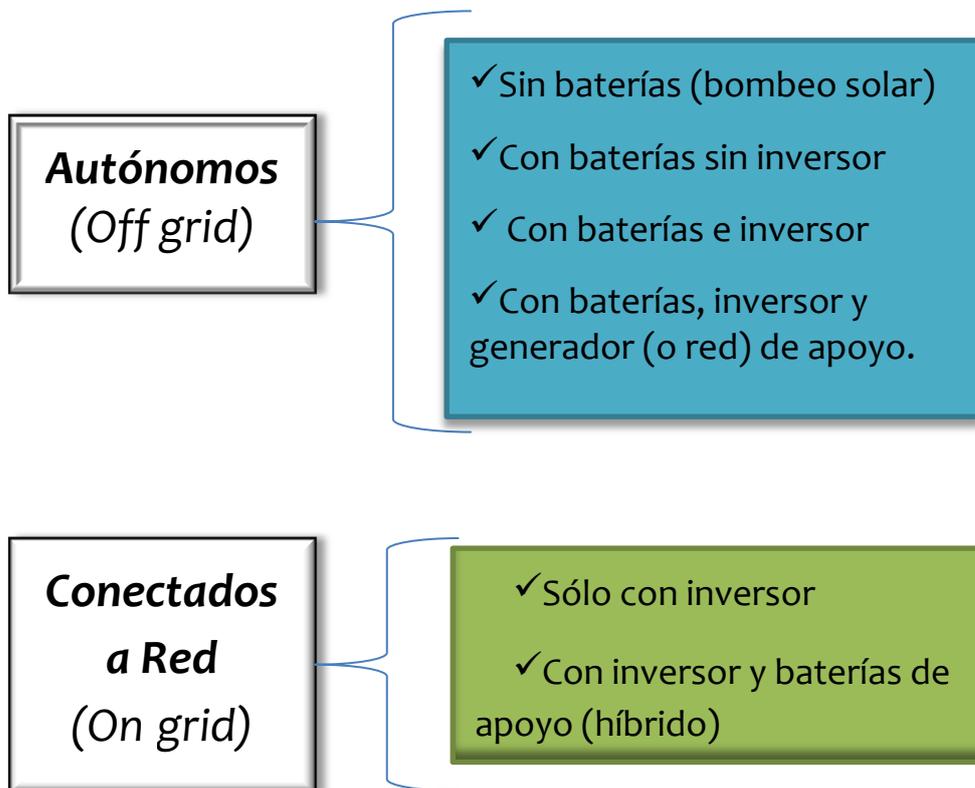
## ÍNDICE

1. CLASIFICACIÓN Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE BAJA POTENCIA .....	3
2. MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	9
3. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN.....	24
4. DIMENSIONADO .....	26
4.1. Recurso solar y paneles fotovoltaicos:.....	27
4.2. Selección de inversores.....	32
4.3. Conductores.....	34
4.4. Baterías (en caso de sistemas off grid).....	36
5. BIBLIOGRAFÍA: .....	40

## 1. CLASIFICACIÓN Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE BAJA POTENCIA

En este apartado analizaremos los distintos componentes de los sistemas fotovoltaicos, para reconocerlos y acercarnos a sus principios de funcionamiento y especificaciones técnicas.

Para comenzar, realizaremos una clasificación de los sistemas fotovoltaicos. La clasificación más general se realiza en función de si estos sistemas están o no conectados a la red de energía eléctrica. En caso que se trate de sistemas autónomos, independientes de la red eléctrica, estaremos hablando de sistemas *off grid*. Cuando estos sistemas estén conectados a la red serán *on grid*.



Según el ANEXO 1 del PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA CONEXIÓN DE GRUPOS GENERADORES EN ISLA O EN PARALELO CON LA RED DE LA EPESF, de la EPE, se definen dos maneras de implementación los sistemas fotovoltaicos. Se considera la

generación en paralelo o generación en isla. La diferencia principal es si están vinculados o no a la red de la EPESF, o bien si inyectan energía a la red eléctrica del distribuidor.

En la generación en isla no existe ningún tipo de conexión con la red eléctrica, es decir, no se inyecta energía a la red, por lo tanto, toda la generación es consumida y/o almacenada en baterías. En contraste, la generación en paralelo si admite una bidireccionalidad en la inyección y absorción de energía, es decir, el usuario consume energía tanto del sistema de generación eléctrica renovables como de la red de distribución. Si excede energía de generación eléctrica renovable, ésta se inyecta a la red.

En las siguientes imágenes veremos ejemplos a fin de reconocer los diferentes sistemas, según los distintos usos y objetivos (Ilustraciones 1, 2, 3, 4 y 5).



*Ilustración 1: sistema autónomo sin baterías.*

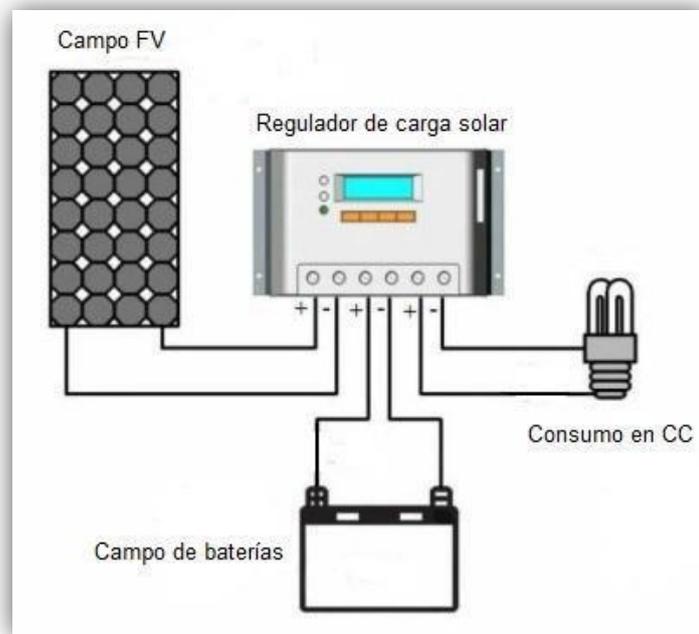


Ilustración 2: Sistemas autónomo con baterías y sin inversor.

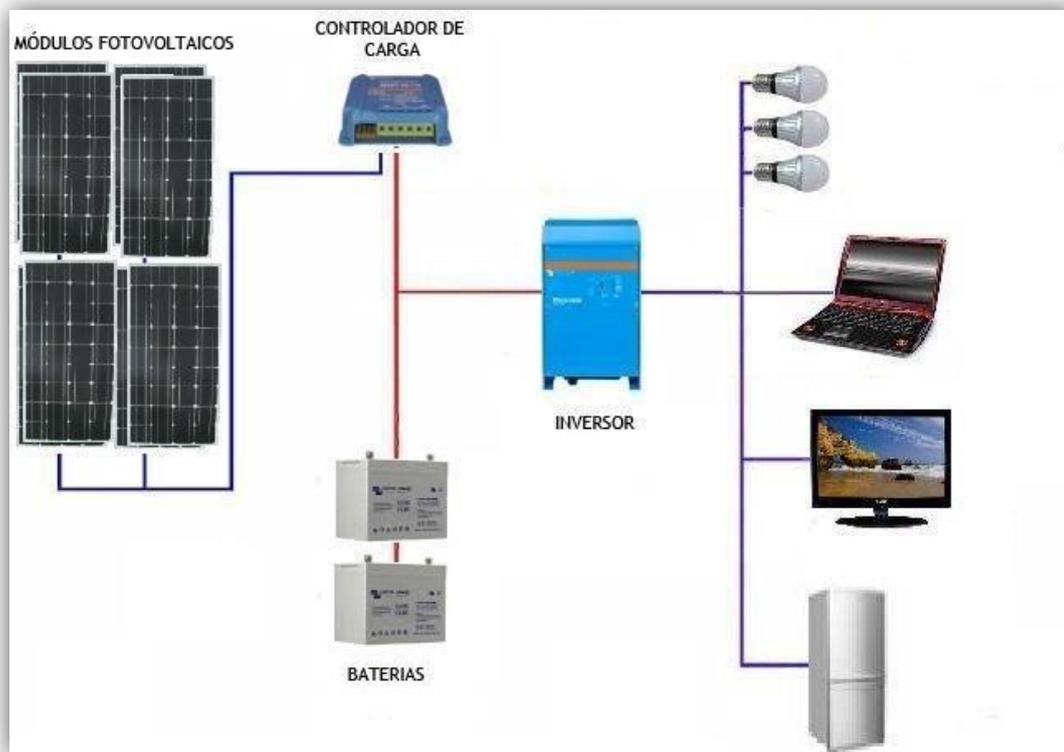


Ilustración 3: Sistema autónomo con baterías e inversor.

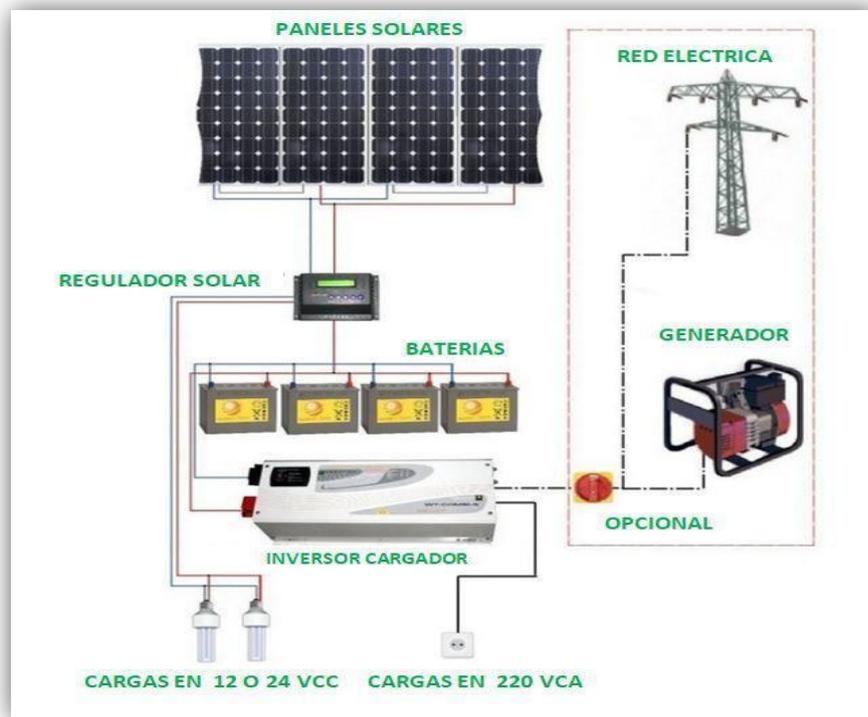


Ilustración 4: Sistema autónomo con baterías, inversor y sistemas de apoyo.

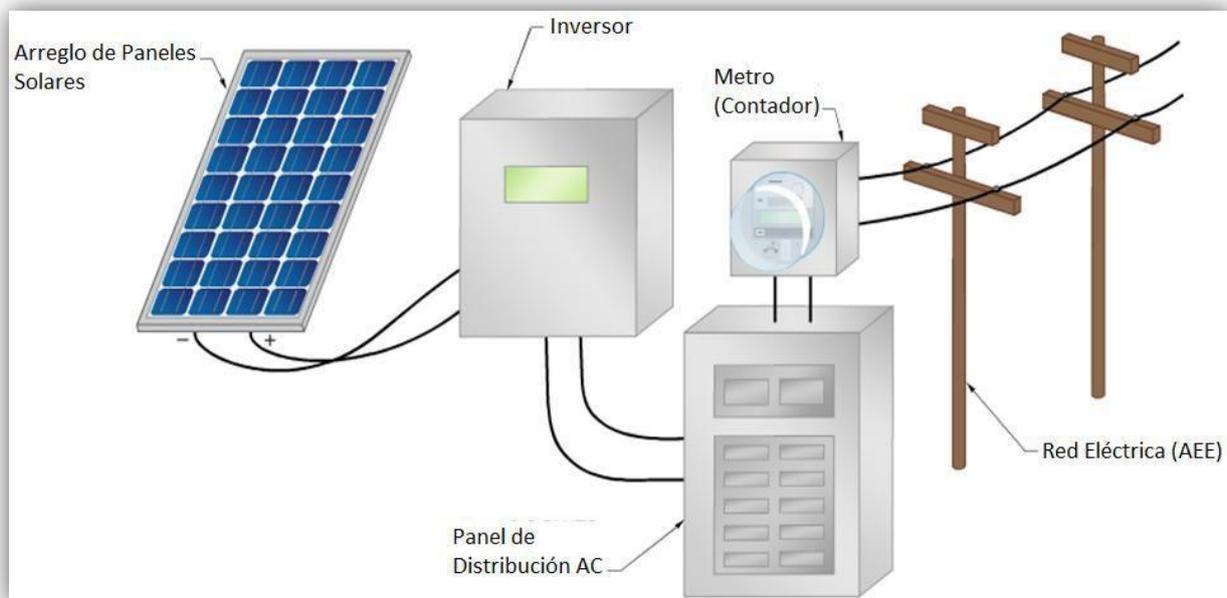


Ilustración 5: Sistema conectado a red.

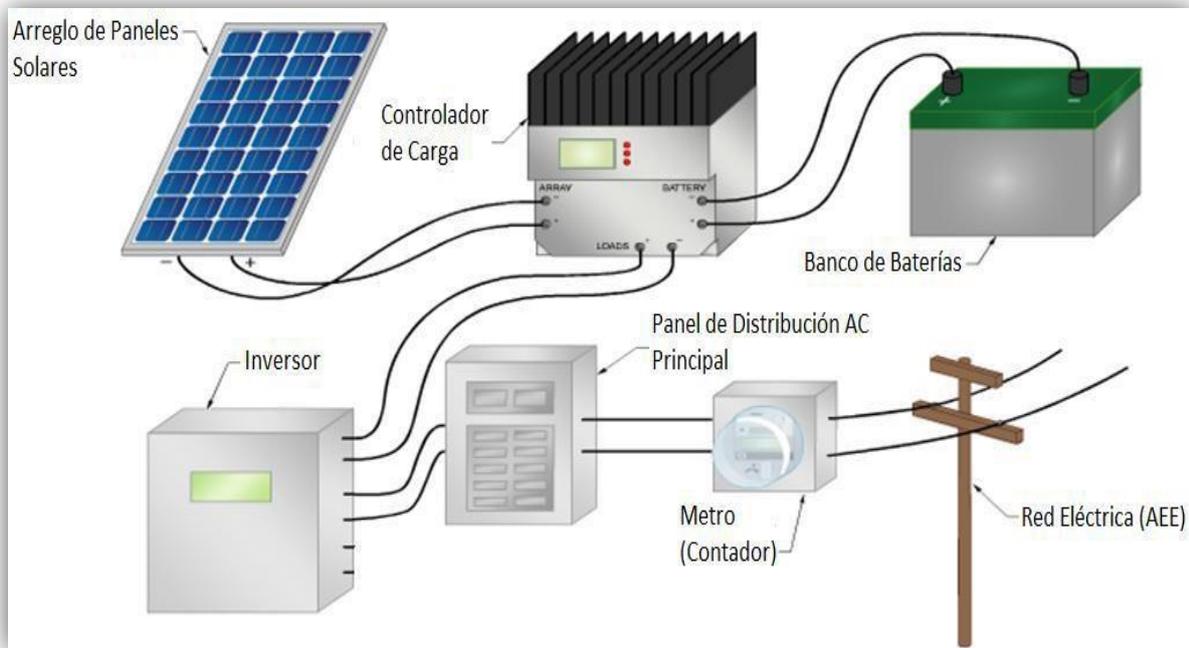


Ilustración 6: Sistema híbrido conectado a red.

## COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO:

Comenzaremos en este apartado, a detallar los componentes que conforman los sistemas fotovoltaicos.

Sabemos que todo sistema cuenta con elementos que se interrelacionan para que el sistema, propiamente dicho, funcione en óptimas condiciones. Estos elementos son vitales para el sistema, algunos tendrán más peso que otros dentro del conjunto, siendo éstos los llamados elementos críticos, como por ejemplo, el convertidor DC/AC.

En el transcurso del presente Módulo detallaremos cada componente, para poder diferenciarlos y entender sus características básicas de funcionamiento.

A continuación, se muestra un esquema típico de un sistema fotovoltaico conectado a la red (on-grid), en el que podemos observar:

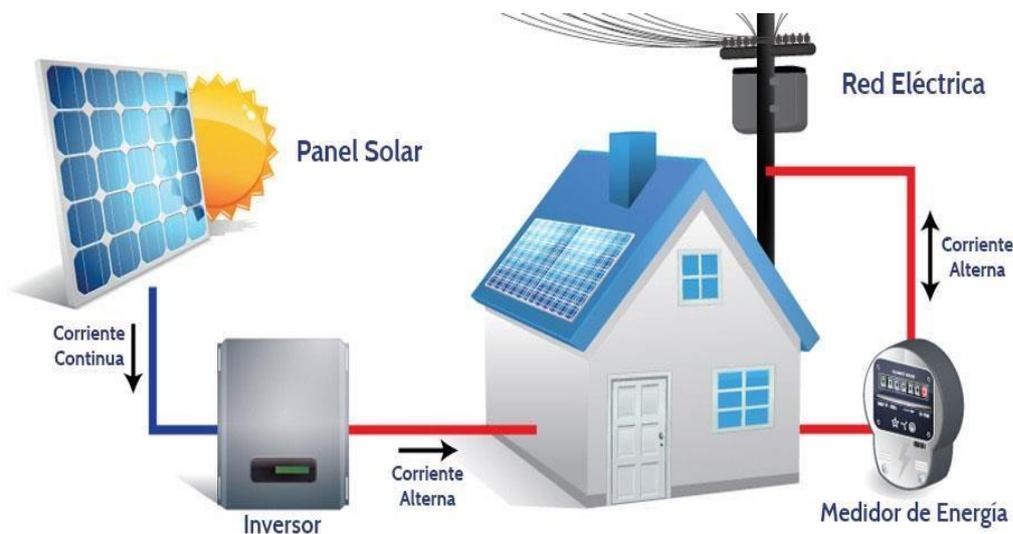


Ilustración 7: Esquema sistema fv on-grid

- **Módulos fotovoltaicos:** son los encargados de generar la corriente eléctrica.
- **Conductores** (cables): transportan la corriente eléctrica.
- **Conversor - Inversor:** transforma del tipo de corriente de continua ( $f=0$  Hz), tal como se genera en los módulos fv, a alterna ( $f=50$  Hz), que es la que se utiliza para el funcionamiento de la mayor parte de los electrodomésticos.
- **Medidor de energía:** valga la redundancia, mide la energía generada por el sistema fotovoltaico, dicho valor es utilizado luego para ser aplicado a la tarifa del distribuidor.
- **Consumo:** equipos eléctricos de la vivienda u organización (microondas, ventilador, heladera, etc.).
- **Red eléctrica:** perteneciente a la prestaría del servicio de distribución de energía, se encarga de proveer la electricidad requerida por el usuario del sistema y de recibir la generación eléctrica interconectada a la red.

En la siguiente figura veremos un ejemplo de sistema off grid, en el cual se colocaron baterías para almacenar la energía generada y usarla cuando se requiera.

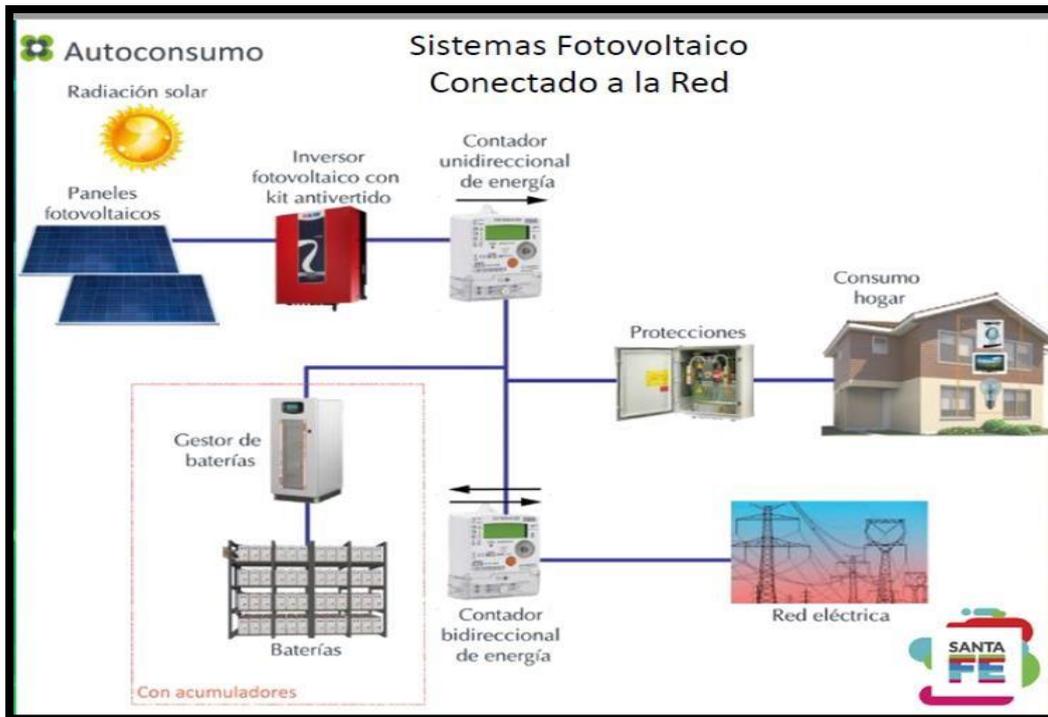


Ilustración 8: Ejemplo Sistema Off Grid

En este caso, podemos observar otro componente: las baterías y regulador de carga.

Los elementos del sistema fotovoltaico se presentaron en términos generales, por consiguiente, se describirán con más detalles. Los módulos fotovoltaicos son los elementos básicos y esenciales para el sistema y se describirá en el siguiente apartado del presente Módulo. En el Módulo 3 se detallará la configuración e instalación eléctricas y en el Módulo 4 lo referido a reguladores, inversores y baterías.

## 2. MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS

El elemento de cualquier instalación de energía solar es el generador, que recibe el nombre de célula solar. Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico. Convierte directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz solar.

Las celdas solares están formadas por la unión de dos semiconductores (junturas p-n) con un contacto frontal a través del cual incide la luz y un contacto posterior que refleja la luz. La radiación solar incide en la celda y provoca una polarización de las junturas, si se cierra el

circuito se provoca un flujo de electrones entre las junturas, generando así una **corriente eléctrica continua** que recorre todo el circuito.

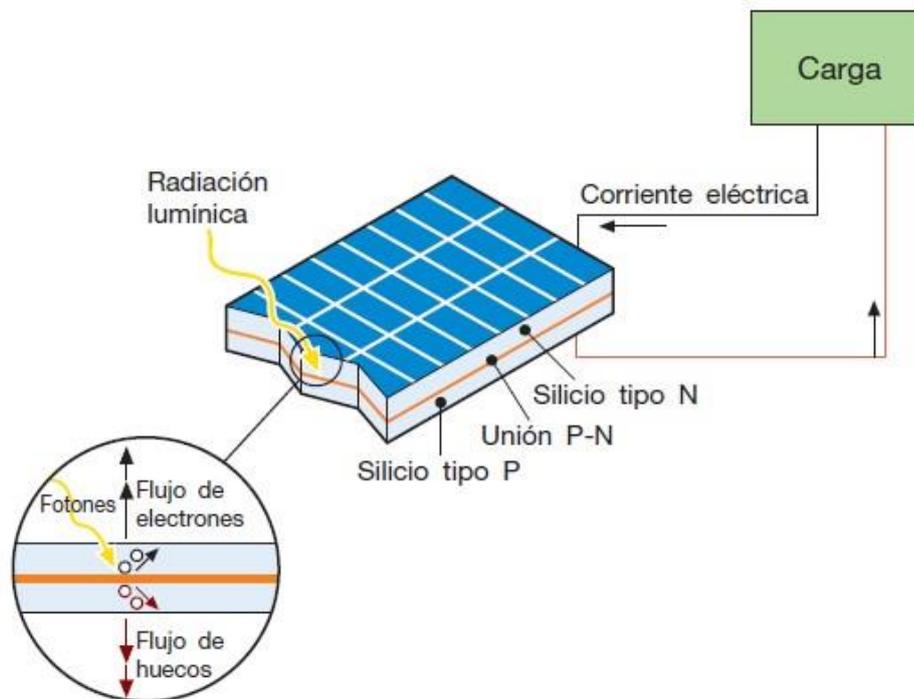


Ilustración 7: Celda solar

Cuando las celdas solares quedan expuestas a la radiación solar, la radiación solar **transmite su energía a los electrones** de los materiales semiconductores que, entonces, pueden romper la barrera de potencial de la unión P-N y salir del semiconductor a través de un circuito exterior. Estas **células fotovoltaicas** se combinan de muy diversas formas para lograr tanto el voltaje como la potencia deseados y de este modo poder generar la electricidad para abastecer el consumo requerido.

El funcionamiento de las celdas fv se ilustra en el video disponible en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=MgLGMrsBX8>

#### TIPOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS:

- Primera generación → monocristales de Si o GaAs
- Segunda generación → capas delgadas de Si, CdTe, CuInSe2

- Tercera generación → varios conceptos en desarrollo: celdas orgánicas, puntos cuánticos, multijunturas, etc.

Los tipos de celdas fv se presentan a continuación:

- Silicio Monocristalino (c-Si)
- Silicio Policristalino (pc-Si)
- Silicio Amorfo (a-Si)
- Películas delgadas:
  - a. Teluro de Cadmio (CdTe)
  - b. Cobre Indio (Galio) Selenio (CIS/CIGS)
  - c. Orgánicas (Polímeros)

Descripción	c-Si	pc-Si	a-Si	CdTe	CIS/CIGS
Eficiencia típica del módulo	16-19 %	14-17 %	7-8 %	13-14 %	14-15 %
Mejor eficiencia en celdas	25 %	21 %	13.4 %	19 %	20.4 %
Área requerida para obtener 1 kWp	6 - 8 m <sup>2</sup>	7 - 9 m <sup>2</sup>	15 - 17 m <sup>2</sup>	9 - 9.5 m <sup>2</sup>	8 - 9 m <sup>2</sup>
Resistencia a la temperatura	El rendimiento baja 10-15 % a altas temperaturas	Ligeramente menos resistente a la temperatura que el c-Si	Tolera bien las altas temperaturas ambientes	Poca influencia en el rendimiento	Poca influencia en el rendimiento

Ilustración 8: Comparación de Tecnologías Fotovoltaicas

Con respecto a la descripción de cada tecnología:

✓ **Silicio Monocristalino (c-Si):**

Fue la primera tecnología fotovoltaica desarrollada en 1955. Comercialmente entró al mercado en 1970. La vida útil de los módulos es de unos 35 años muy confiable.

Las celdas se cortan en obleas circulares que luego se recuadran. El color es uniforme, azul oscuro o gris.

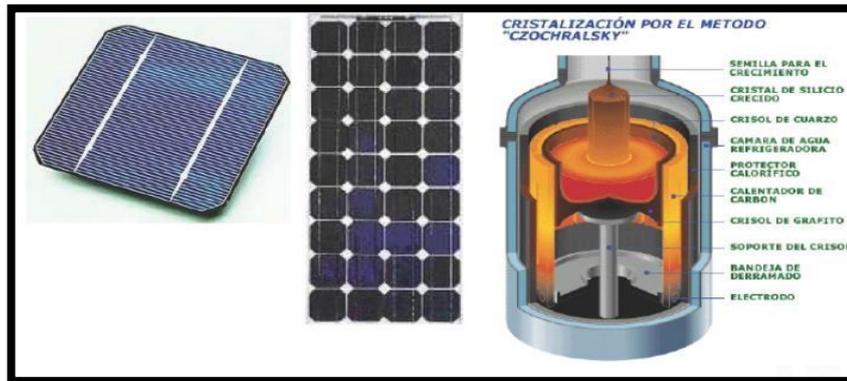


Ilustración 9: Silicio monocristalino c-Si

✓ **Silicio Policristalino (pc-Si):**

Se fabrica volcando el silicio fundido en un molde, que cristaliza formando cristales imperfectos con distintas orientaciones, por tanto se obtiene un color no-uniforme.

Se forma un bloque de silicio que luego se corta en obleas cuadradas, lo cual ofrece mejor aprovechamiento del espacio y menos desperdicio.

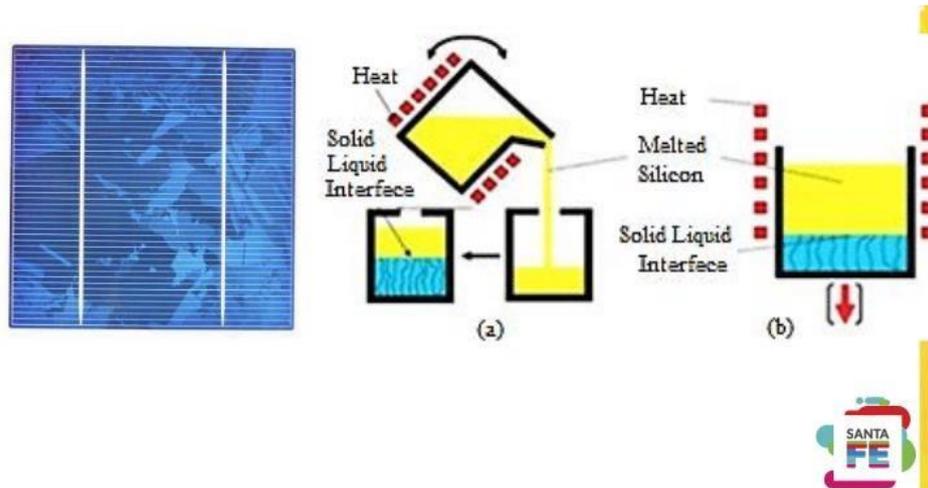


Ilustración 10: proceso de fabricación de celdas fv de silicio policristalino

	Silicio monocristalino	Silicio policristalino	Capa fina (silicio amorfo)
$\eta$ célula	14% - 17%	12% - 14%	monocristal 4-6% tándem 7-10%
Ventajas	$\eta$ elevada $\eta$ constante	menor coste producción más simple	menor coste influencia de la temperatura reducida
	tecnología fiable	dimensionamiento óptimo	mayor salida energética con radiación difusa
Desventajas	mayor energía	sensibilidad a impurezas del proceso de fabricación	mayores dimensiones
	cantidad necesaria para producción		coste de estructura y tiempo de montaje

Ilustración 11: ventajas y desventajas de los diferentes tipos de tecnologías.

✓ **Tecnologías de película delgada:**

Tienen un espesor menor a 1 micrómetro. Las celdas ya quedan interconectadas entre sí en el proceso de fabricación, por tanto implican un ahorro de costos. Estos paneles pueden ser flexibles si se los deposita sobre una chapa o un plástico.



Ilustración 11: Película delgada

✓ **Celdas convencionales de silicio:**

Celda de silicio convencional:

- capa p (base) de  $\sim 300 \mu\text{m} = 0,3 \text{ mm}$
- capa n (emisor) de  $\sim 0.3 - 1 \text{ mm}$
- Contactos metálicos



**COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE LAS CELDAS SOLARES:**

Circuito equivalente:

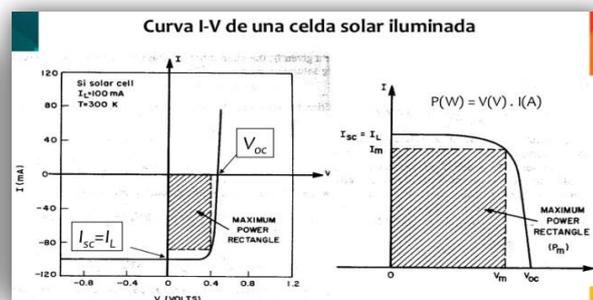
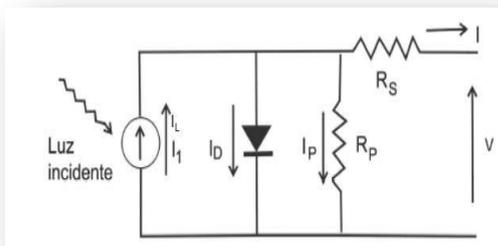
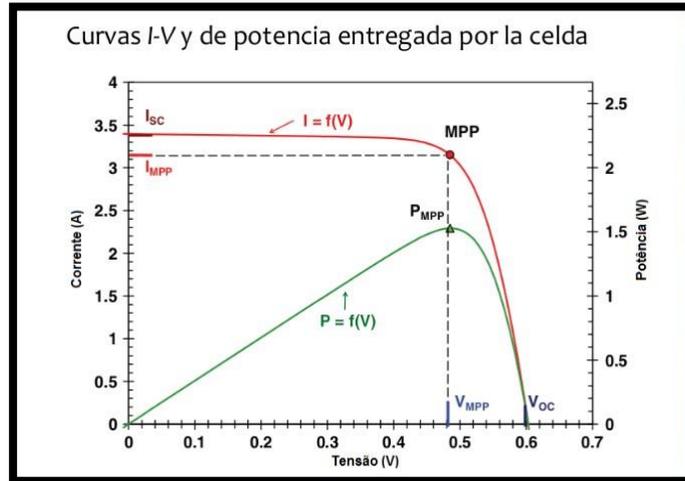


Ilustración 12: Curva IV y de potencia

Donde:

- $I_{sc}$  : corriente de cortocircuito [A]
- $V_{oc}$  : tensión de circuito abierto [V]
- $I_m$  o  $I_{MPP}$  : corriente en el punto de máxima potencia (pico)
- $V_m$  o  $V_{MPP}$  : tensión en el punto de máxima potencia (pico)



✓ **PMPP**: potencia máxima o potencia pico entregada por la celda.

$$P_{MPP} = I_{MPP} \cdot V_{MPP}$$

### Efecto de la irradiancia

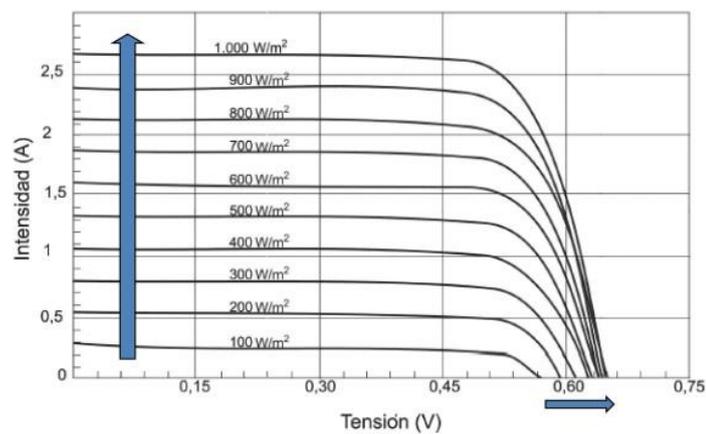


Ilustración 13: Efecto de la irradiancia

Un panel fotovoltaico es una composición serie – paralelo de celdas fotovoltaicas. A continuación, veremos cómo pasamos de una celda a un panel fotovoltaico, los distintos tipos de materiales empleados y sus rendimientos.

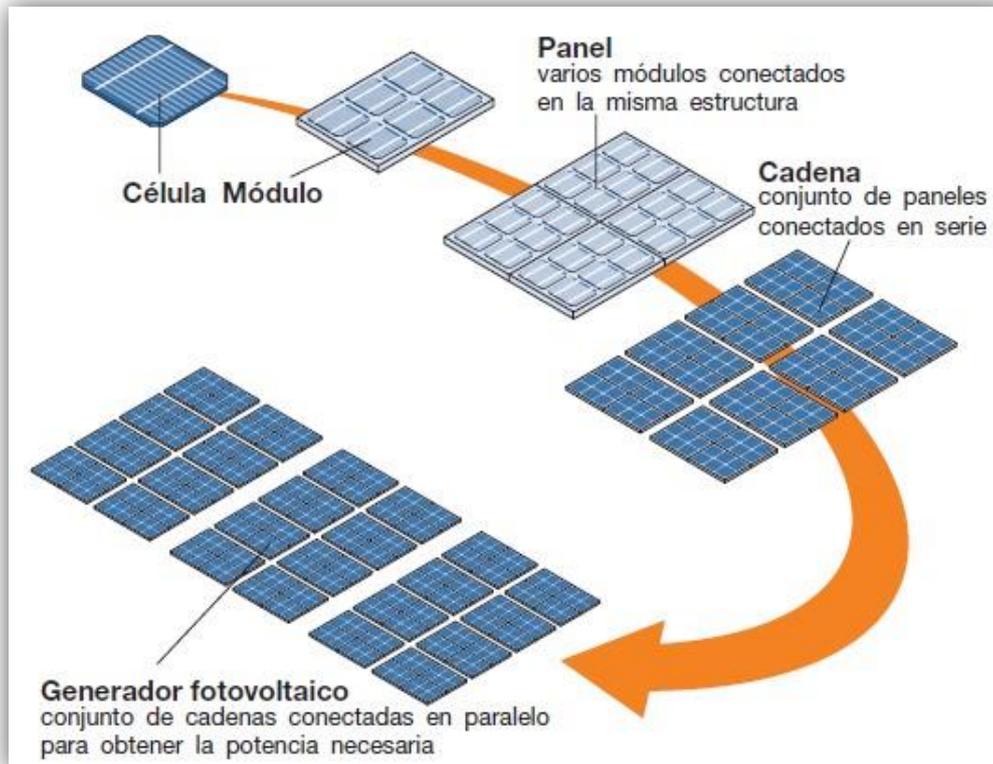


Ilustración 14: Celdas, módulos y paneles fv

Varios paneles conectados eléctricamente en serie componen una cadena, y varias cadenas conectadas en paralelo para generar una potencia determinada constituyen el generador o parque fotovoltaico.

En las condiciones de funcionamiento estándar (irradiancia de  $1\text{W}/\text{m}^2$  a una temperatura de  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ) una célula FV genera una intensidad de corriente  $3\text{A}$  con una tensión de  $0,5\text{V}$  y una potencia pico de  $1,5$  a  $1,7\text{Wp}$ .

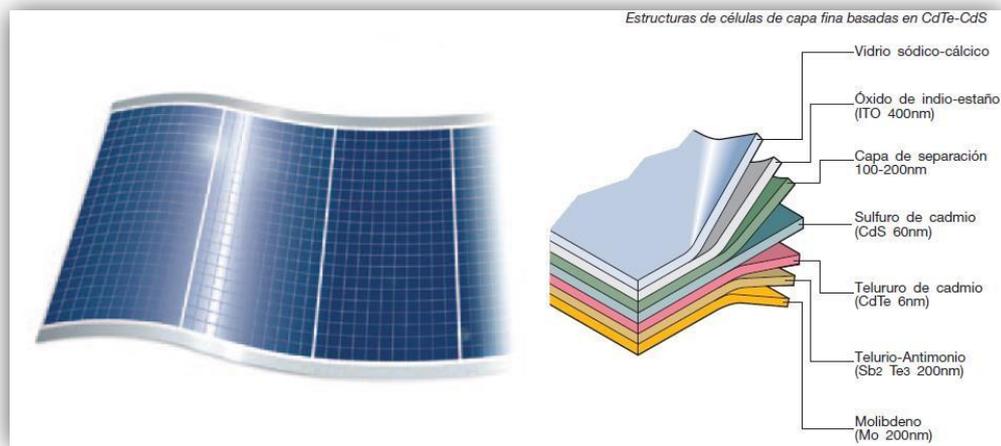
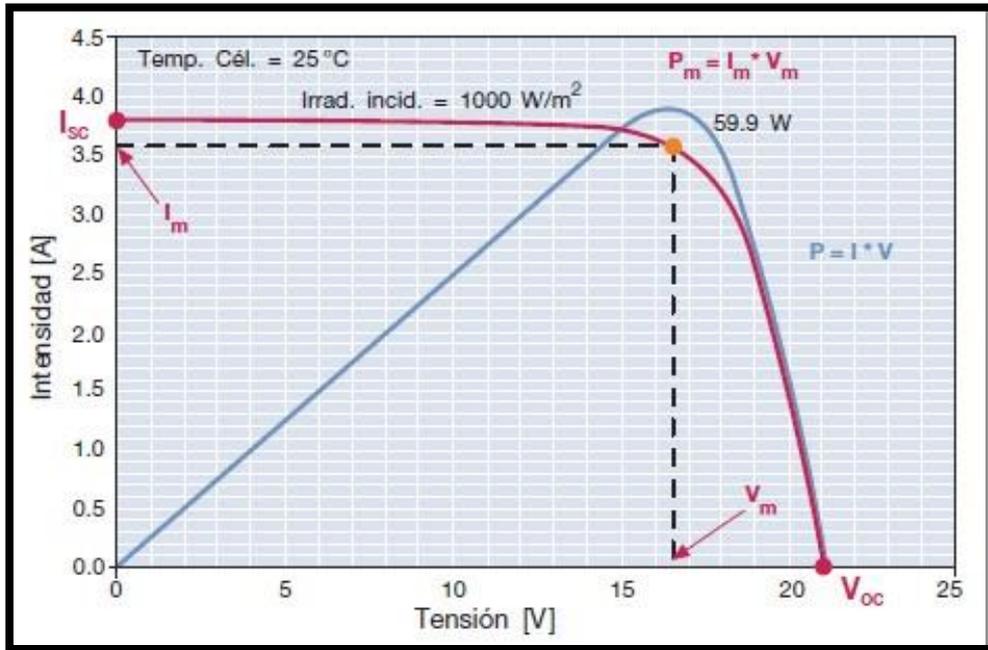


Ilustración 15: Estructura de células de capa fina



Ilustración 16: Vista de un panel de Si-Monocristalino y Si-Policristalino

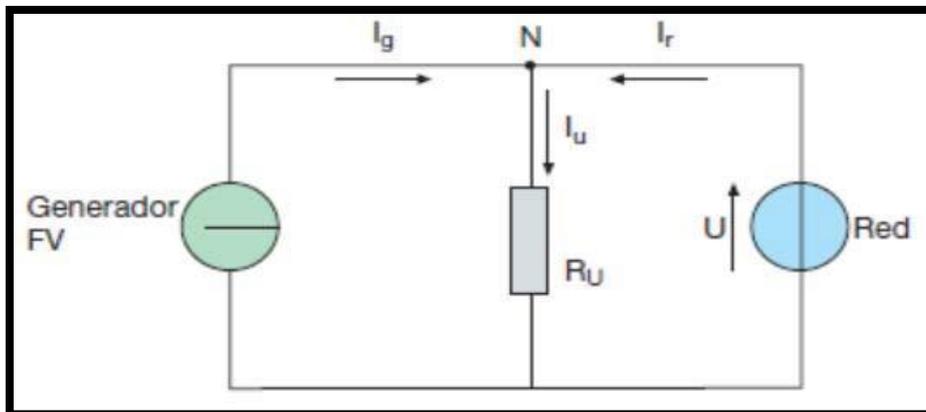
**Características U-I del panel fotovoltaico:**



*Ilustración 17: Características V-I del panel FV*

- $I_{sc}$  intensidad de cortocircuito;
- $V_{oc}$  tensión sin carga;
- $P_m$  potencia producida máxima en condiciones estándar (STC);
- $I_m$  intensidad producida en el punto de potencia máxima;
- $V_m$  tensión en el punto de potencia máxima;

**Esquema de conexión a red:**



*Ilustración 19: esquema de interconexión a red de un sistemas solar fv*

- La red de suministro (considerada como una potencia de cortocircuito infinita) se representa mediante un generador de tensión ideal con un valor independiente de las condiciones de carga de la instalación del consumidor.
- El generador FV se representa mediante un generador de intensidad ideal (con intensidad constante e insolación homogénea).
- La instalación del consumidor se representa mediante una resistencia  $R_u$ .

### **Composición de los paneles fotovoltaicos:**

#### *Cubierta exterior:*

- Debe proteger de los agentes atmosféricos.
- Se utiliza vidrio templado por su gran transparencia y su resistencia a los impactos.
- Debe ser liso en la superficie exterior para no retener suciedad y rugoso en la superficie interior para mejorar la adherencia del encapsulante.

#### *Capas encapsulantes:*

- Protegen las celdas y los contactos de interconexión.
- Deben poseer una excelente transmisión de la luz solar, una nula degradación frente a la radiación ultravioleta y un elevado aislamiento eléctrico.
- El material más ampliamente utilizado es el EVA (etil-vinil- acetileno) de un grosor típico de 0,46mm.

#### *Protección posterior:*

- Protege de los agentes atmosféricos, impidiendo el ingreso de humedad.
- Los materiales más empleados son Tedlar, Tefzel o Mylar (poliéster)
- Estas capas se laminan a temperaturas de hasta 150°C y presión en condiciones de vacío.

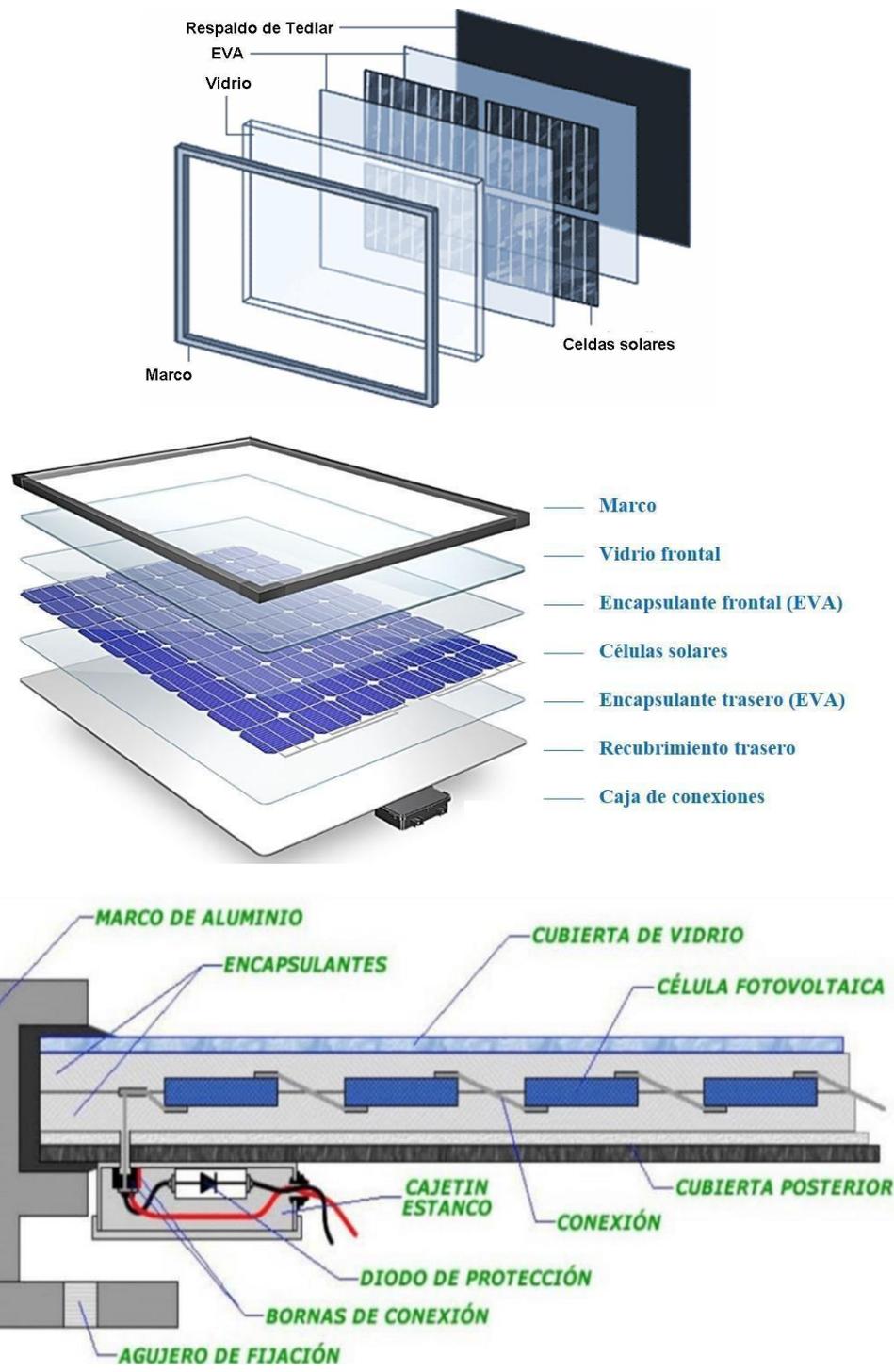


Ilustración 20: componentes de un panel solar fv

## Ejemplos de hojas de especificaciones técnicas de módulos solares fv:



### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Comportamiento en STC: Irradiancia 1.000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de célula 25 °C, AM 1,5

	ISF - 245	ISF - 250	ISF - 255
Potencia nominal (Pmax)	245 W	250 W	255 W
Tensión en circuito abierto (Voc)	37,6 V	37,8 V	37,9 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8,63 A	8,75 A	8,86 A
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmax)	30,5 V	30,6 V	30,9 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	8,04 A	8,17 A	8,27 A
Eficiencia	14,8 %	15,1 %	15,4 %
Tolerancia de potencia (% Pmax)	0/+3 %	0/+3 %	0/+3 %

Comportamiento a Irradiancia 800 W/m<sup>2</sup>, TONC, temperatura ambiente 20 °C, AM 1,5; velocidad del viento 1 m/s

	ISF - 245	ISF - 250	ISF - 255
Potencia máxima (Pmax)	178 W	181 W	185 W
Tensión en circuito abierto (Voc)	34,8 V	35,0 V	35,1 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,96 A	7,06 A	7,15 A
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmax)	27,4 V	27,5 V	27,7 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	6,49 A	6,59 A	6,67 A

Reducción de Eficiencia desde 1.000 W/m<sup>2</sup> a 200 W/m<sup>2</sup> según IEC 60904-1

5% (+/-3%)

### CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Tensión máxima del sistema	1000 V
Límite de corriente inversa	20 A
Temperatura nominal de operación de la célula (TONC)	45 +/- 2° C
Temperatura de operación	-40 to + 85° C
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0,44%/K
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,334%/K
Coefficiente de temperatura de Isc	0,048%/K

## MÓDULO MONOCRISTALINO ISF-255

### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Célula solar	Silicio Monocristalino - 156 mm x 156 mm (6 pulgadas)
Número de células	60 células (6x10)
Dimensiones	1667 x 994 x 45 mm
Peso	19 Kg
Vidrio	Alta transmisividad, texturado y templado de 3,2 mm (EN-12150)
Marco	Aluminio anodizado, toma de tierra
Máxima carga admisible	5400 Pa (carga de nieve)
Caja de conexión	IP 65 con 3 diodos de bypass
Cables y Conector	Cable solar de 1 m y sección 4 mm <sup>2</sup> . Conector MC4 o LC4

### DIMENSIONES



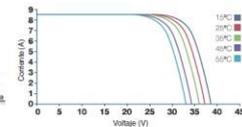
### EMBALAJE

Módulos por palet  
24

Tamaño del embalaje (palet + caja)

1720 x 1140 x 1155mm

Materiales Reciclables



## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Comportamiento en STC: Irradiancia 1.000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de célula 25 °C, AM 1,5

	ISF - 245	ISF - 250	ISF - 255
Potencia nominal (Pmax)	245 W	250 W	255 W
Tensión en circuito abierto (Voc)	37,6 V	37,8 V	37,9 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8,63 A	8,75 A	8,86 A
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmax)	30,5 V	30,6 V	30,9 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	8,04 A	8,17 A	8,27 A
Eficiencia	14,8 %	15,1 %	15,4 %
Tolerancia de potencia (% Pmax)	0/+3 %	0/+3 %	0/+3 %

## CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Tensión máxima del sistema	1000 V
Limite de corriente inversa	20 A
Temperatura nominal de operación de la célula (TONC)	45 +/- 2° C
Temperatura de operación	-40 to + 85° C
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0,44%/K
Coeficiente de temperatura de Voc	-0,334%/K
Coeficiente de temperatura de Isc	0,048%/K

Propiedades Técnicas	
Potencia máxima nominal (Pmax)	250W
Voltaje a Pmax (Vmp)	30.65V
Corriente a Pmax (Imp)	8.17A
Voltaje a circuito abierto (Voc)	37.8V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	8.74A
Eficiencia de Celdas (%)	17,40%
Eficiencia del Módulo	15,30%
Temperatura de operación (C°)	-40C°~+85C°
Voltaje máximo del sistema	DC 1000V(TUV) / DC600V(UL)
Fusible serie máximo	15A
Tolerancia a potencia máxima	±3 %
Coeficiente de Temperatura a Pmax	(-0.45±0.05)% / C°
Coeficiente de Temperatura a Voc	(0.05±0.01) % / C°
Coeficiente de Temperatura a Isc	(-0.35±0.05)% / C°
NOTC	(47±2) / C°

Test en condiciones estándar 1000W/m2. Temp. del módulo 25°C, AM = 1,5

### Electrical Characteristics

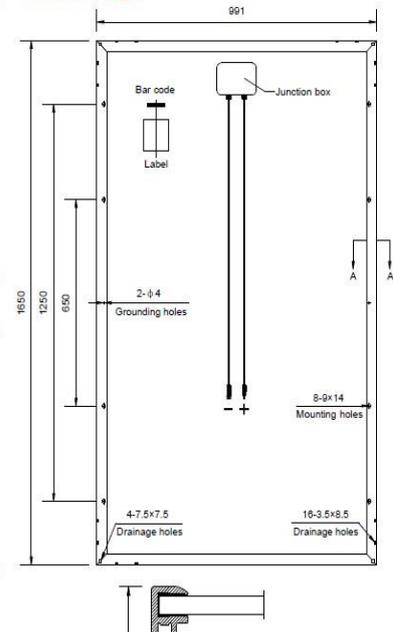
Electrical parameters at STC						
Nominal Power ( $P_{max}$ )	230W	235W	240W	245W	250W	255W
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	37.2V	37.3V	37.5V	37.7V	37.9V	38.0V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )	8.31A	8.40A	8.48A	8.56A	8.64A	8.72A
Voltage at Nominal Power ( $V_{mp}$ )	29.3V	29.5V	29.7V	29.9V	30.1V	30.3V
Current at Nominal Power ( $I_{mp}$ )	7.85A	7.97A	8.08A	8.20A	8.31A	8.42A
Module Efficiency (%)	14.07	14.37	14.68	14.98	15.29	15.59

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5

Electrical parameters at NOCT						
Nominal Power ( $P_{max}$ )	168W	172W	175W	179W	183 W	186W
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	34.2V	34.3V	34.5V	34.7V	34.9 V	35.0V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )	6.73A	6.80A	6.87A	6.93A	7.00A	7.06A
Voltage at Nominal Power ( $V_{mp}$ )	26.7V	26.8V	27.0V	27.2 V	27.4 V	27.6 V
Current at Nominal Power ( $I_{mp}$ )	6.30A	6.42A	6.49A	6.59A	6.68 A	6.74 A

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, Wind speed 1 m/s

### Drawings



ESPECIFICACIONES	
Modelo	PS-330M
<b>Especificaciones eléctricas</b>	
Potencia máxima (Pmax)	330W
Voltaje nominal (Vmp)	38.77V
Corriente (Lmp)	8.51A
Tensión en circuito abierto (Voc)	46.19V
Corriente en cortocircuito (Isc)	9.11A
Tensión máxima	1000VCC (IEC) / 600VCC (UL)
Resistencia al viento (Pa)	5400
<b>Especificaciones físicas</b>	
Celda solar	Silicio monocristalino
Material del marco	Aluminio
Color del marco y estructura	Aluminio
Dimensiones (mm)	1956 x 992 x 40
Peso neto (Kg)	22.5
<b>Especificaciones de temperatura</b>	
Condiciones de temp. nominal	-40°C a +85°C
Temperatura (NOCT)	45°C
Coefficiente de temp. de Pmax	-0.47% °C
Coefficiente de temp. de Voc	-0.34% °C
Coefficiente de temp. de Isc	+0.05% °C
<b>Garantía de performance</b>	
90% de la potencia	10 Años
80% de la potencia	25 Años

### VENTAJAS

- Módulos de alta potencia que otorgan soluciones para aplicaciones variadas
- Regulados bajo norma de seguridad IEC61730, con protección por fuertes vientos, granizo, nieve y fuego
- Diodos integrados para proteger las celdas solares
- El marco de aluminio anodizado mejora la resistencia contra fuertes vientos
- Completamente a prueba de deformaciones y congelamiento de agua
- Gran rendimiento energético dado a su alta transparencia, bajo contenido de hierro, vidrio templado y revestimiento antirreflejo
- Tamaño y peso reducidos

**Datasheet**  
**a-Si thin film solar PV module**  
**SI S1-X.Ax series**

SI S1 -	312	328	344	360
---------	-----	-----	-----	-----

**Signet Solar's Frameless Large Area Modules Are**

- robust in a wide variety of climates and conditions,
- cost effective,
- environmentally friendly (nontoxic silicon based material set) and recyclable.

**Signet Solar Quality**

- High reliability frameless glass-to-glass laminated modules
- IEC 61646 / IEC 61730 tested (TUV)
- Optional bonded back rails (required for installation)
- Optional bypass diode
- 1000 V maximum voltage
- Requires inverters with grounded inputs

mechanical data		unit				
height	mm		2600			
width	mm		2200			
thickness (laminate only)	mm		8			
static load	N/m <sup>2</sup>		2400			
further mechanical data in customer drawing						
electrical data (@stc)*		unit				
maximum system voltage	V		1000			
power	W		312	328	344	360
power tolerance	%		+/- 3			
V <sub>oc</sub>	V		184	185.2	186.4	187.6
I <sub>sc</sub>	A		2.88	2.92	2.96	3.00
V <sub>mpp</sub>	V		140.8	142.6	144.6	146.4
I <sub>mpp</sub>	A		2.22	2.20	2.38	2.46
thermal data		unit				
temperature range	°C		-40 ... 85°C			
temperature coefficients:						
power	% /K		-0.25			
V <sub>oc</sub>	% /K		-0.30			
I <sub>sc</sub>	% /K		+0.10			

\* standard test conditions if not otherwise specified: 25°C, 1000W / m<sup>2</sup>, AM 1.5  
 Note: Initial power is 10-20% higher than stabilized power. Initial voltages are up to 10% higher. All voltages are relative to the negative power connector of the module.

### 3. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

En la determinación de la inclinación óptima de los paneles, podemos usar varios criterios, tal como el del mes crítico, es decir las peores condiciones, o bien el criterio de máxima captación energética anual.

Podemos usar distintos métodos para determinar la radiación solar que nos permitirá el cálculo del ángulo de inclinación óptima del que hablábamos. Esto puede obtenerse de programas (software específico) o tablas. Este ángulo variará de acuerdo a la ubicación geográfica de la instalación.

Una adecuada disposición nos permitirá obtener la mayor energía posible, es por eso la importancia que se da a esta disposición de los paneles, dado que estos tienen como función captar la radiación solar. Esta mayor energía podemos considerarla por estación o directamente tener en cuenta el promedio anual.

Hay opciones también de utilizar seguidores solares que permiten, como su nombre lo indica, seguir la mayor radiación solar. Se realiza un seguimiento continuo del sol con los módulos.

En el caso en que elijamos el criterio de maximizar la energía solar recibida en el mes de menor radiación, es decir en las peores condiciones, priorizamos generar la mayor cantidad posible de energía durante el período de menor radiación solar. Entonces, lo que hacemos es diseñar para esta condición, que será la de invierno.

La latitud geográfica corresponde al ángulo Alfa y el ángulo de inclinación del panel es Beta, que corresponderá a la latitud más  $+10^\circ$  a  $15^\circ$ , en un cálculo sencillo. En caso de que diseñemos para obtener la mayor generación de energía durante todo el año, el ángulo Beta óptimo puede calcularse como:  $B_{opt} = 3,7 + 0,69 * \phi$  (latitud)

Es importante considerar que hay diversos métodos, y que se elegirá uno u otro, dependiendo de la rigurosidad del cálculo como así también de los datos disponibles. Podemos decir que es más exacto es usar datos de radiación reales para distintas inclinaciones y azimut de cada zona. Es decir se busca el ángulo de inclinación que corresponde al valor máximo anual o bien al valor obtenido en el mes de junio, o bien al de mayor generación mensual, que corresponderá al verano.

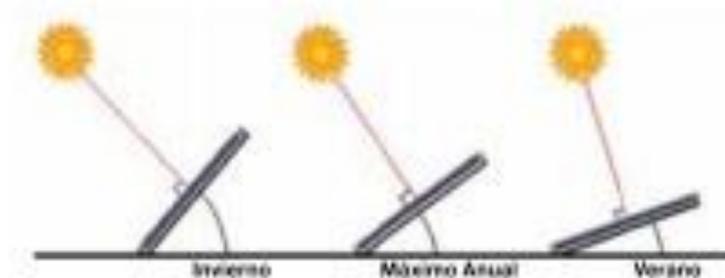


Ilustración 21: ángulos de inclinación del panel solar

#### 4. DIMENSIONADO

Para dimensionar un sistema solar fv existen varios criterios que pueden adoptarse. Es esencial aprovechar al máximo la potencia generada por el sistema FV.

Anteriormente vimos que hay distintos tipos de sistema; on grid, off grid e híbridos.

Para el caso de un sistema off grid podemos diseñar en base al perfil de consumo de los usuarios. Para un sistema on grid se puede tener en cuenta el autoconsumo, la máxima utilización de la superficie disponible, la potencia límite en relación a la red, etc.

Debemos tener en cuenta: normativas existentes, tecnologías disponibles, zona geográfica, consumos, regulaciones, impactos ambientales y sociales.

Esquema de dimensionamiento:



Ilustración 22: Esquema de diseño de un sistema de generación fotovoltaico

La potencia a instalar va a determinar el número de módulos que utilizaremos, dividiendo la primera por la potencia de cada módulo.

Luego, calculamos la superficie mínima requerida para la instalación, multiplicando la cantidad de módulos que obtuvimos por el área de c/uno. Hay que considerar la inclinación de los mismos, como así también la elevación solar según las estaciones del año para evitar la proyección de sombras entre los paneles dejando la distancia mínima requerida entre filas.

La mayor sombra proyectada se dará cuando la elevación solar es mínima, el 21 de Junio, por lo tanto la distancia entre paneles se hará para esta fecha.

#### 4.1. Recurso solar y paneles fotovoltaicos:

El concepto de horas solares pico (HSP o HPS) es esencial en el diseño y dimensionamiento y refiere al número de horas al día con una hipotética irradiancia de  $1.000 \text{ W/m}^2$  que en conjunto suman la misma irradiación total que la real de ese día.

Para calcular entonces el valor de HPS se debe dividir el valor de la radiación ( $\text{Wh/m}^2$ ) incidente entre el valor de la irradiancia ( $1000 \text{ W/m}^2$ ) en condiciones estándar de medida (STC), pues es en esas condiciones donde se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos. Es decir, si se dispone de los datos de radiación solar de un determinado día y se divide entre 1000, se obtienen las HSP. Por ejemplo, si tenemos una radiación de  $3.600 \text{ Wh/m}^2$ , para pasarla a HSP se divide entre  $1.000 \text{ W/m}^2$ , obteniéndose 3.6 HPS.

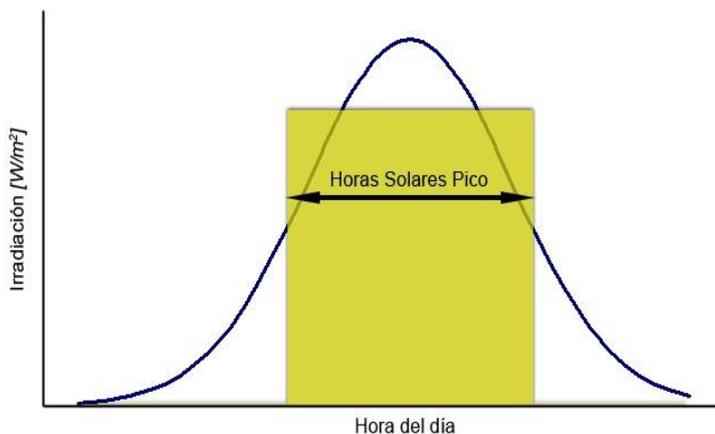


Ilustración 24: Horas solares pico

Si disponemos de 3,6 HPS y un módulo FV de 270 Wp, obtendremos diariamente:

$$270 \text{ Wp} \times 3,6 \text{ HPS} = 972 \text{ Wh/día.}$$

En la siguiente Tabla se muestran las HPS para diferentes localidades.

Localidad	Provincia	Latitud sur	It (Kcal./día m <sup>2</sup> )	T(horas/día)
<b>Ciudad Autónoma</b>	Buenos Aires	34,4	2840	3,3
<b>Mar del Plata</b>	Buenos Aires	38,3	2795	3,2
<b>Bahía Blanca</b>	Buenos Aires	38,4	2511	2,9
<b>Catamarca</b>	Catamarca	28,3	3707	4,3
<b>Córdoba</b>	Córdoba	31,2	3320	3,8
<b>Mercedes</b>	Corrientes	29,1	3388	3,9
<b>Resistencia</b>	Chaco	27,3	2847	3,3
<b>Paraná</b>	Entre Ríos	31,5	3492	4,0
<b>Formosa</b>	Formosa	26,1	3603	4,2
<b>S.S. de Jujuy</b>	Jujuy	24,2	3388	3,9
<b>Santa Rosa</b>	La Pampa	36,3	2769	3,2
<b>La Rioja</b>	La Rioja	29,2	3681	4,2
<b>Mendoza</b>	Mendoza	32,5	3371	3,9
<b>Posadas</b>	Misiones	27,2	3105	3,6
<b>Neuquén</b>	Neuquén	38,6	2580	3,0
<b>Viedma</b>	Río Negro	40,5	2580	3,0
<b>Salta</b>	Salta	24,5	3105	3,6
<b>San Juan</b>	San Juan	31,3	3896	4,5
<b>San Luis</b>	San Luis	33,2	3629	4,2
<b>Rosario</b>	Santa Fe	32,6	3079	3,6
<b>Santiago del Estero</b>	Santiago del Estero	27,5	3010	3,5
<b>Tucumán</b>	Tucumán	26,5	2632	3,0

La siguiente Tabla muestra el factor de corrección de K para superficies inclinadas ubicadas a una latitud geográfica de 32°. Representa el cociente entre la energía incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el Ecuador e inclinada un determinado ángulo y otra horizontal :

Inclinacion	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.01	1.02	1.04	1.06	1.07	1.07	1.06	1.05	1.03	1.02	1.01	1
10	1.01	1.04	1.07	1.11	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.01	1
15	1	1.04	1.1	1.16	1.19	1.19	1.16	1.12	1.08	1.04	1	0.99
20	0.99	1.04	1.11	1.19	1.24	1.24	1.2	1.15	1.1	1.04	0.99	0.97
25	0.97	1.03	1.12	1.22	1.29	1.28	1.23	1.17	1.1	1.03	0.97	0.95
30	0.95	1.02	1.13	1.24	1.32	1.31	1.26	1.19	1.1	1.01	0.95	0.92
35	0.91	1	1.12	1.26	1.34	1.34	1.27	1.19	1.09	0.99	0.91	0.88
40	0.87	0.97	1.11	1.26	1.36	1.35	1.28	1.19	1.08	0.96	0.87	0.84
45	0.83	0.93	1.09	1.26	1.37	1.36	1.28	1.18	1.06	0.93	0.83	0.79
50	0.78	0.89	1.06	1.24	1.37	1.36	1.28	1.17	1.03	0.88	0.78	0.74
55	0.72	0.84	1.02	1.22	1.36	1.35	1.26	1.14	0.99	0.84	0.72	0.68
60	0.66	0.79	0.98	1.19	1.34	1.34	1.24	1.11	0.95	0.78	0.66	0.62
65	0.59	0.73	0.93	1.15	1.31	1.31	1.21	1.07	0.9	0.73	0.6	0.55
70	0.53	0.66	0.87	1.11	1.27	1.28	1.17	1.03	0.85	0.66	0.53	0.48
75	0.45	0.6	0.81	1.06	1.23	1.24	1.13	0.98	0.79	0.6	0.46	0.4
80	0.38	0.52	0.75	1	1.18	1.19	1.08	0.92	0.73	0.53	0.38	0.33
85	0.3	0.45	0.67	0.93	1.12	1.13	1.02	0.86	0.66	0.45	0.31	0.25
90	0.22	0.37	0.6	0.86	1.05	1.07	0.96	0.79	0.59	0.38	0.23	0.17

*Tabla de Corrección de K, para 32°.*

Aplicando el factor de corrección (k) según el ángulo de inclinación del panel y la ubicación geográfica (latitud) del mismo se obtienen las HPS corregidas.

Entonces, el cálculo del recurso solar disponible anualmente en HPS corregido por factor de inclinación se determina de la siguiente manera:

$$\text{HPS anuales} = \text{Promedio (HSP de c/mes x k de c/mes)} \times 365 \text{ días}$$

Con el valor de HPS corregido por el factor k y determinando el consumo de energía que se quiere abastecer con el sistema se calcula la potencia requerida:

la energía generada por el sistema en condiciones estándar durante un año funcionamiento es igual a:

$$\text{Potencia (kW)} = \text{Energía a abastecer (kWh)} / \text{HPS (horas)}$$

Para el cálculo del número de paneles, para una determinada generación:

- ✓ Datos de la energía a generar en el año.
- ✓ Datos del recurso solar en el año.
- ✓ Datos y selección del tipo de panel.
- ✓ Cálculo o adopción de un valor de factor de rendimiento (PR).

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Energía a generada(Kwh)}}{\text{Potencia panel (Kw)} \times \text{HPS} \times \text{PR}}$$

Donde PR es un factor de rendimiento de la instalación solar fv, el que normalmente varía entre 0,65 y 0,95 debido a pérdidas por suciedad, por transmisión de cableados, degradación de módulos, rendimientos de conversión, etc. Se define como:

$$\text{PR} = \text{Energía real generada} / \text{energía nominal calculada}$$

Ejemplo de Instalación de conexión a Red:

Se considera:

HPS diarias corregida por factor  $k = 5,1$  h

HPS anuales:  $5,1h \times 365 = 1.861$  h

Consumo eléctrico a abastecer: 3600 kwh

PR adoptado: 0,80

Panel FV adoptado: 250 Wp = 0,25 kWp

Potencia requerida =  $3600 \text{ kWh} / 1.861h = 1,93 \text{ kW}$  N° de

paneles =  $3600 \text{ kWh} / 0,25 \text{ kWp} \times 1.861 \times 0,8 = 9,67$  Se

adoptan 10 paneles de 250 Wp c/uno.

Potencia a instalar:  $250Wp \times 10 \text{ paneles} = 2500W = 2,5kW$

Voltaje a Pmax ( $V_{mp}$ ) = 30,65 V

Amperaje a Pmax ( $I_{mp}$ ) = 8,17 A

Se proponen 2 cadenas o string con 5 paneles en serie c/u:

Voltaje =  $30,65V \times 5 \text{ paneles} = 153,25$  V

Amperaje = 8,17 A

En el siguiente cuadro se muestran, a modo de referencia, el consumo diario de energía por diferentes tipos de electrodomésticos:

Corriente Alterna				
Artefacto (electrodomesticos)	Cantidad de artefactos	Consumo artefacto (Watt)	Horas de Funcionamiento diario (hs)	Consumo diario (Wh/día)
Tv. Color	1	100	4	400
Ventilador de techo	1	70	4	280
Radio AM - FM	1	40	4	160
Cargador celular	1	15	1	15
Bomba de agua	1	200	0,5	100
			<b>Consumo diario</b>	<b>955</b>

A continuación, se presenta otra forma rápida de calcular la potencia requerida de una instalación.

## Energía anual consumida

$$P_{FV\ NEC} = \frac{\text{Energía anual consumida}}{K}$$

$P_{FV\ NEC}$

↓

Potencia fotovoltaica necesaria, expresada en watts pico (Wp)

$K$

↓

Constante "k" extraída de Tabla 1

Suma de los consumos de energía pueden ser mensuales o bimestrales expresados en kilowatts hora/año (kWh/año)

Detalle bimestral de consumo

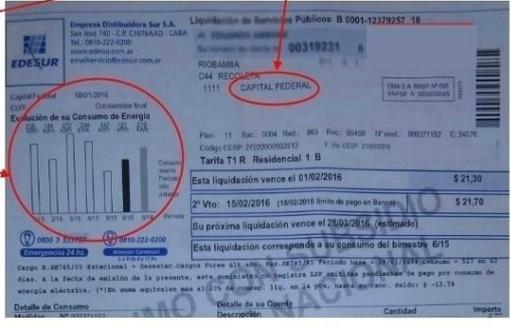


3000 SANTA FE CONSUMIDOR FINAL  
CUT  
Propietario: S

Cod No: 18  
Fecha de Venc: 09/01/15

Ger	Dist.	Plan	Ruta	Folio	D.S.	Periodo	Detalle de Factur
S	000	28	3660	05149	02	61/17	Cuota de servicio: Primeros 120 kWh
Tarifa: 1 01 (1001)							Alta: 30/01/15
CÓDIGO ELECTRONICO DE PAGO LINK PAGOS - PAGOS CUENTAS							Ultimos 92 kWh 11
2854062169866							Importe Básico: Ley N° 6604 FER 11
Información de Medición y Lectura							Ley N° 23881 10.1
Módulo N°	P	Acumul	Actual	Consumo			Cuota de Alumbrado CONSUMIDOR FIN
72.143	1	32.995	23.202	912			Ley N° 12682 Enus
Factor de potencia:				Consumo Total:			Subtotal
				212 kWh			TOTAL
Evolución de Consumos kWh							
BIMR/16	BIMR/17	BIMR/18	BIMR/19	BIMR/20			
229	310	240	243	492			112
Periodo de Consumo							
Desde: 06/10/2017							Hasta: 05/12/2017
Costo Diario Promedio de su consumo: 9****9.69							

Ubicación para determinar K



Capital Federal

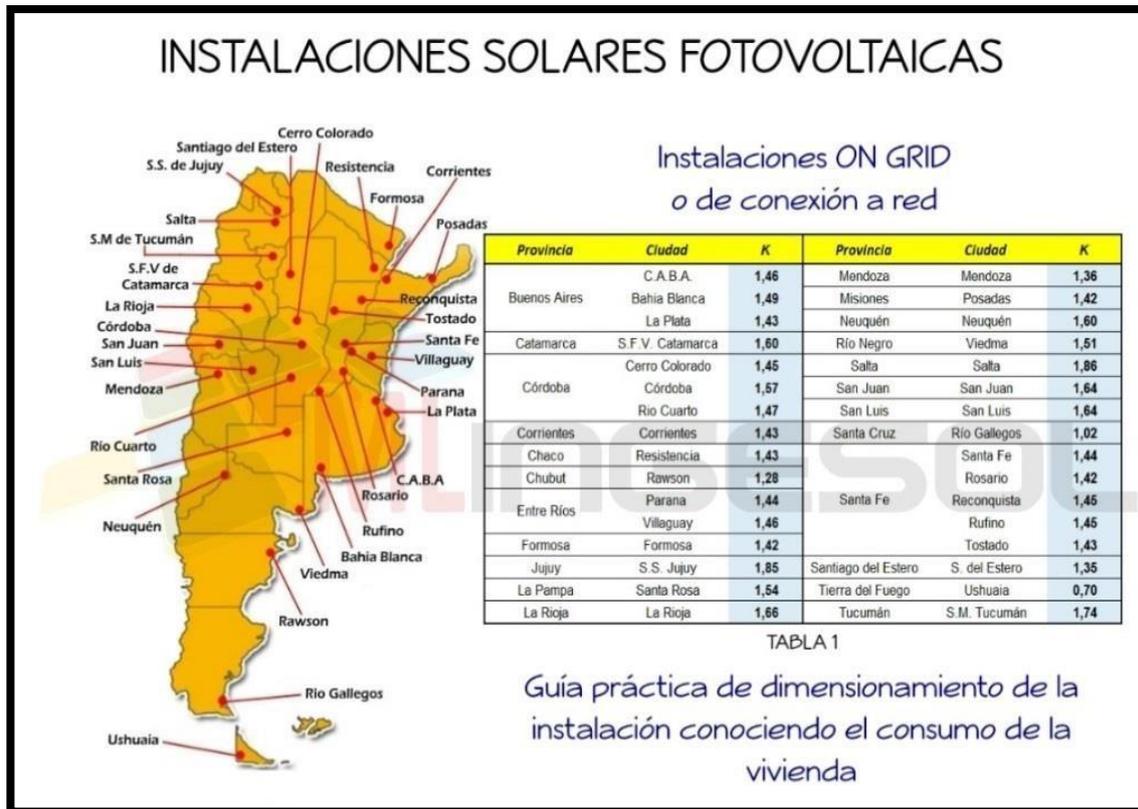
Evolución de su Consumo de Energía

Consumo	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo
112	229	240	243	492

$$\frac{1607 \text{ kWh/año}}{144} = 116 \text{ Wp}$$

$$\frac{1261 \text{ kWh/año}}{146} = 864 \text{ Wp}$$

Esta guía permite un cálculo rápido de potencia FV necesaria, recomendamos consultar siempre con un profesional del rubro.



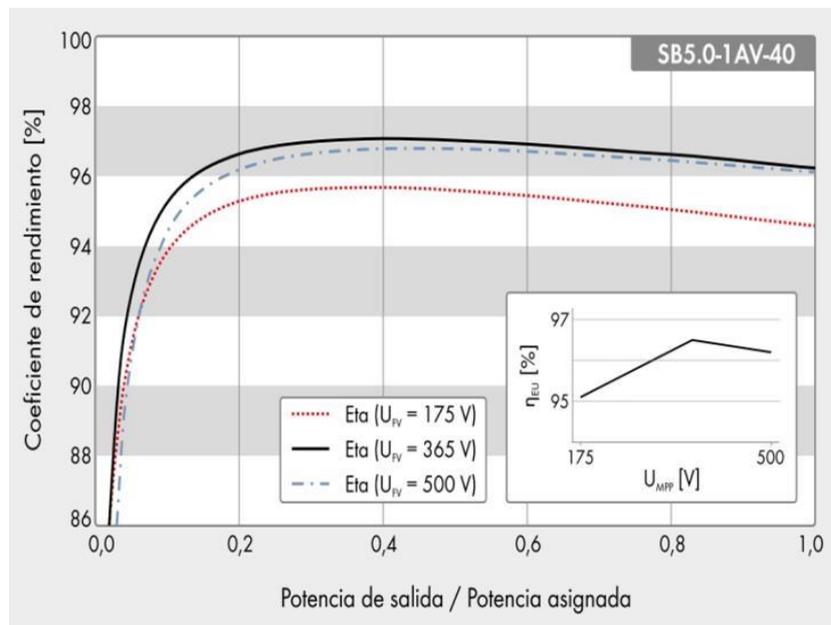
#### 4.2. Selección de inversores

El inversor se elige según la potencia que tiene conectada. Se selecciona el inversor según los siguientes parámetros:

- Tipo de inversor.
- Potencia, Tensión e Intensidad de corriente de entrada.
- Rango de tensión de MPPT (si corresponde).
- Potencia, Tensión, Intensidad de corriente y Frecuencia de salida.
- Potencia pico o Capacidad de sobrecarga.
- Eficiencia.
- Tipo de instalación: on grid, off grid.

En las siguiente Tabla se muestran las especificaciones de un inversor, a modo de referencia:

Datos técnicos	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0
<b>Entrada (CC)</b>			
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V		
Rango de tensión del MPP	De 110 V a 500 V	De 130 V a 500 V	De 140 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	365 V		
Tensión de entrada mín./de inicio	100 V/125 V		
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	15 A/15 A		
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	15 A/15 A		
Número de entradas de MPP independientes/Strings por entrada de MPP	2/A-2; B-2		
<b>Salida (CA)</b>			
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3680 VA	4000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	220 V, 230 V, 240 V/De 180 V a 280 V		
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz, 60 Hz/De -5 Hz a +5 Hz		
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V		
Corriente máx. de salida	16 A	16 A	22 A <sup>21</sup>
Factor de potencia a potencia asignada	1		
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo		
Fases de inyección/conexión	1/1		
<b>Rendimiento</b>			
Rendimiento máx./europeo Rendimiento	97,0%/96,4%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%
<b>Dispositivos de protección</b>			
Punto de desconexión en el lado de entrada	●		
Monitorización de toma a tierra/de red	● / ●		
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/ con separación galvánica	● / ● / -		
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●		
Clase de protección (según IEC 62103)/Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I/III		



Los parámetros de entrada del inversor van a tener relación con la disposición de los módulos, ésta puede ser en serie o en paralelo. Recordar que:

- En serie, sumamos tensiones, manteniendo la corriente.
- En paralelo, se suma la corriente generada, manteniendo la tensión nominal.

A su vez, tendremos una tensión máxima de entrada del inversor. Esta tensión va a determinar el número máximo de módulos.

### 4.3. Conductores

#### *Función:*

La función del cableado es transportar la energía a lo largo de toda la instalación, tanto en lo que concierne a la parte de CC, como en la de CA, es decir al inversor, los equipos de consumo y la red eléctrica. El dimensionamiento de la sección de los cables se realiza en función de la energía eléctrica a conducir.

Es importante un correcto dimensionado, a los fines de evitar pérdidas innecesarias. De esta manera, mejoraremos el rendimiento del sistema. Es esencial tener en cuenta que existen normas a cumplir respecto a los conductores.

#### *Corriente – Tensión:*

Es necesario conocer la corriente que circula por los conductores, dado que ésta puede calentar los cables y hasta derretirlos si no es la sección adecuada para su circulación. Además, los componentes eléctricos funcionan en un rango de tensión  $[U_{min}; U_{max}]$ , entonces, debemos saber cuánta caída de tensión tenemos en los cables. Los conductores necesarios deben tener una sección adecuada para reducir la caída de tensión y el calentamiento y, a su vez cumplir, con las normativas vigentes,

El cálculo de los conductores se hace en base a la capacidad de conducir corriente, llamada *ampacidad*. Este valor está limitado por:

- Conductibilidad del material.
- Capacidad térmica del aislamiento.

No debe excederse la ampacidad del cable, a la temperatura de operación.

#### *Calibre conductores:*

Las medidas de los cables y alambres eléctricos se suelen categorizar en calibres si se habla del sistema AWG (American Wire Gauge), sin embargo es más común conocerlos según el diámetro del cable en el sistema métrico decimal y categorizarlos en milímetros cuadrados. Las Normas exigen calibres AWG 12 (3,31 mm<sup>2</sup>) o mayores para las conexiones de módulos y los circuitos DC.

Para estos cálculos, la Ley de Ohm nos permite relacionar la corriente, la tensión y la resistencia al paso de corriente:

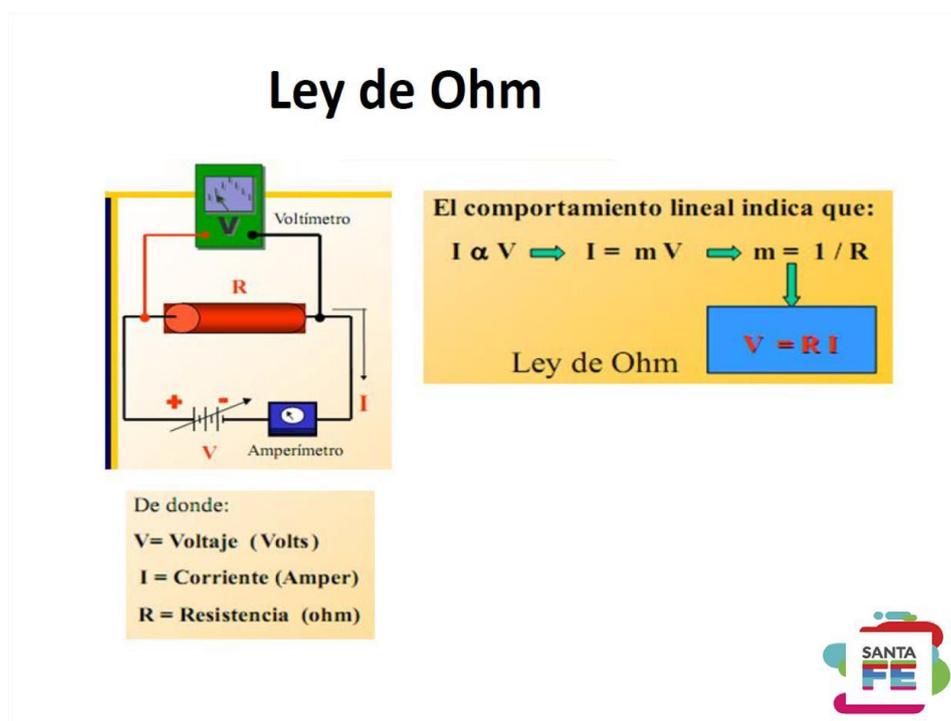


Ilustración 25: Ley de Ohm

Los cálculos varían según hablemos de corriente continua o alterna son:

- **Para corriente continua :**

$$\Delta U = I \times R_{\text{cable}} \times L [V]$$

$$\Delta U = \text{caída de tensión}$$

$I = \text{corriente que circula por el cable [A]}$

$R_{\text{cable}} = \text{resistencia óhmica del cable } [\Omega]$

- **Para corriente alterna:**

Monofásico:

$$\Delta U = I \cdot L \cdot Z_{cable} \cdot \cos(\varphi) [V]$$

Donde:

$\Delta U$ : caída de tensión

$I$ : corriente que circula por el cable [A]

$Z_{cable}$ : impedancia del cable [ $\Omega$ ]

$\cos(\varphi)$ : factor de potencia

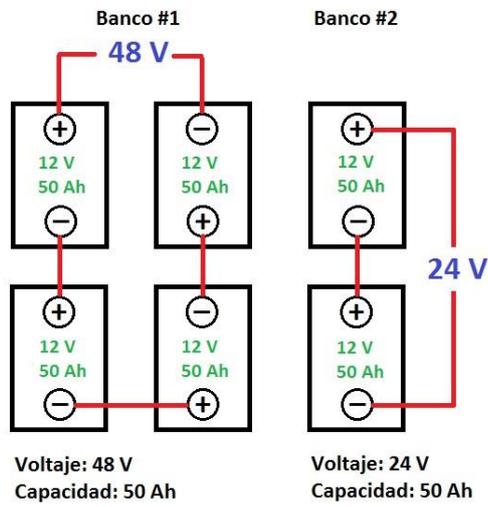
Trifásico:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{fase} \cdot L \cdot (R_{cable} \cdot \cos(\varphi) + X_{cable} \cdot \sin(\varphi)) [V]$$

#### 4.4. Baterías (en caso de sistemas off grid)

En un banco, las baterías se conectan en serie y en paralelo para obtener el voltaje y la capacidad en amperios-hora deseada. La conexión en serie se utiliza para aumentar el valor del voltaje de salida del banco. Si se conectan 2 baterías de 12 V en serie la salida del banco es de 24 V. Si se conectan 4 baterías de 12 V en serie la salida del banco es de 48 V. La conexión de paralelo se utiliza para aumentar la capacidad en amperios-hora del banco. Si se conectan 2 baterías con una capacidad de 50 Ah en paralelo la capacidad del banco será de 100 Ah. Si se conectan 3 baterías de 200 Ah en paralelo la capacidad del banco será de 600 Ah.

**Conexiones en Serie**



**Conexiones en Paralelo**

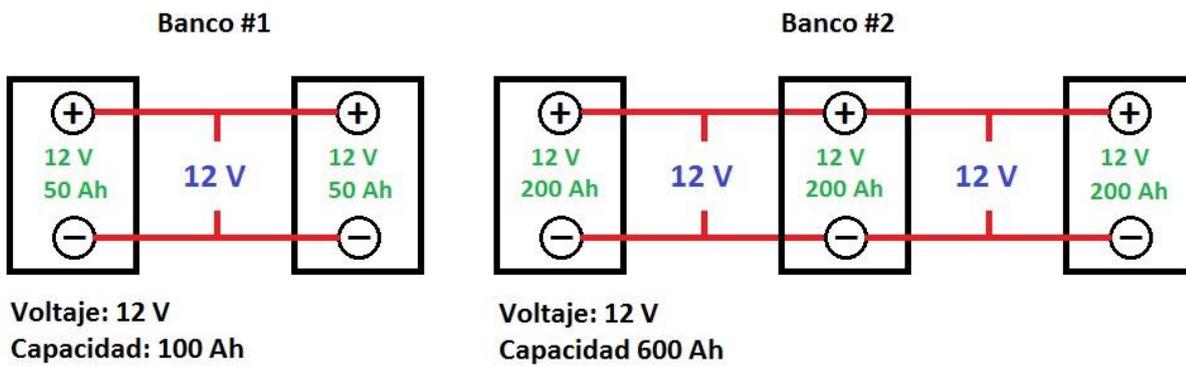


Ilustración 26: Conexiones en serie y paralelo de banco de baterías

## METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA BATERÍAS (Abaco de selección rápida)

Capacidad necesaria en Ah para baterías de 6 V.

Consumo kWh/día	% de Descarga		
	50%	60%	70%
1	333	277	238
2	666	555	476
3	1000	833	714
4	1333	1111	952
5	1666	1388	1190
	1000 a 500	750 a 400	550 a 300
	Ciclos Promedio de Vida Util		

Capacidad necesaria en Ah para baterías de 12 V.

Consumo kWh/día	% de Descarga		
	50%	60%	70%
1	166	138	119
2	333	277	238
3	500	416	357
4	666	555	476
5	833	694	595
	1000 a 500	750 a 400	550 a 300
	Ciclos Promedio de Vida Util		

Condiciones tenidas en cuenta para la confección del abaco  
Autonomía = 1 día - Temperatura = 25°C - Capacidad en C20

### Aplicación Práctica

Baterías de 6 V

Consumo kWh/día	% de Descarga		
	50%	60%	70%
1	333	277	238
2	666	555	476
3	1000	833	714
4	1333	1111	952
5	1666	1388	1190
	1000 a 500	750 a 400	550 a 300
	Ciclos Promedio de Vida Util		

Baterías 12 V

Consumo kWh/día	% de Descarga		
	50%	60%	70%
1	166	138	119
2	333	277	238
3	500	416	357
4	666	555	476
5	833	694	595
	1000 a 500	750 a 400	550 a 300
	Ciclos Promedio de Vida Util		

Como ejemplo de aplicación tomamos un consumo diario de 1 kWh, necesitaremos 333 Ah con una batería de 6 V. y 166 Ah con una batería de 12 V.

Elegimos una batería Trojan T105 de 6 V., en C20 esta batería tiene una capacidad de 225 Ah.

Si armamos una instalación de 12 V., cuyo banco de batería este compuesto por 2 T105 en serie, tendremos una capacidad de 225 Ah, si la instalación es 6 V. pero con 2 T105 en paralelo tendremos una capacidad de 450 Ah.

En estos casos en particular elegidos, recalcularemos la autonomía, ya que será mayor a un día.

$$\text{Autonomía} = \frac{450 \text{ Ah}}{333 \text{ Ah}} = 1,35 \text{ días}$$

$$\text{Autonomía} = \frac{225 \text{ Ah}}{166 \text{ Ah}} = 1,35 \text{ días}$$

#### ELECTRICAL SPECIFICATIONS BATERÍA TROJAN T 105

Cranking Performance		Capacity * Minutes		Capacity * Amp-Hours (AH)			Energy (kWh)		Internal Resistance (mΩ)	Short Circuit Current (amps)
C.C.A. <sup>3</sup> @ 0°F (-18°C)	C.A. <sup>1</sup> @ 32°F (0°C)	@ 25 Amps	@ 75 Amps	5-Hr	10-Hr	20-Hr	100-Hr	100-Hr		
—	—	447	115	185	207	225	250	1.50	—	—

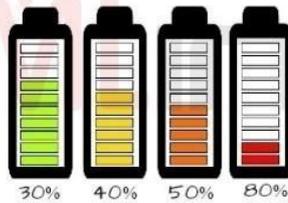
Tengamos en cuenta que...

**Autonomía:** Es la cantidad de días en que se puede descargar una batería, sin recibir carga de energía solar.

**C20 :** Es la capacidad en Ah de una batería, cuando se descarga en su totalidad en un tiempo de 20 horas.

**Ciclos :** Es el número de veces que puede ser cargada y descargada una batería. Cada ciclo de carga - descarga puede representar un día en una instalación fotovoltaica.

**Profundidad de descarga :**



A mayor profundidad de descarga, menor cantidad de ciclos, menor vida útil de la batería.

Ciclos y Profundidad de descarga

TAMAÑO GRUPO BCI	TIPO	VOLTAJE	CAPACIDAD <sup>a</sup> Amperio-horas (AH)				ENERGÍA (kWh)		TERMINAL predet.	DIMENSIONES <sup>b</sup> Pulg. (mm)			PESO lbs. (Kg)
			Tasa de 5 hr	Tasa de 10 hr	Tasa de 20 hr	Tasa de 100 hr	Tasa de 100 hr	Largo		Ancho	Alto <sup>c</sup>		
<b>LÍNEA PREMIUM - BATERÍAS DE ELECTROLITO LÍQUIDO DE CICLO PROFUNDO - 1,600 CICLOS A 50% DOD - CON SMART CARBON™</b>													
GC2H	T-105 RE	6 VOLTIOS	185	207	225	250	1.50	5	10.30 (262)	7.11 (181)	11.67 (296)	67 (30)	
903	L16RE-A*	6 VOLTIOS	267	299	326	360	2.16	5	11.67 (296)	6.95 (177)	17.56 (446)	115 (52)	

C20

## 5. BIBLIOGRAFÍA:

- BP Solar España. Madrid. Programa de Instalador Certificado.
- EPESF. Procedimiento para el tratamiento de solicitudes de generación en isla o en paralelo con la red de la EPESF. Anexo 1.
- Cámara Chilena de la Construcción. Documento Técnico *Diseño y Dimensionamiento de Sistemas Solares Fotovoltaicos*.
- PLEDU. Apuntes de curso para diseño de sistemas solares fotovoltaicos.
- Presentaciones de los talleres de capacitación en instalación y funcionamiento de sistemas solares fotovoltaicos de baja potencia a cargo del Ing. Marcelo Lenzi y del GENOC de la FIQ-UNL e IFIS CONICET.