

Instal·lacions d'energies renovables

Albert Figueras Coma

Introducció

Energia elèctrica

La societat actual depèn totalment de l'electricitat.

La demanda augmenta constantment.

Es busquen noves fonts d'energia per no dependre de les tradicionals:

Centrals Hidroelèctriques (20MVA)

Centrals Tèrmiques de combustibles fòssils (100-200MVA)

Centrals Nuclears (1000MVA)

Renovables:

Centrals Eòliques (1-50MVA)

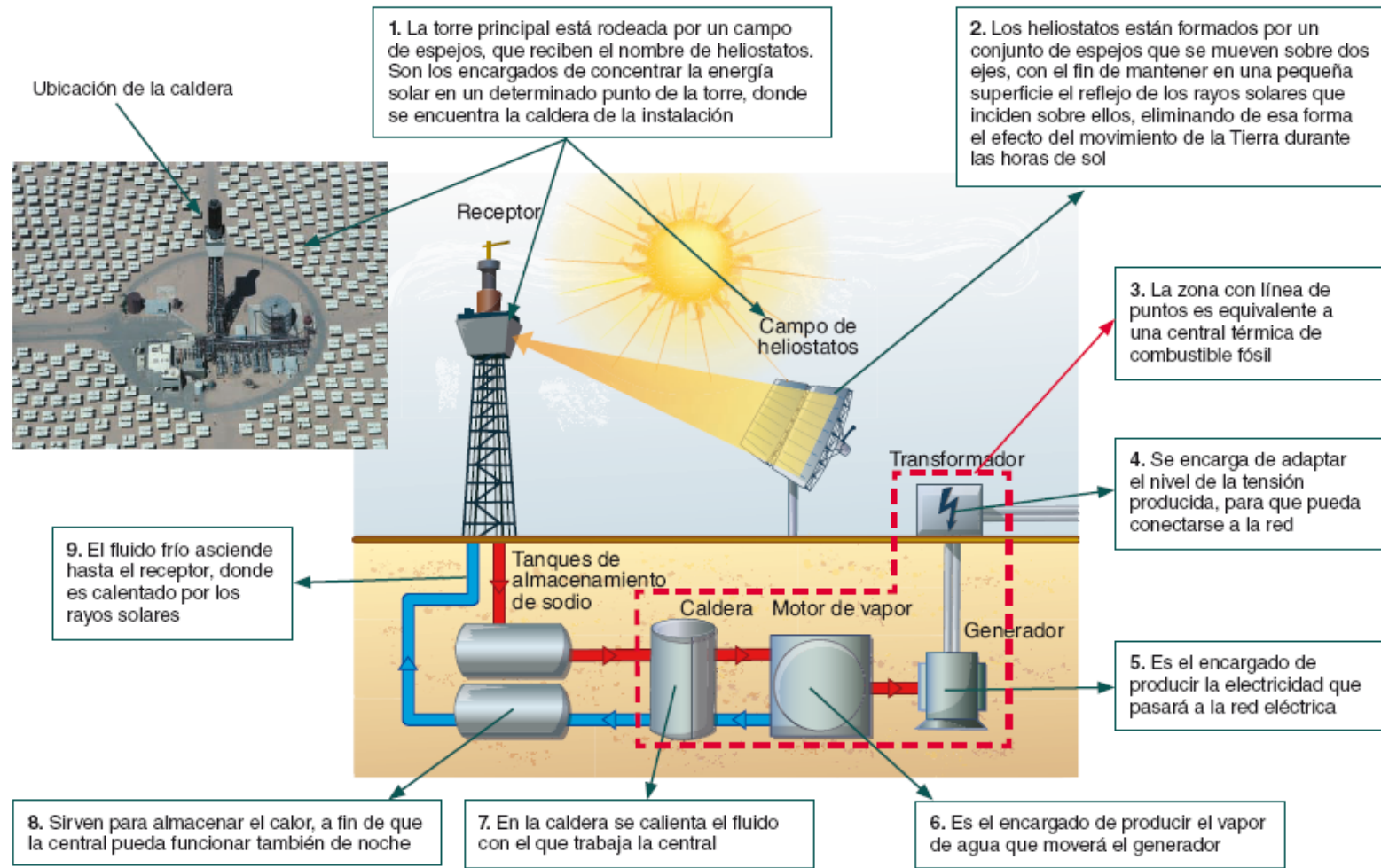
Solars tèrmica (300MVA) i fotovoltaica (1KVA-100MVA)

Energia Solar

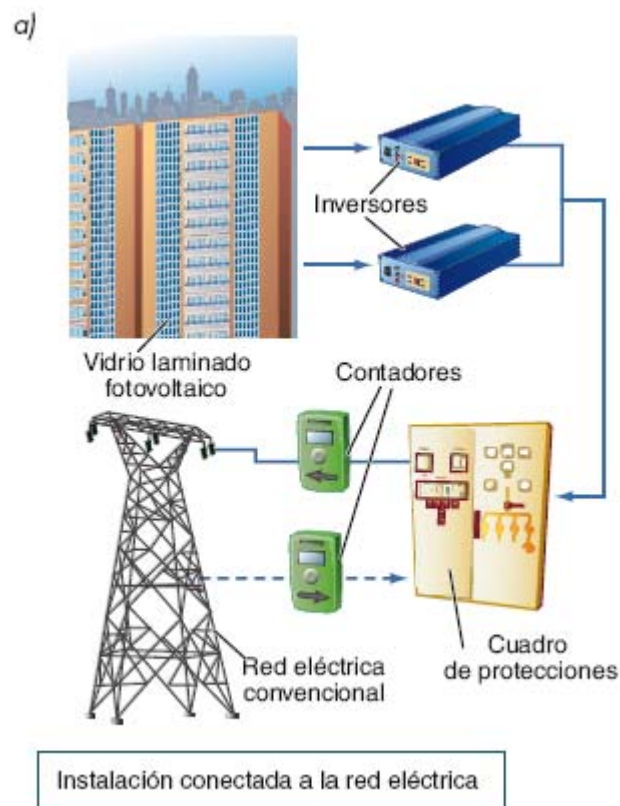
Mètodes indirectes: El sol escalfa un fluid (aigua, sals foses, sodi) i el converteix en vapor que mou una turbina que alhora mou un alternador. Cicle termodinàmic convencional com una central tèrmica de combustible fòssil.

Mètodes directes: La llum del sol és convertida directament en electricitat gràcies a les cèl·lules fotovoltaïques. Sistemes connectats a la xarxa i sistemes aïllats.

Energia Solar Tèrmica



Energia Solar Fotovoltaica



Energia Solar Fotovoltaica

Classificació

Autònomes: Aïllades de la xarxa elèctrica, per situacions on no arriba aquesta.

- Zones rurals (cases apartades de la xarxa elèctrica)
- Enllumenat públic (zones on no arriba el subministrament)
- Telecomunicacions (telefonía rural, repetidors)
- Senyalització (senyals de tràfic, panell solar+bateria)
- Bombeig d'aigua (reg o aigua potable)
- Telemetria (mesures transmeses a una central)

Connectades a la Xarxa: S'aprofita la xarxa elèctrica disponible per vendre-hi l'energia excedent o per propi consum.

- Centrals fotovoltaiques i horts solars (concentració d'un - nombre elevat de panells, el propietari sol ser una societat)
- Edificis (integrats els panells en l'edifici, ajudant a l'autoconsum)

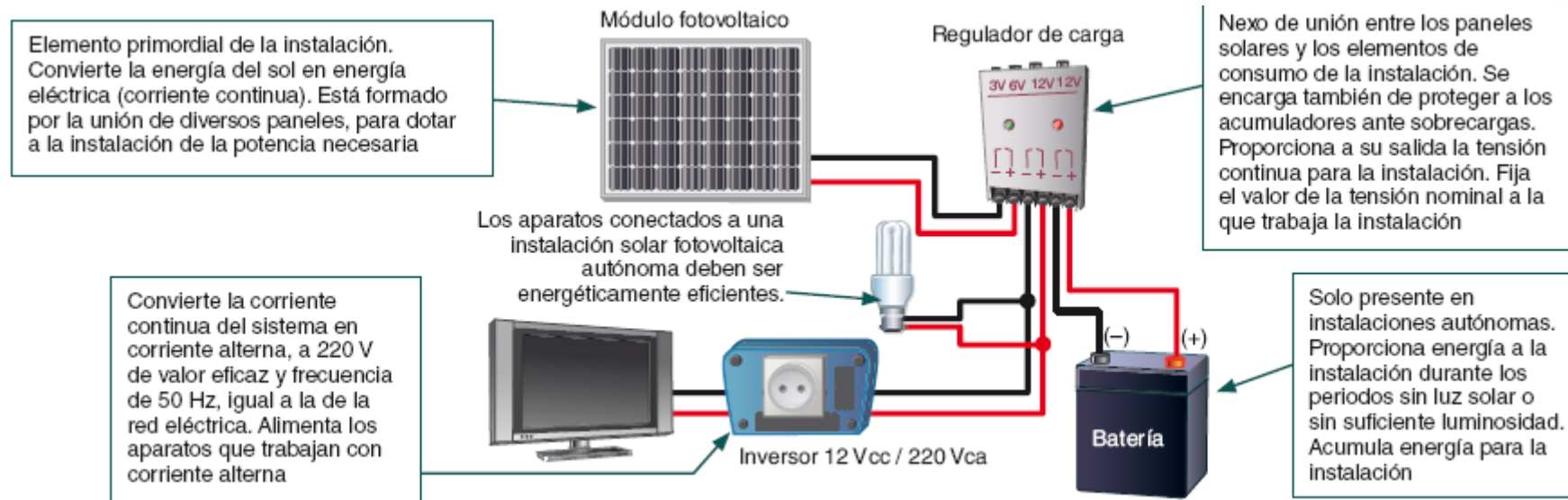
Energia Solar Fotovoltaica



Instal·lacions Solars Fotovoltaiques

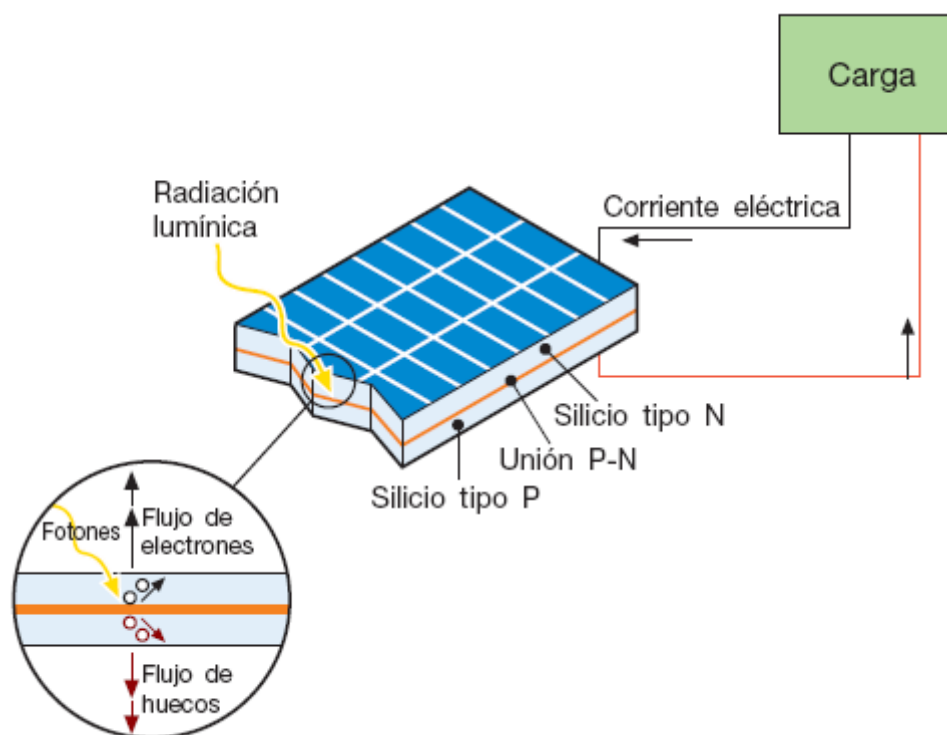
Components d'una ISF:

-Mòdul fotovoltaic, Regulador de càrrega, Bateria, Inversor, Proteccions, Cablejat...

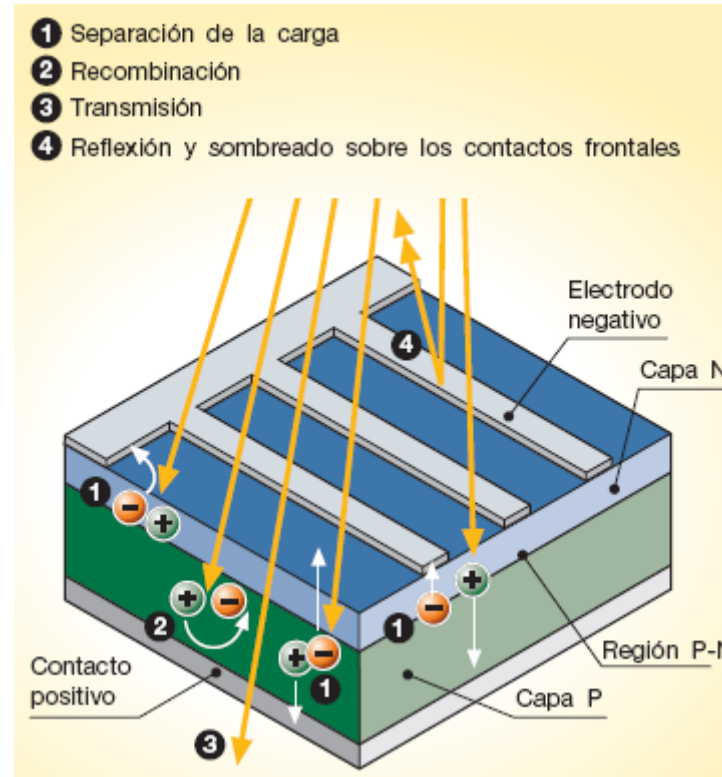


Cèl·lula.

Cèl·lula, Panell, Mòdul Solar: El component principal d'un generador FV és la cèl·lula fotovoltaica. Capa prima de material semiconductor, silici tractat, amb un gruix de 0,3mm i una superfície de 100 a 225cm²



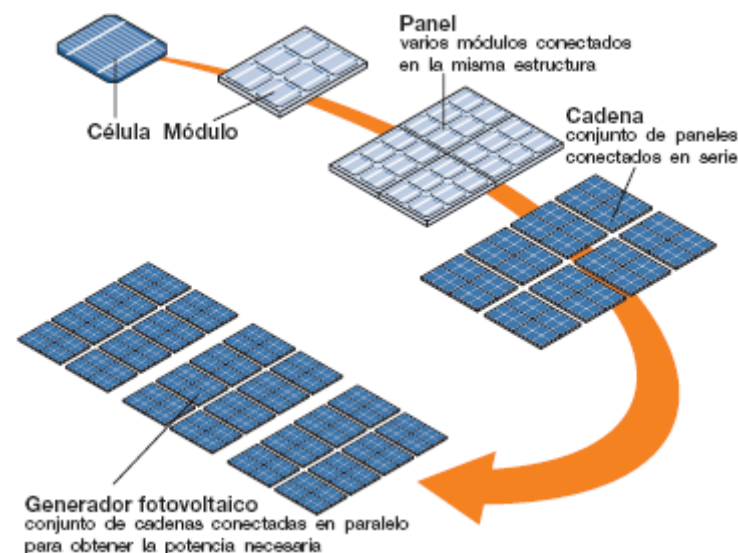
Cèl·lula.



Efecte fotovoltaic.

Un electró de la banda de valència d'un material semiconductor és alliberat a la banda de conducció en absorbir un fotó amb energia.

Cèl·lula.



Mòdul: Conjunt de cèl·lules, en fileres paral·leles connectades en sèrie, formant una àrea entre 0,5 i 1 m².

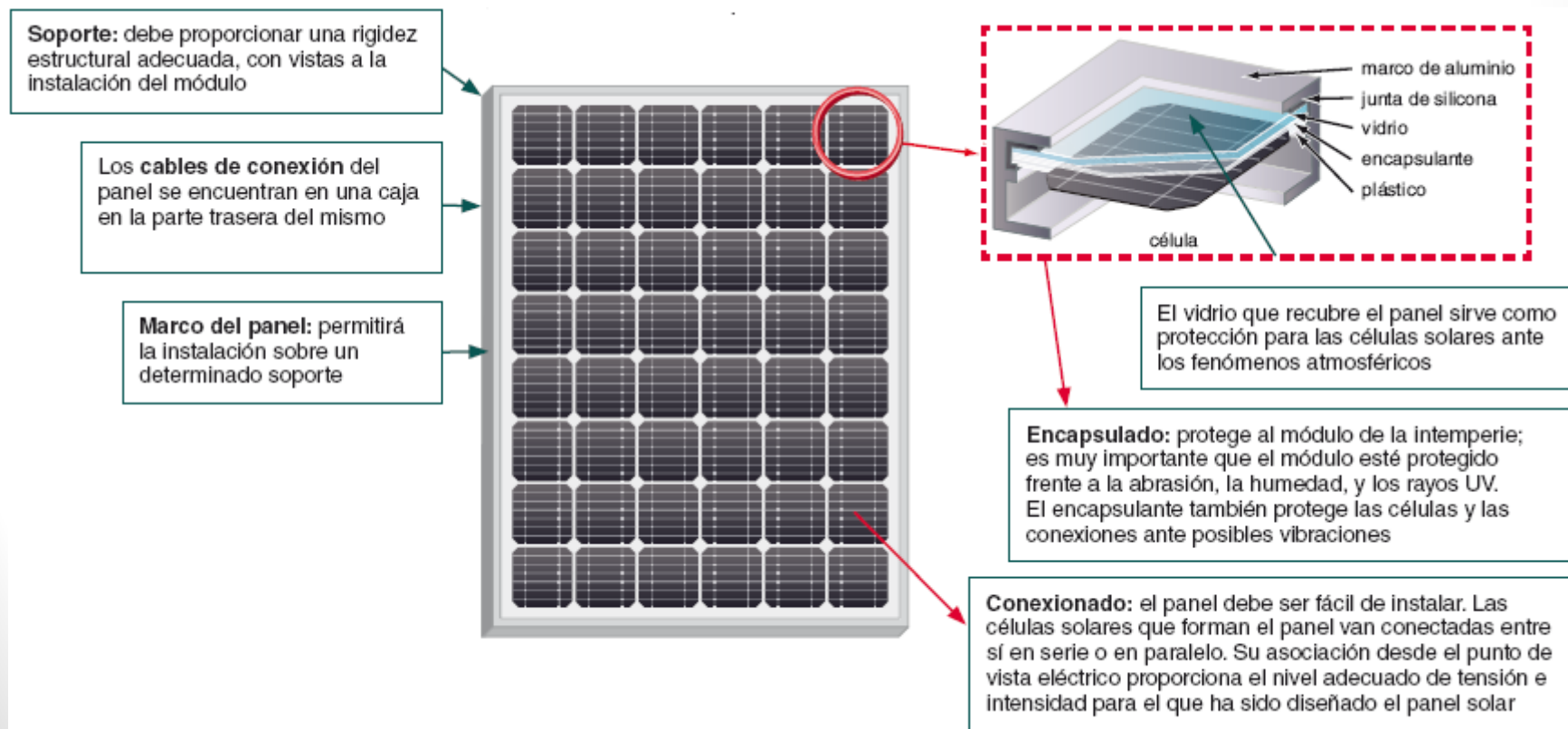
Panell: Varis mòduls connectats mecànicament i elèctricament, formant una estructura comuna.

Cadena: Panells connectats en sèrie.

Generador: Vàries cadenes en paral·lel per obtenir la Potència.

Mòdul.

Format per un conjunt de cèl·lules connectades elèctricament, encapsulades i muntades sobre una estructura de suport.
Sortida de tensió contínua de 6, 12, 24V.



Cèl·lula.

Tecnologia de fabricació: Silici cristal·lí i silici amorf.

Cèlulas	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocrystalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Potències.

Potència: La potència d'una cèl·lula (10x10cm) és de 1 o 2W, tensió de 0,5V i un corrent de 3A.

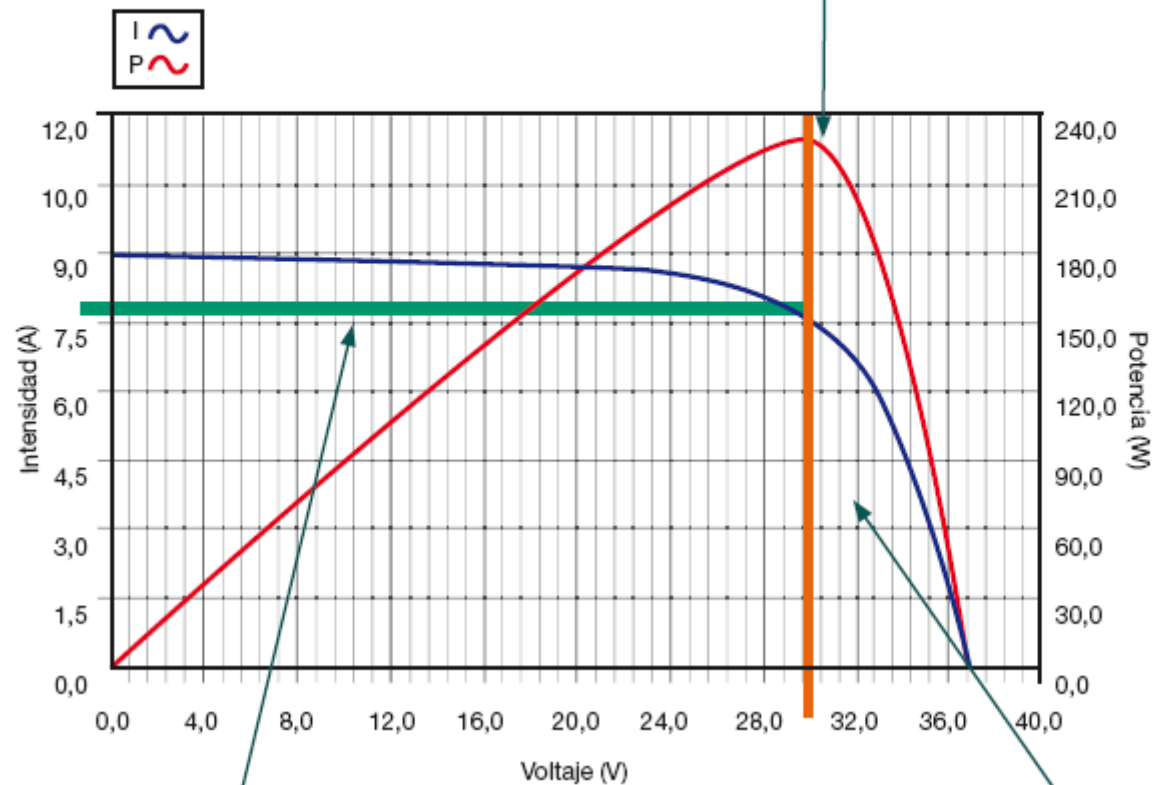
Els mòduls fotovoltaics tenen entre 36 i 96 cèl·lules connectades en sèrie i en paral·lel. En sèrie per augmentar la tensió i en paral·lel per augmentar la intensitat.

Els fabricants classifiquen els mòduls per la seva potència màxima o de pic, que pot donar el mòdul en condicions CEM treballant en el punt de màxima potència en la característica i-u del mòdul.

S'han de tenir en compte les toleràncies de fabricació, l'envelliment que redueix la potència al 90% en 10 anys i 80% la resta.

Corba de potències.

La **curva de potencia** (en rojo) se obtiene multiplicando los valores de tensión e intensidad dados por la gráfica I-V (en azul). Los valores de esta gráfica se leen en el eje de la derecha, que está calibrado en vatios (W). Así, si trazamos una línea desde el pico de la gráfica hasta e eje, vemos que obtenemos un valor aproximado de 240 W.



Característiques.

Tabla de características eléctricas

Cada columna corresponde a un modelo concreto de panel. En este caso están definidos por la potencia máxima que pueden suministrar

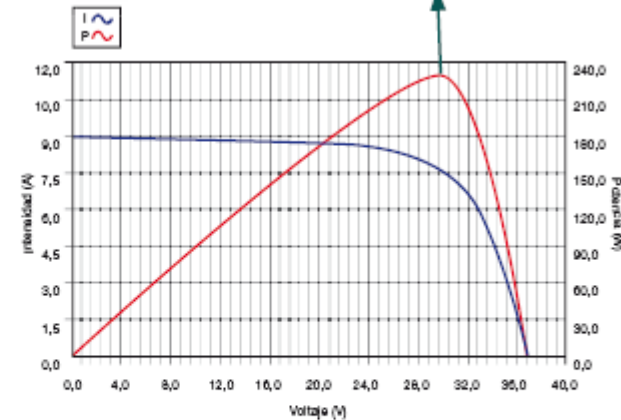
Datos eléctricos						
Potencia máxima ($\pm 3\%$)	P_{mpp}	221	224	227	230	233
Tens. punto de máx. potencia	V_{mpp}	28,33	28,65	28,76	29,1	29,1
Corriente punto máx. potencia	I_{mpp}	7,8	7,81	7,9	7,9	8,01
Tensión de circuito abierto	V_{oc}	36,56	36,73	36,81	36,7	36,8
Corriente en cortocircuito	I_{sc}	8,41	8,53	8,7	8,58	8,61
Datos referidos a condiciones estándar de ensayo (STC): radiación de 1000 W/m ² con espectro AM 1,5 y temperatura de célula 25° C.						
Coeficientes de temperatura						
Coeficiente de potencia	$T_k (P_{mpp})$	-0,44 %/°C				
Tensión en vacío	$T_k (V_{oc})$	-126 mV/°C				
Corriente en cortocircuito	$T_k (I_{sc})$	2,1 mA/°C				

Potencia máxima (P_{mpp}): es un valor de pico, es decir, es la máxima potencia que puede entregar el panel en un determinado momento. El panel funcionará correctamente en la instalación en la que va a ser colocado si este valor es superior al del consumo máximo (en vatios) para el que se ha diseñado el sistema fotovoltaico

Tensión en el punto de máxima potencia (V_{mpp}): es el valor en voltios de la tensión que proporcionará el panel cuando esté trabajando en el valor de potencia P_{mpp}

Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{mpp}): es el valor de la corriente proporcionada por el panel cuando se encuentra en el punto de máxima potencia

Intensidad de cortocircuito (I_{sc}): intensidad que circula por el panel cuando la salida está cortocircuitada



Tensión en circuito abierto (V_{∞}): tensión en los terminales de conexión cuando no hay ninguna carga conectada en el panel

Generador fotovoltaic.

Exemple: Un generador fotovoltaic té 12 mòduls: $P_{\max}=80\text{W}$, $U_{oc}=21,6\text{V}$, $I_{sc}=5\text{A}$, $U_{mpp}=17,3\text{V}$ $\alpha=1,46\text{mA}/^{\circ}\text{C}$, $\beta=-79\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Té dues branques de sis mòduls en sèrie cadascuna connectades en paral·lel.

Potència màx.: $6 \times 2 \times 80 = 960\text{W}$

Tensió de circuit obert: $6 \times 21,6 = 129,6\text{V}$

Intensitat de curtcircuit: $2 \times 5 = 10\text{A}$

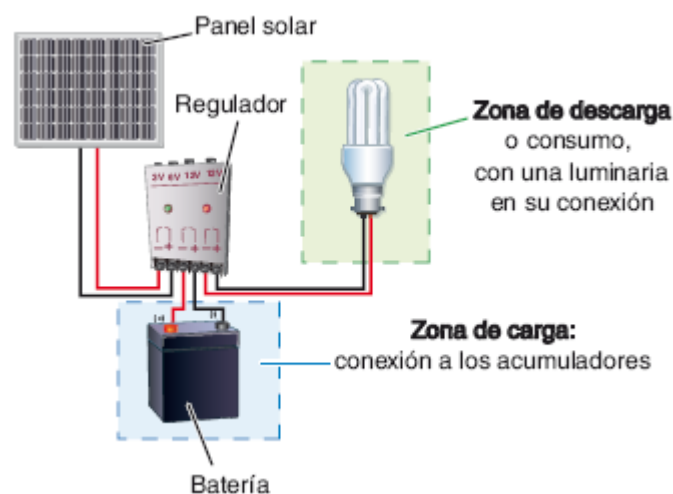
Tensió màx. U_{Gmpp} : $6 \times 17,3 = 103,8\text{V}$

Intensitat màx. del mòdul: $I_{mpp}=P_{\max}/U_{mpp}=80/17,3=4,6\text{A}$

Intensitat màx. del generador: $I_{Gmpp}=2 \times 4,6 = 9,2\text{A}$

Regulador.

Realitza el control del procés de càrrega i descàrrega de les bateries, protegint la seva vida útil evitant sobrecàrregues i sobredescàrregues , millorant el funcionament del conjunt.



Regulador. Funcions.

Funcions del regulador:

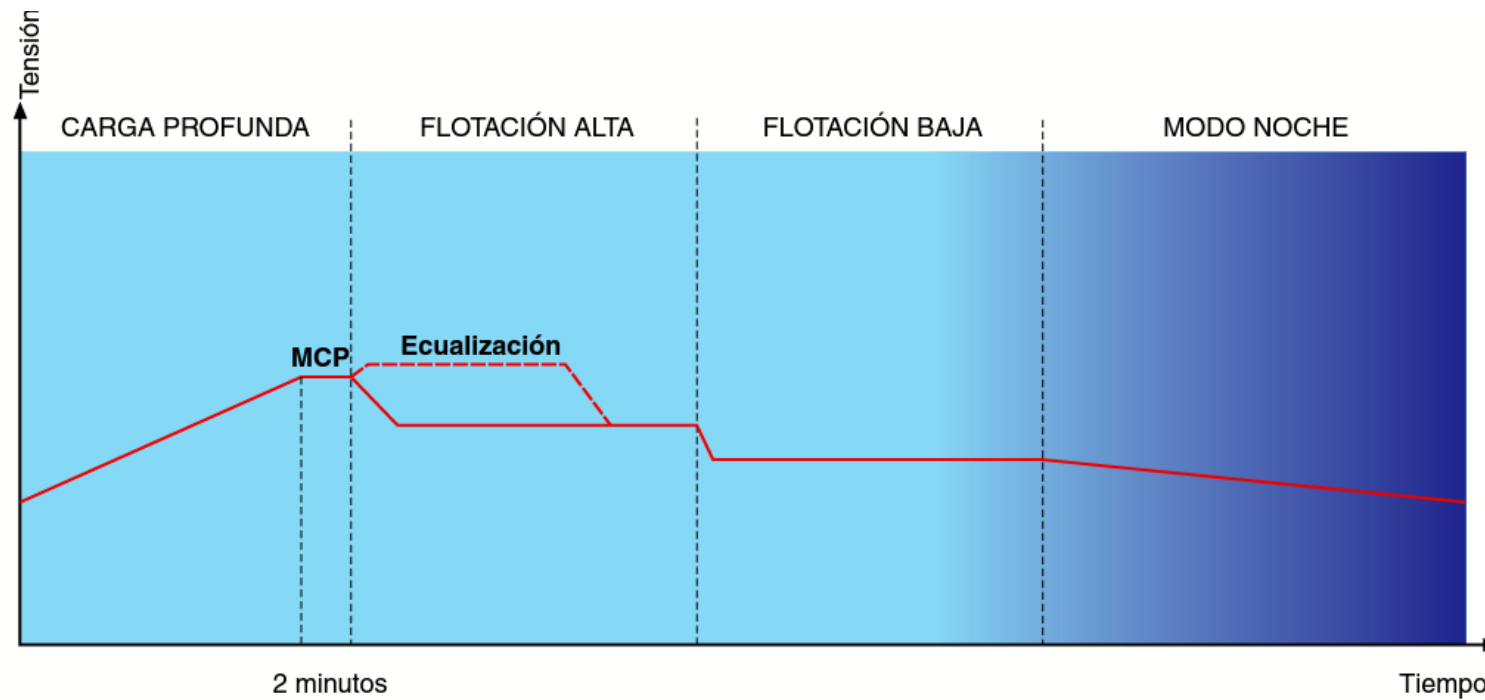
- Protegir les bateries de sobredescàrregues i sobrecàrregues.
- Evitar la descàrrega nocturna de la bateria sobre el generador fotovoltaic.
- Desconnectar la bateria del generador quan hi ha sobrecàrrega.
- Connectar la bateria al circuit d'utilització per la nit.
- Desconnectar el circuit d'utilització quan hi ha sobredescàrrega de la bateria.

Regulador. Funcions.

Altres funcions:

- Ajust de la càrrega segons tipus de bateria.
- Protecció contra inversió de la polaritat.
- Protecció contra curtcircuits.
- Protecció contra sobretensions a l'entrada del generador.
- Medició de la temperatura de la bateria.
- Alarmes òptiques i acústiques: Baixa tensió de la bateria, tensió alta de la bateria, excés de corrents, curtcircuits...

Regulador. Regulació de càrrega.



Regulador. Regulació de càrrega.

Regulació de la càrrega:

El regulador mitjançant microprocessadors controla el funcionament de la càrrega de les bateries. Les etapes són:

Càrrega Profunda: Permet l'entrada de corrent a les bateries fins carregar a un 95%.

Igualació: S'injecta corrent per aconseguir la càrrega max en tots els elements.

Flotació alta: Es manté la tensió de la bateria constant per fer l'última fase de càrrega.

Flotació baixa: S'injecta una petita corrent de manteniment per compensar l'autodescàrrega.

Mode nit: Desconnecta l'entrada dels mòduls fotovoltaics per evitar la circulació de corrent de la bateria cap els mòduls.

Regulador.

Análisis de la hoja de características de un regulador (Fabricante: Ecoesfera – Solener)

MODELO	DSS 30	DSD 30	DSD 50
Dimensiones	172 x 105 x 24 mm.	172 x 160 x 24 mm.	172 x 160 x 24 mm.
Peso	0,6 kg	0,7 kg.	0,7 kg.
Caja	Chapa de acero galvanizada	Chapa de acero galvanizada	Chapa de acero galvanizada
Pintura	Epoxi al horno	Epoxi al horno	Epoxi al horno
Grado de estanqueidad	IP 32	IP 32	IP 32
Tensión nominal	Bitensión selección automática 12-24 V	Bitensión selección automática 12-24 V	Bitensión selección automática 12-24 V
Intensidad máxima de generación	30 A	30 A	50 A
Intensidad máxima de consumo	30 A	30 A	30 A
Sobrecarga admisible	25%	25%	25%
Autoconsumo	< 30mA	< 30mA	< 30mA
Pérdida máxima generación/consumo	< 1,8W/2,4W	< 3,6W/3,6W	< 2,5W/1,2W
Capacidad de las clemas	40 A	40 A	60 A

Características del regulador modelo DSD 50

Algunas de las características físicas del modelo elegido y normas de seguridad que cumple (en este caso IP 32)

Tensión nominal: es la tensión de trabajo de la instalación, y se corresponde con la tensión nominal de las baterías. En el ejemplo se puede configurar para que trabaje a 12 o 24 voltios

Intensidad máxima en generación: será la recibida desde los módulos solares

Intensidad máxima de consumo: intensidad a proporcionar a la parte de la instalación donde se van a conectar los equipos del usuario

Pérdida máxima generación/consumo: es un valor relacionado con las caídas de tensión internas. Es importante porque puede llegar a modificar las tensiones de trabajo y produce pérdidas de energía

Sobrecarga: porcentaje sobre el valor nominal que aguanta el regulador sin romperse

Autoconsumo: cantidad de energía que necesita el regulador para su propio funcionamiento. En el ejemplo viene dado en valores de intensidad (< 30 mA). Hay que tener en cuenta que este valor se debe considerar a la hora de hacer el dimensionado de la instalación, para que funcione de manera correcta

Bateries.

És necessari tenir-les per emmagatzemar l'energia en aquells moments en que la radiació solar no sigui suficient per al circuits d'utilització.

Les bateries transformen l'energia química en elèctrica.

Són recarregades des de l'electricitat produïda pels panells solars, a través del regulador i entreguen la seva energia a la sortida de la instal·lació.

- Emmagatzemen energia.
- Proporcionen potència instantània elevada.
- Fixen la tensió de treball de la instal·lació.

Un dels principals paràmetres a tenir en compte és la capacitat.

Es defineix com la quantitat d'electricitat que pot donar-se en una descàrrega completa de la bateria partint d'un estat de càrrega total. Es mesura en Ampers hora Ah.

Bateries.

Cálculo del tiempo de descarga de una batería solar

En una instalación fotovoltaica, cuya tensión de trabajo es de 12 voltios, se está utilizando un acumulador cuya capacidad es de 200 Ah. Calcular el tiempo que tarda en descargarse cuando se conecta a la salida un aparato cuya potencia consumida es de 120 vatios.

Solución

Lo primero que tenemos que calcular es la intensidad que va a circular por la instalación cuando esté conectado el

aparato. Si aplicamos la fórmula del cálculo de la potencia para obtener la intensidad:

$$P = V I \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{120}{12} = 10 \text{ A}$$

Según la definición dada de capacidad, la corriente de descarga será, por tanto, de 10 amperios. Dado que $C = 200 \text{ Ah}$, el tiempo en horas que tardará en descargarse el acumulador será:


$$t = \frac{C}{I} = \frac{200}{10} = 20 \text{ horas}$$

Tipus de bateries.

Tipo de batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	N.º de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-ácido	2	8-16 horas	< 5 %	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1,2	1 hora	20 %	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (níquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	20 %	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ion (ión litio)	3,6	2-4 horas	6 %	Medio - bajo	110-160 Wh/kg	Alto

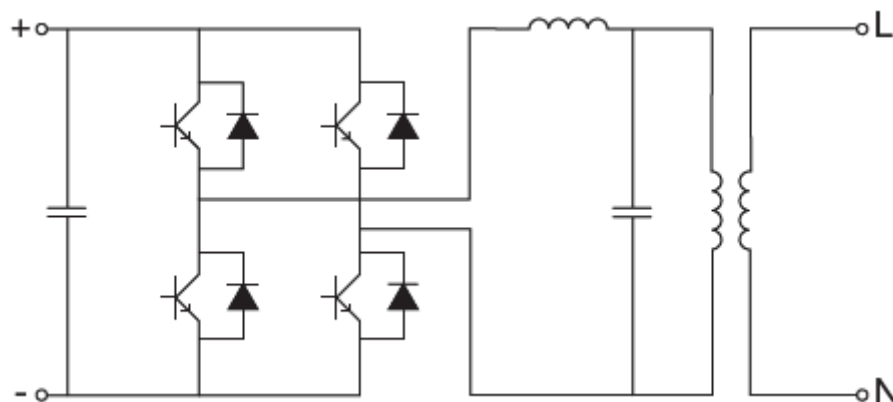
Tipus de bateries.

Diferents tipus de bateries de plom-àcid:

TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	ASPECTO
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclado profundo. • Tiempos de vida largos. • Reserva de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precio elevado. • Disponibilidad escasa en determinados lugares. 	
Arranque (SLI, automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> • Precio. • Disponibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes. • Tiempo de vida corto. • Escasa reserva de electrolito. 	
Solar	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación similar a SLI. • Amplia reserva de electrolito. • Buen funcionamiento en ciclos medios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de vida medios. • No recomendada para ciclos profundos y prolongados. 	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> • Escaso mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de V-I. 	

Inversor.

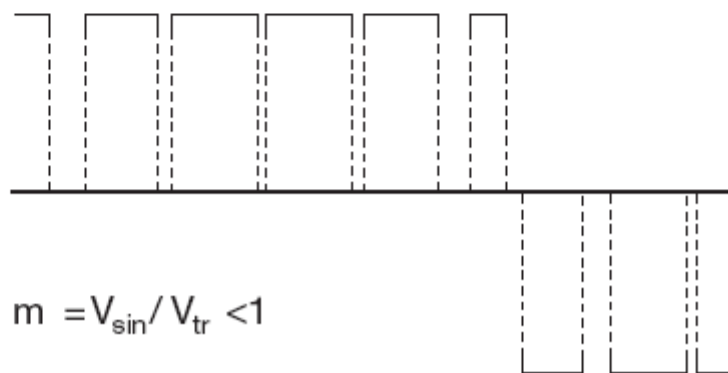
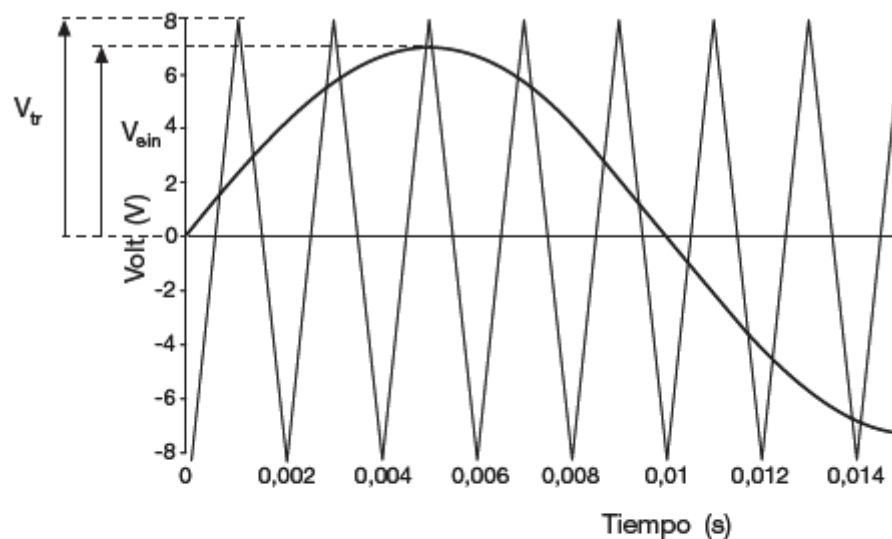
Transforma el corrent continu en alterna i controla la qualitat de l'energia mitjançant un filtre LC.



Mitjançant els transistors com a commutadors estàtics proporcionen en la seva manera més simple una ona quadrada.

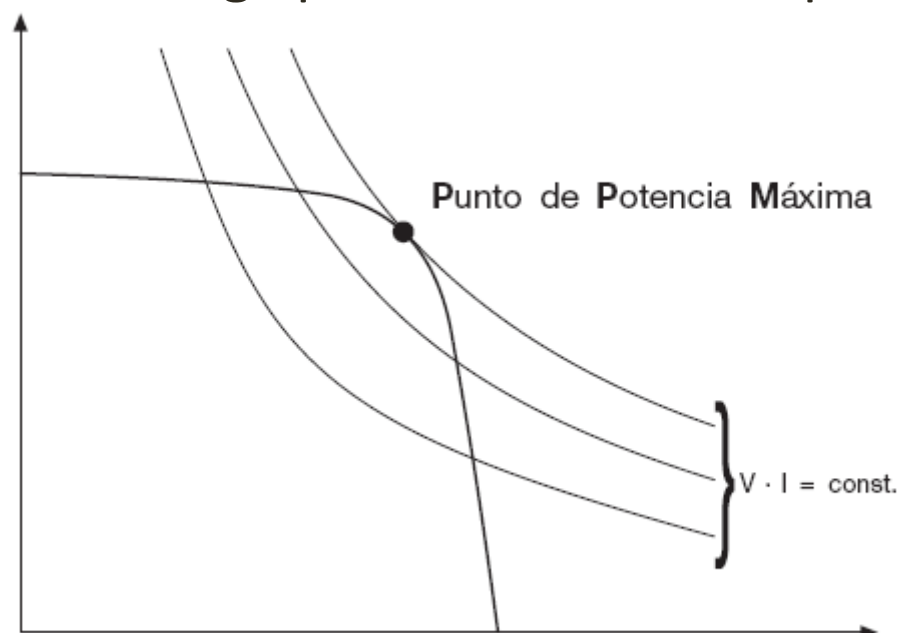
Inversor. Modulació.

Utilitzant la tècnica PWM, s'aconsegueix una ona més sinusoidal. Es pot regular la freqüència i el valor rms de la forma d'ona de sortida.



Inversor. Potència.

La potència subministrada per un generador FV depèn del punt de la instal·lació en el que treballa. El generador s'ha d'adaptar a la càrrega per funcionar en el punt de màx. Potència.



Chopper controlat anomenat seguidor del punt de màx potència MPPT. Calcula el valor instantani de la corba i-v del generador al qual es produeix la màx potència.

Inversor.

Disposen d'un Chopper controlat anomenat seguidor del punt de màx potència MPPT. Calcula el valor instantani de la corba i-v del generador al qual es produeix la màx potència.

Indueix a intervals regulars petites variacions de càrrega que provoquen desviacions en els valors voltatge-intensitat i avalua si el producte és més gran o no que l'anterior.

Els inversors per instal·lacions aïllades i per les connectades a la xarxa tenen necessitats diferents:

- Aïllades, els inversors han de proporcionar una tensió en CA el més constant possible dins de la variabilitat de la producció del generador i de la demanda de la càrrega.
- Connectades, han de produir el més igual possible la tensió de la xarxa i intentar optimitzar i maximitzar l'energia de sortida dels panells FV.

Inversor.

Model SI	612 624 648	812 824	1212 1224 1248	1624	2324 2348	3324	3548
Input voltage (Unom) [V]	12/24/48	12/24	12/24/48	24	24V/48	24	48
Nominal power [W]	600	800	1200	1600	2300	3300	3500
« Standby » current [mA]	25/21/10	25/21	25/21/12	21	25/17	25	30
Power « ON » no load [W]	2.6	2.8	4.8	5.8	9	13	17
Power « ON » no load [W] TWINPOWER system	-----	-----	< 0.5	< 0.5	< 0.6	< 0.7	< 0.8
Maximum efficiency [%]	91	92	93 - 95	93 - 95	95	95	95
Length L x 124 (H) x 215 (W) [mm]	276	276	391	391	591	636	791
Weight [kg]	6.9	10.4	13.2	15.2	27	30	38

Tensión de entrada:
debe coincidir con la
tensión nominal de
las baterías

Potencia nominal:
es la potencia
que es capaz de
entregar el inversor a
la instalación. Siempre
será mayor que la que
hayamos calculado
como consumo de
los equipos que van a
funcionar en alterna

**Corriente
en reposo**

Rendimiento máximo: importante, porque nos indicará la potencia real entregada por el conversor, que siempre es menor que la potencia nominal del mismo. Es un factor a tener en cuenta cuando hagamos el dimensionado de la instalación

Potencia en vacío, cuando no hay carga conectada

Las características de la salida del inversor están referidas a la corriente alterna.

Algunos de los valores más importantes que el fabricante nos indicará son:

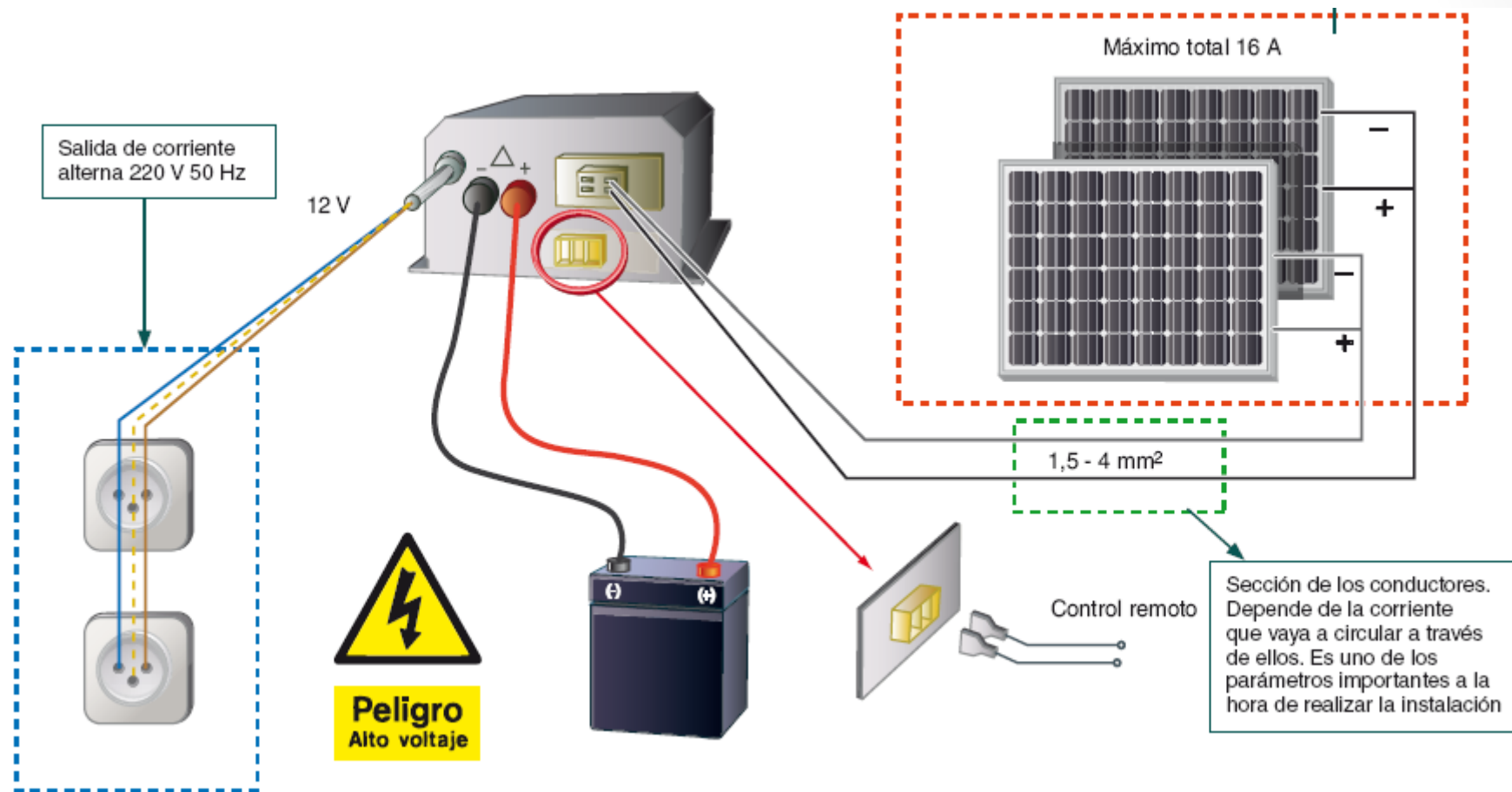
Output voltage	True sine 230 Vac $\pm 3\%$
Distortion	< 2% (at Pnom)
Dynamic behaviour	From 0% to 100% load change. Normalization: 0.5 ms
Frequency	50 Hz $\pm 0.01\%$ (Crystal control)

Forma de la onda: en este caso se trata de una onda senoidal de 230 V de valor eficaz, y que puede tener una variación del 3 %

Distorsión: indica la posible degradación de la onda. Es menor de un 2 % trabajando a la potencia nominal

Frecuencia de la señal: debe coincidir con la de la red eléctrica y ser muy estable (en este ejemplo solamente tiene variaciones de un 0,01 %)

Inversor



Inversor. Prestacions.

Prestacions d'un Inversor:

- Potència: de 50W, 400W fins a kW.
- Fases: monofàsics per $P < 5\text{kW}$, $> 15\text{kW}$ són trifàsics.
- Rendiment energètic: 90%. Més alt si s'està pròxim a la seva potència nominal. La potència de pic del mòdul FV ha de ser superior a la potència nominal de l'inversor.
- Evitar la possibilitat de funcionament quan el subministrament elèctric falli o la tensió hagi baixat massa. Interruptor automàtic per desconectar o rearmar el sistema.
- Limitador de la tensió i de la freqüència màx i min.
- Protecció contra sobrecàrregues, curtcircuits, contactes directes.
- Baixa emissió i immune als harmònics.