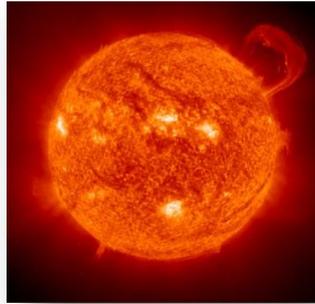


# Instalaciones solares fotovoltaicas



**MUI en Ingeniería y Arquitectura.**

*Esta presentación es una adaptación de una ponencia impartida en el “Máster en Recursos Renovables e Ingeniería Energética” de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Uex.*

*Se ha adaptado y se presenta como trabajo en la asignatura Tecnología de la comunicación y la documentación científica del MUI de Ingeniería y Arquitectura en el curso 2012/2013.*

# 1.- Energías renovables.

Consideramos fuentes de energía renovable a los recursos energéticos que son producidos de forma continua en la naturaleza y que son inagotables por la acción del ser humano.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable y por tanto, inagotable, limpia y se puede aprovechar en el mismo lugar en el que se produce.

Pensando en el futuro con el agotamiento de las energías de origen fósil, en la gran dependencia de los países occidentales de estas, en el progresivo incremento de su coste y los problemas derivados de su explotación, transporte y consumo vemos que la energía renovable es una pieza clave en el futuro.

*La gran ironía del uso de la energía en la actualidad es que las mismas fuentes de energía que se utilizaban hace cientos de años, son en la actualidad las destinadas a solucionar gran parte de los problemas energéticos de la humanidad. Estamos hablando de las energías renovables.*

# Tipos de energía renovables más utilizados actualmente.

## Energías renovables

- |               |                                      |
|---------------|--------------------------------------|
| 1) Solar      | 4) Biomasa                           |
| 2) Hidráulica | 5) Mareomotriz y energía de las olas |
| 3) Eólica     | 6) Geotérmica                        |



# Tipos de energía renovables más utilizados actualmente.

eólica

solar

- Térmica
- fotovoltaica

biomasa

hidráulica

geotérmica

hidrógeno

las energías  
procedentes  
del mar

# El sol, origen de las energías renovables.

El calor que proviene del sol provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica.

La energía hidráulica se genera gracias al ciclo del agua, en la evaporación el agua gana energía potencial.

A partir de la fotosíntesis, las plantas acumulan energía que recogen del sol, es la biomasa.

La energía solar se aprovecha directamente, ya sea mediante el uso de sistemas de:

**Energía solar  
térmica**

**Energía solar  
fotovoltaica**

***Dato:***

El impacto medioambiental en la generación de electricidad de las energías convencionales es 31 veces superior al de las energías renovables.  
*(Fuente: Bureau Veritas).*

## Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad

(Emisiones de contaminantes para todo el ciclo de combustible. En toneladas por GWh producido)

FUENTE	CO <sub>2</sub>	NOX	SO <sub>2</sub>	PARTICULAS SOLIDAS EN SUSPENSION	CO	HIDRO-CARBUROS	RESIDUOS NUCLEARES	TOTAL
<b>Carbón</b>	1058,2	2,986	2,971	1,626	0,267	0,102	-	1066,1
<b>Gas Natural**</b>	824,0	0,251	0,336	1,176	TR*	TR	-	825,8
<b>Nuclear</b>	8,6	0,034	0,029	0,003	0,018	0,001	3,641	12,3
<b>Fotovoltaica</b>	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	-	5,9
<b>Biomasa</b>	0,0	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	-	13,4
<b>Geotérmica</b>	56,8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56,8
<b>Eólica</b>	7,4	TR	TR	TR	TR	TR	-	7,4
<b>Solar Térmica</b>	3,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3,6
<b>Hidráulica</b>	6,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6,6

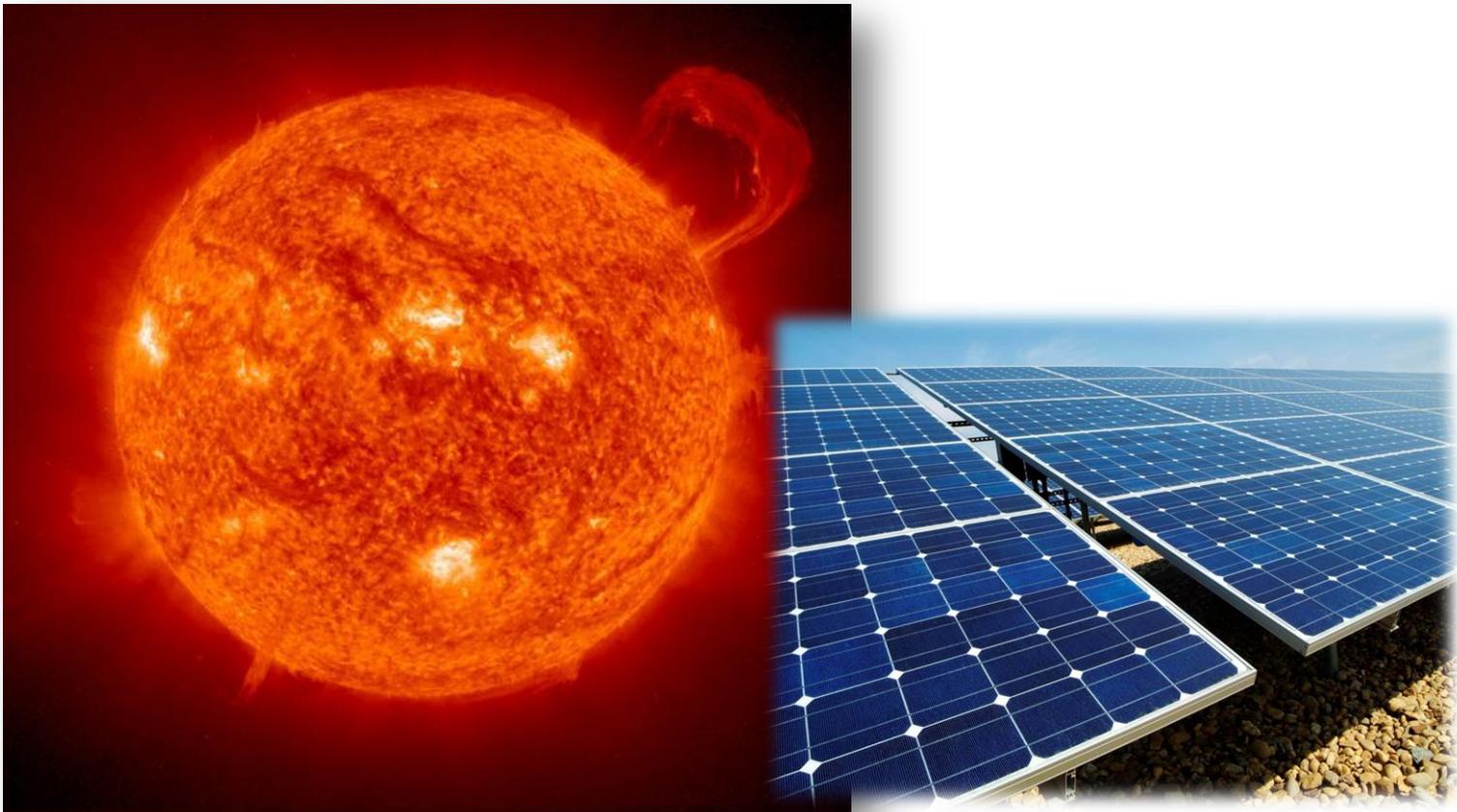
(\*) Trazas. (\*\*) Gas natural en ciclo combinado  
La emisión de la biomasa presupone la regeneración anual de la cantidad consumida, lo que raras veces sucede.

Fuente: US Department of Energy, Council for Renewable Energy Education y Worldwatch Institute.

## 2.- Energía solar fotovoltaica.

# Energía solar.

La energía solar es la energía producida por el sol y que es convertida en energía útil por el ser humano, ya sea para calentar algo o producir electricidad (como sus principales aplicaciones).



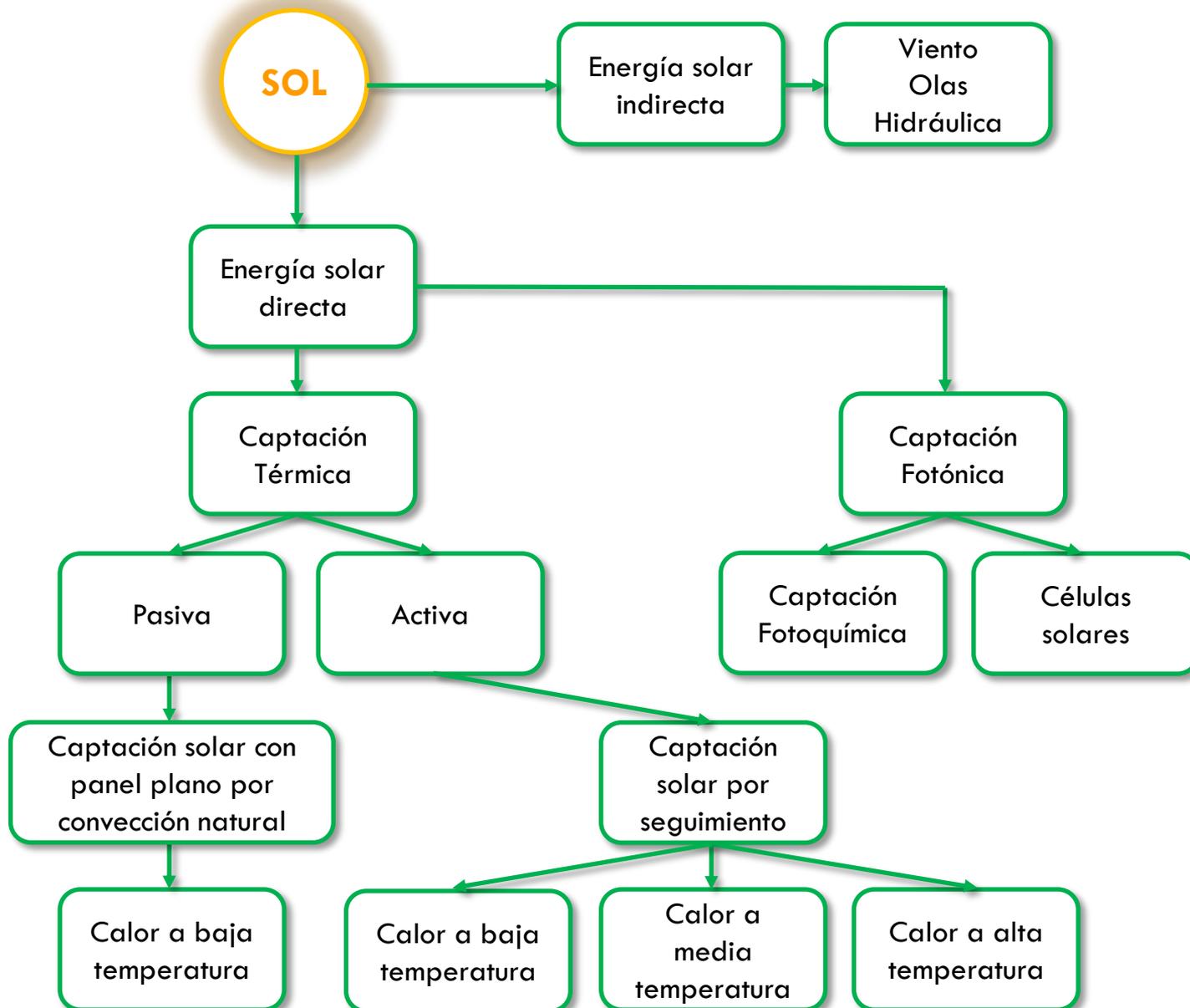
Las formas de obtener energía del Sol son las siguientes:

***Térmica:***

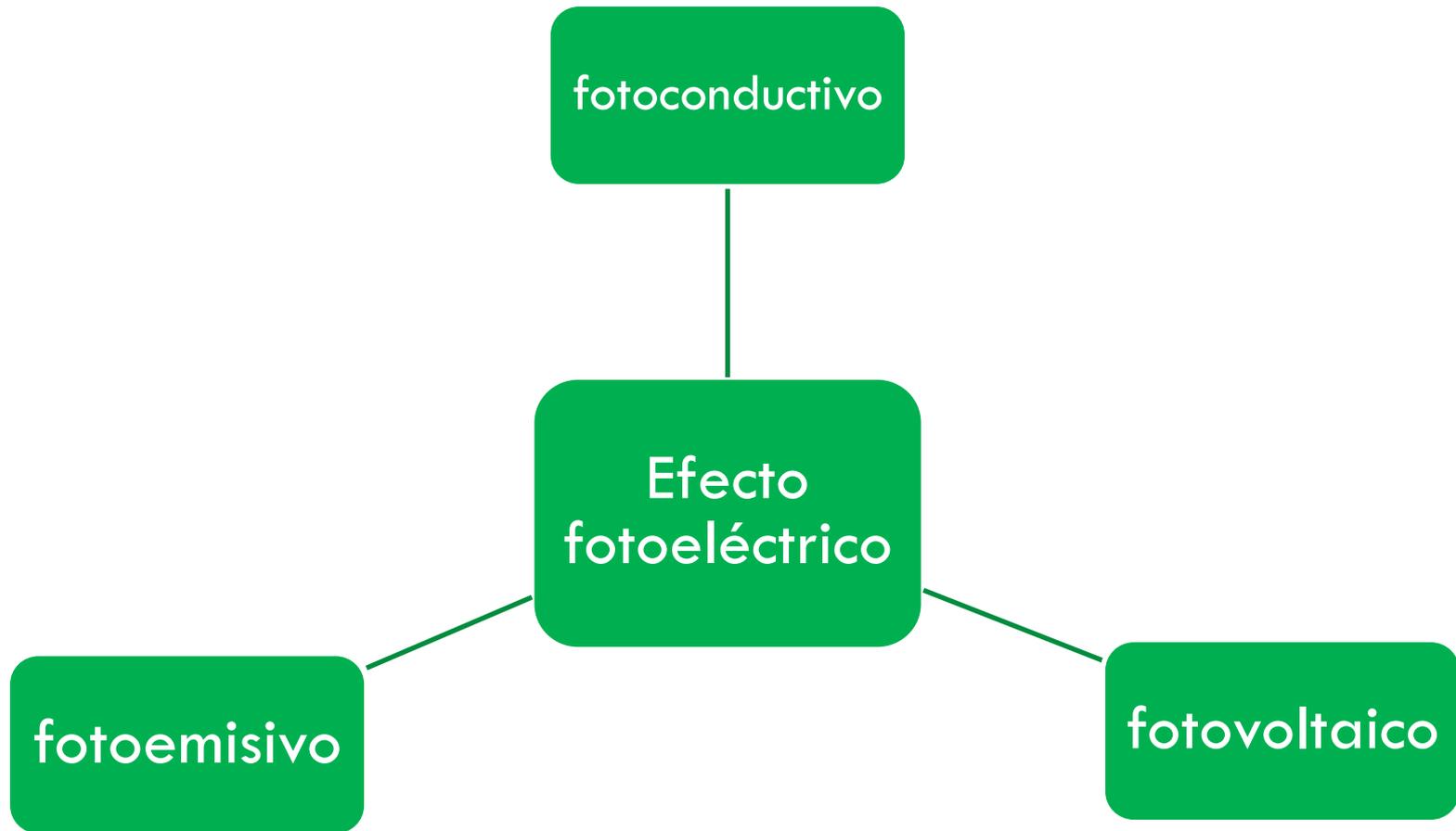
***Termoeléctrica:***

***Fotoquímica:***

***Fotovoltaica:***



# El efecto fotovoltaico.



# Consideraciones generales de la energía solar fotovoltaica

- **Renovable**
- **Sostenible**
- **Dispersa**
- **Densidad energética**
  - Potencia: 0 - 1000 W/m<sup>2</sup>;      - Energía diaria: 3 - 7 kWh/m<sup>2</sup>·día
- **Aleatoria.** (Mapa Climático Extremadura).
- **Tipo de instalaciones fotovoltaicas:**
  - Red: Negocio/Imagen ;      - Aisladas: Satisfacer una necesidad
- **Estructura y costes instalaciones solares fotovoltaicas:**
  - “Alta inversión y bajo coste de operación y mantenimiento”
  - Aisladas con baterías: 1250 €/m<sup>2</sup> (12 €/Wp)
  - Aisladas sin baterías: 910-1200 €/m<sup>2</sup> (7-9 €/Wp)
  - Conectadas a la red: 525-780 €/m<sup>2</sup> (4,5-6 €/Wp)

La potencia pico es el parámetro que utiliza la normativa para determinar la potencia mínima de la instalación. Según el CTE la potencia pico de un generador fotovoltaico es:

La potencia máxima que puede entregar un módulo fotovoltaico en las condiciones estándares de medida, que son:

Irradiancia: 1000 W/m

Incidencia: normal al módulo.

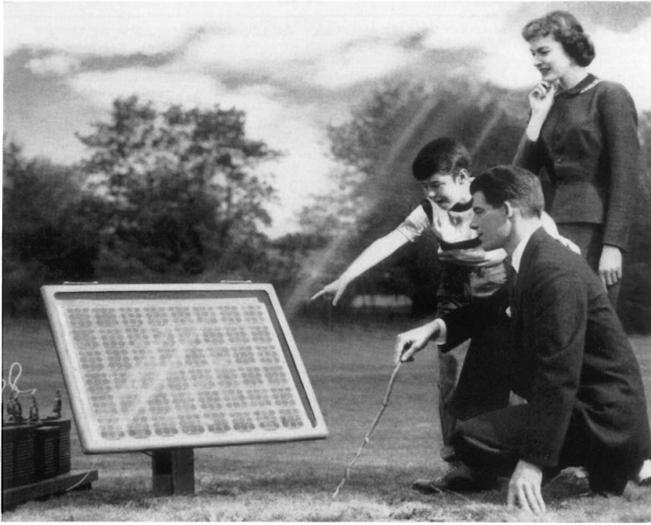
Temperatura de la célula: 25° C

Distribución espectral: AM 1.5 G

***Dato:***

Durante un año el sol arroja sobre la tierra  
4000 veces mas energía de la que el ser  
humano va a consumir en el mismo periodo.  
*(Fuente: Bureau Veritas).*

# La energía solar fotovoltaica esta presente en el mercado desde los años 50.



**Something New Under the Sun.** It's the Bell Solar Battery, made of thin discs of specially treated silicon, an ingredient of common sand. It converts the sun's rays directly into usable amounts of electricity. Simple and trouble-free. (The storage batteries beside the solar battery store up its electricity for night use.)

## Bell System Solar Battery Converts Sun's Rays into Electricity!

*Bell Telephone Laboratories invention has great possibilities for telephone service and for all mankind*

Ever since Archimedes, men have been searching for the secret of the sun.

For it is known that the same kindly rays that help the flowers and the grains and the fruits to grow also send us almost limitless power. It is nearly as much every three days as in all known reserves of coal, oil and uranium.

If this energy could be put to use — there would be enough to turn every wheel and light every lamp that mankind would ever need.

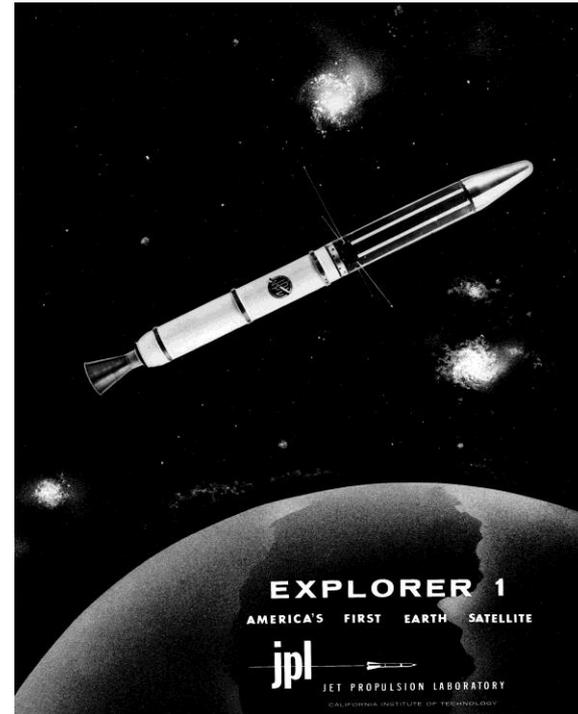
The dream of ages has been brought closer by the Bell System Solar Battery. It was invented at the Bell Telephone Laboratories after

long research and first announced in 1954. Since then its efficiency has been doubled and its usefulness extended.

There's still much to be done before the battery's possibilities in telephony and for other uses are fully developed. But a good and pioneering start has been made.

The progress so far is like the opening of a door through which we can glimpse exciting new things for the future. Great benefits for telephone users and for all mankind may come from this forward step in putting the energy of the sun to practical use.

BELL TELEPHONE SYSTEM



# La energía solar fotovoltaica esta presente en el mercado desde los años 50.



**SIMPLE AND EFFICIENT**—The *Bell Solar Battery* is made of thin, specially treated strips of silicon, an ingredient of common sand. It needs no fuel other than the light from the sun itself. Since it has no moving parts and nothing is consumed or destroyed, the *Bell Solar Battery* should theoretically last indefinitely.

## New Bell Solar Battery Converts Sun's Rays Into Electricity

### Bell Telephone Laboratories demonstrate new device for using power from the sun

Scientists have long reached for the secret of the sun. For they have known that it sends us nearly as much energy daily as is contained in all known reserves of coal, oil and uranium.

If this energy could be put to use there would be enough to turn every wheel and light every lamp that mankind would ever need.

Now the dream of the ages is closer to realization. For out of the Bell Telephone Laboratories has come the *Bell Solar Battery*—a device to convert energy from the sun directly and efficiently into usable amounts of electricity.

Though much development remains to be done, this new battery gives a glimpse of future progress in many fields. Its use with transistors (also invented at Bell Laboratories) offers many opportunities for improvements and economies in telephone service.

A small *Bell Solar Battery* has shown that it can send voices over telephone wires and operate low-power radio transmitters. Made to cover a square yard, it can deliver enough power from the sun to light an ordinary reading lamp.

Great benefits for telephone users and for all mankind will come from this forward step in harnessing the limitless power of the sun.

BELL TELEPHONE SYSTEM



**Where voices are powered by the sun**

A linesman assembles solar battery on pole near American, Co. The battery supplies power directly to the line by day and also charges a storage battery for night-time use. The solar battery contains 400 specially prepared silicon cells, each 1 1/2 in. x 1 1/2 in. and covered by glass.

A new kind of telephone system developed by Bell Telephone Laboratories for rural areas is being operated experimentally by electric current derived from sunlight. Electric current is generated as sunlight falls on the Bell Solar Battery, which a linesman is seen adjusting in position.

The exciting achievement is made possible by two Laboratories inventions—the solar battery and the transistor. The new system uses transistors to the complete exclusion of electron tubes.

Transistors require little power and this power can be easily supplied by the solar battery.

Compact and economical, the transistorized system can carry several voices simultaneously without interference. It has proved its ruggedness by standing up to heat, cold, rain and lightning. It promises more and improved telephone service for rural areas and it typifies the Laboratories' continuing efforts to make American telephony still better each year.

In smaller and more rugged transistors, transistors are used as oscillators, amplifiers and modulators, and for switching.

One of the transistors (with all wire) used in the new system. New ideas, new tools, new equipment and new methods lead to the demand for this project.

**BELL TELEPHONE LABORATORIES**

IMPROVING AMERICA'S TELEPHONE SERVICE PROVIDES CAREERS FOR CREATIVE MEN IN SCIENTIFIC AND TECHNICAL FIELDS

15

# ¿Cómo funcionan las células fotovoltaicas?

Una corriente eléctrica es un flujo de electrones que se produce al establecerse una diferencia de potencial eléctrico.

En función de la facilidad que muestran los materiales a permitir el paso de una corriente eléctrica los clasificamos en:



Conductores

Aislantes

Semiconductores

Los semiconductores, no son ni conductores ni aislantes, en ellos las cargas en las bandas de energía de conducción y de valencia, se encuentran separadas por una banda de energía denominada prohibida, porque en ella no hay ninguna carga eléctrica que tenga la energía correspondiente.

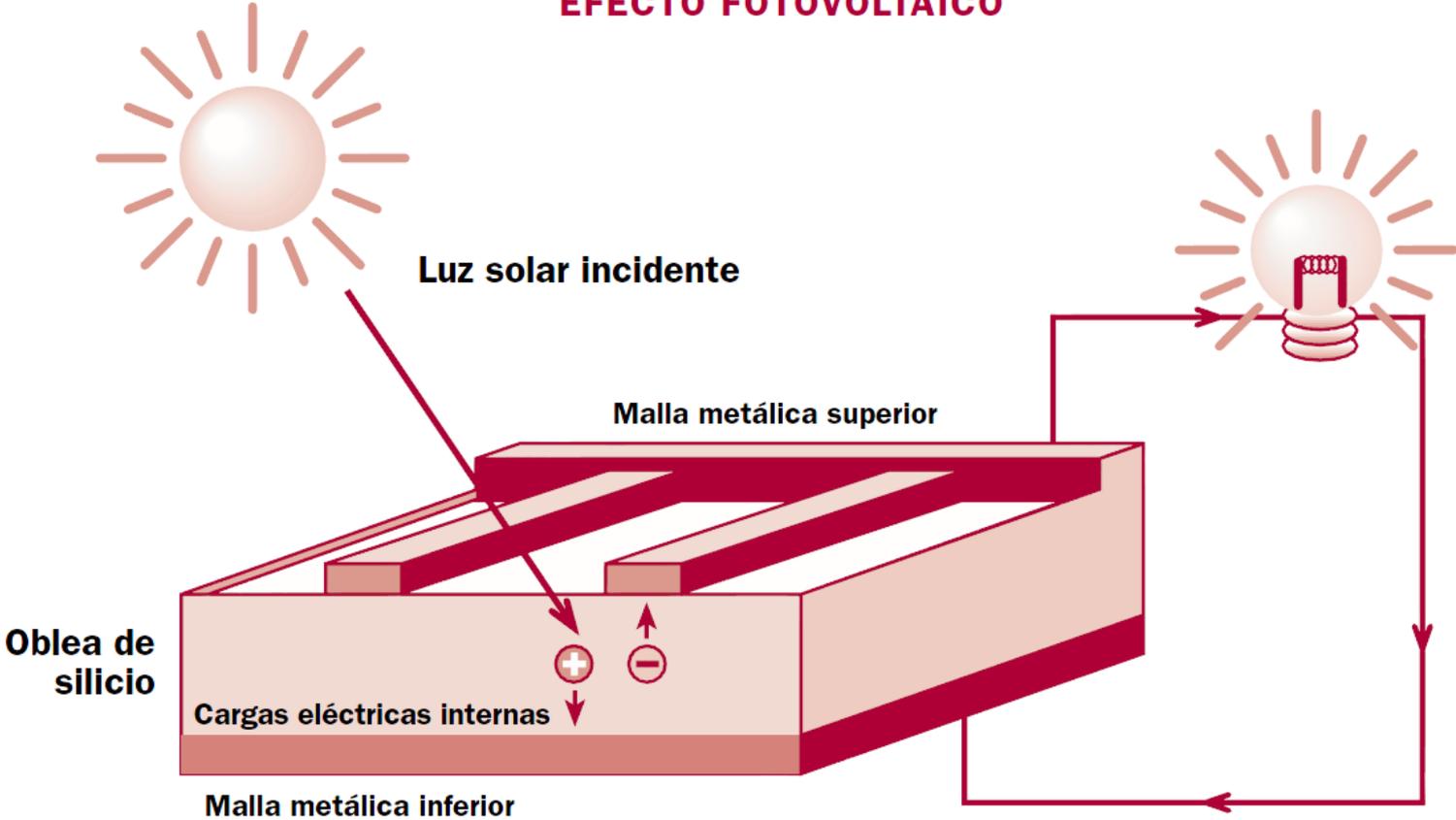
Una célula fotovoltaica sólo puede generar electricidad cuando se cumplen tres condiciones:

1. Se ha de poder modificar el número de cargas positivas y negativas
2. Se han de poder crear cargas que permitan la aparición de una corriente
3. Es preciso que se establezca una diferencia de potencial o campo eléctrico

1. La primera condición se alcanza cuando se añaden a un semiconductor puro unas pequeñas dosis de átomos “contaminantes”, denominados también dopantes, que son capaces de ceder o aceptar electrones.
2. Para alcanzar la segunda, es preciso exponer la célula fotovoltaica a una radiación luminosa para aprovechar la energía de los fotones (o partículas de luz). Si la energía es la adecuada, el fotón cede energía a un electrón de la banda de valencia y lo hace pasar a la banda de conducción, saltando la banda prohibida. En este proceso aparece, a su vez, en la banda de valencia lo que se denomina un agujero (de carga positiva) debido a la ausencia de un electrón que ha ido a parar a la banda de conducción. Con la creación de estas cargas se puede establecer una corriente eléctrica al cerrar el circuito.

3. Finalmente, y ésta es la tercera condición, se puede obtener una diferencia de potencial uniendo dos semiconductores que contienen una densidad de cargas positivas o negativas diferente. La existencia de estas cargas positivas y negativas origina de una manera natural un campo eléctrico (o una diferencia de potencial) entre las dos regiones de la unión. Un dispositivo constituido por esta unión recibe el nombre de célula solar (o célula fotovoltaica). Cuando la célula recibe los fotones de una radiación luminosa, las cargas negativas y positivas creadas se separan a causa del campo eléctrico y, si entonces se cierra un circuito entre los dos materiales que forman la unión, aparece una corriente eléctrica.

# EFEECTO FOTOVOLTAICO



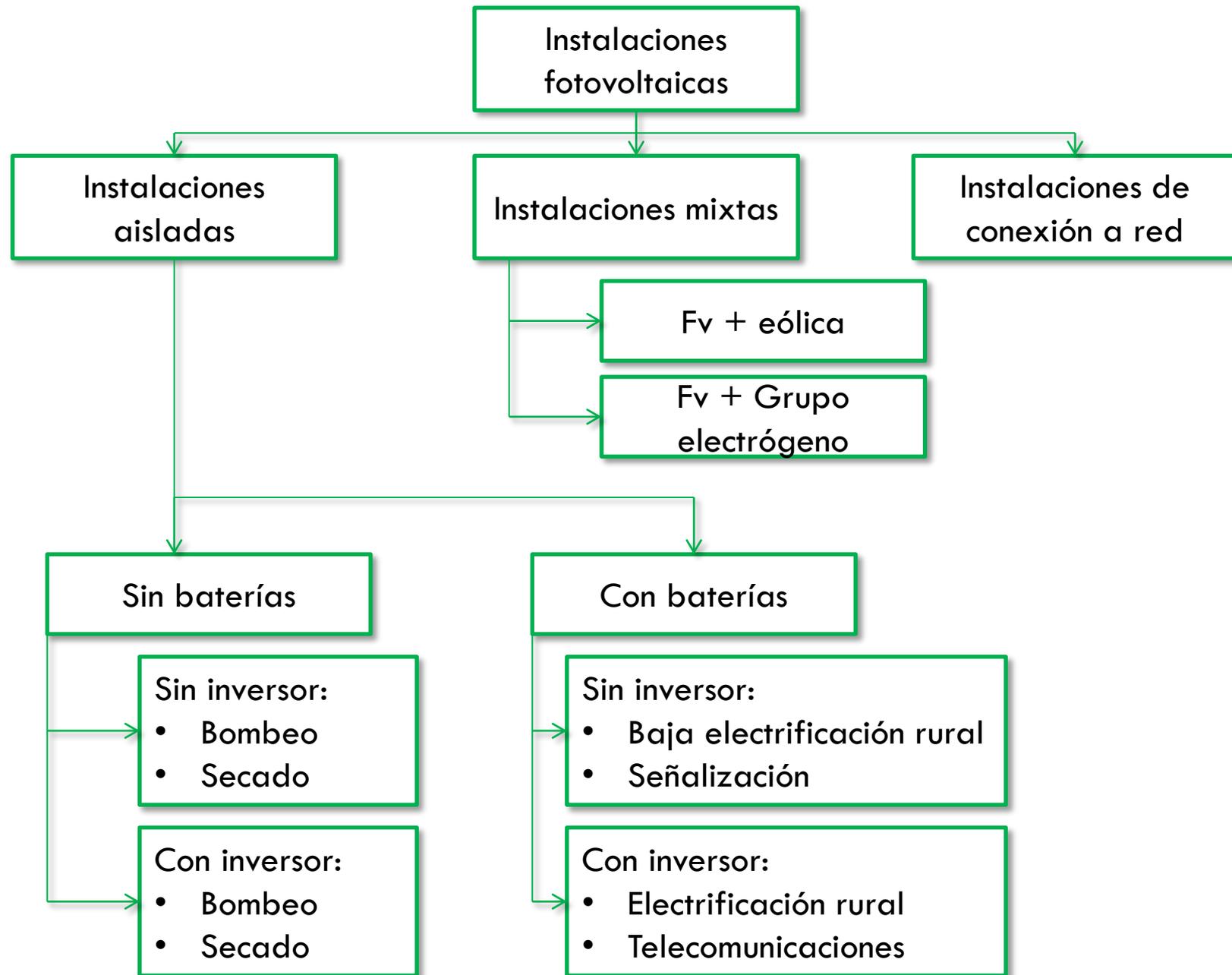
### 3.- Aplicaciones de la energía solar fotovoltaicas.

# Usos de la solar fotovoltaica

Si hacemos una clasificación general, se puede decir que se dividen en dos grandes apartados:

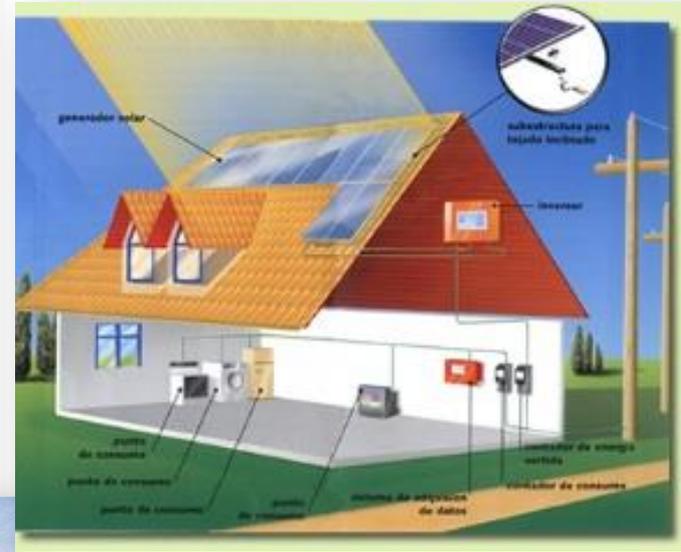
Sistemas aislados.

Sistemas  
conectados a la  
red.



# Ejemplos de utilización de la energía solar fotovoltaica











# Aplicaciones de la solar fotovoltaica

- Electrificación de viviendas aisladas de red eléctrica.
- Sistemas de telecomunicaciones.
- Balizamiento y señalización.
- Iluminación pública con sistemas autónomos.
- Bombeo de agua para riego y abastecimiento de ganado en lugares aislados.
- Centrales eléctricas para pequeños núcleos de población alejados de la red comercial.
- Viviendas y edificios conectados a la red con sistemas de compraventa.

## 4.- Normativa.

# Marco Normativo: Fotovoltaica

- **RD 2019/1997**, se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- **RD 1955/2000**, se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- **RD 1454/2005**, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.
- **RD 1663/2000** sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- **Resolución de 31 de mayo de 2001** de la Dirección General de Política Energética y Minas por el que se establece el modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. (BOE 148/2001)
- **RD 3490/00**. Fija condiciones económicas de verificación de la acometida a la empresa distribuidora. (BOE 313/00). Actualizado anualmente.
- **RD 842/2002**, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- **RD 314/2006**, se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE 74/06).
- **RD 661/2007**, se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **ESPECIFICACIONES TECNICAS DE COMPAÑIAS DISTRIBUIDORAS. (Endesa e Iberdrola fundamentalmente en Extremadura).**

# Marco Normativo: Fotovoltaica

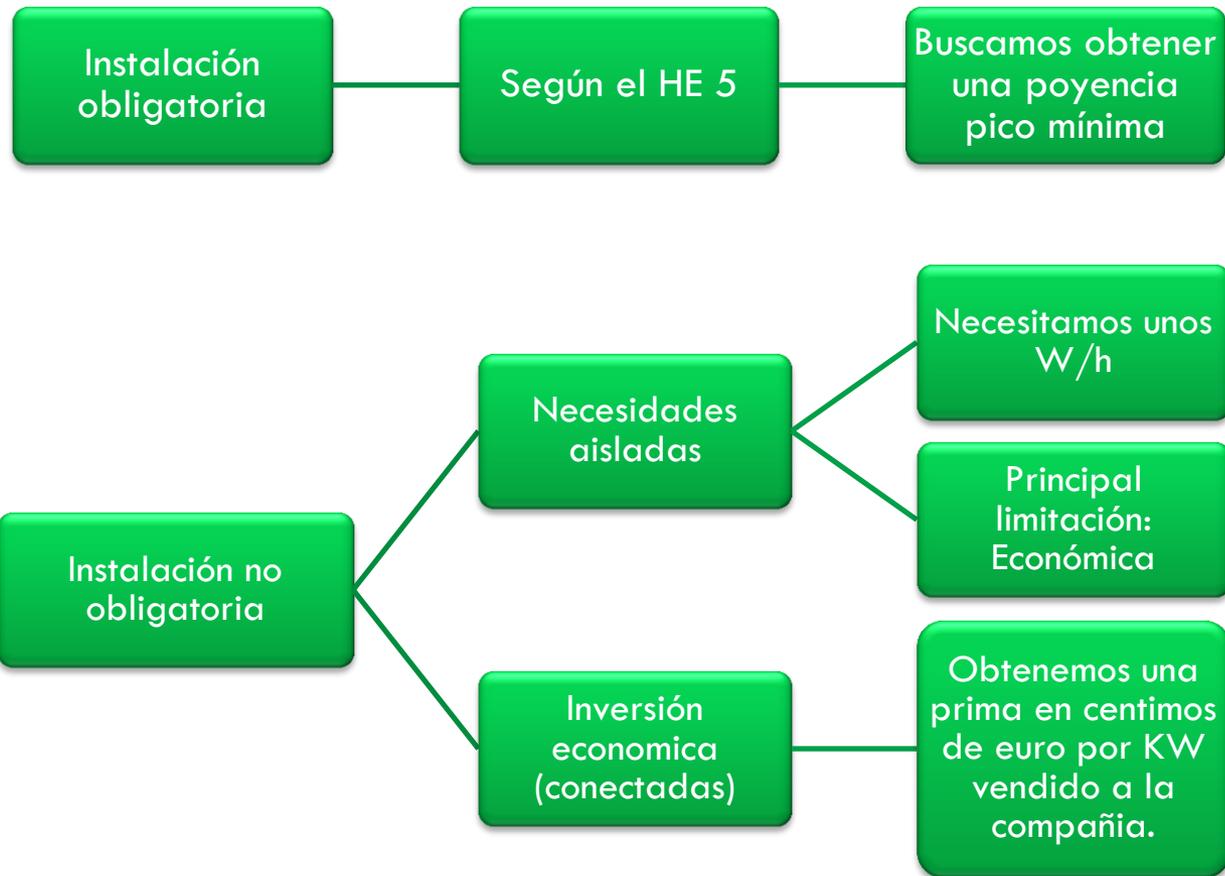
- **REQUISITOS DE LAS COMUNIDADES AUTONOMAS.** (Obras públicas, Ayuntamientos, etc...).
- **CONSEJERIA DE ECONOMIA Y TRABAJO** (Extremadura):
- **Orden de 29 de enero de 2007** por el que se establecen normas complementarias para la conexión en las redes de distribución y para la tramitación de determinadas instalaciones generadoras de energía eléctrica en régimen especial y agrupaciones de las mismas (DOE nº 15/2007).
  - Modelo de solicitud genérico para instalaciones solares fotovoltaicas con potencia hasta 100 kW
  - Solicitud Autorización Administrativa, Aprobación Proyecto y Puesta en Marcha para Huertas e Instalaciones solares fotovoltaicas con potencia mayor a 100 kW
  - Solicitud para Reconocimiento e Inscripción en el Registro de Régimen Especial para huerta solar fotovoltaica e instalaciones con potencia mayor de 100 kW
- **Criterios de tramitación instalaciones Solares y de Biomasa según R.D. 661/2007.** ([www.industriaextremadura.com](http://www.industriaextremadura.com) ).
- **Normas UNE-Componentes**

# Régimen especial de producción de energía eléctrica y tarifas.

- **Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo** por el que se aprueba el régimen especial de producción de energía eléctrica.
- **Real Decreto 222/2008, de 15 de febrero** por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- **Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre** por que se aprueba la retribución de la actividad de producción de energía mediante la tecnología solar fotovoltaica, así como su corrección de errores.
- **Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre**, que modifica el régimen de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Real Decreto-Ley 14/2010, de 23 de diciembre**, de medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario.

## CTE DB HE - 5. Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

- La quinta sección del documento básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, se aborda la exigencia básica que obliga a la generación de energía eléctrica a partir de sistemas solares fotovoltaicos.
- En líneas generales podemos decir que esta sección es menos exigente que la correspondiente a energía solar térmica. Es decir, es más probable que un edificio deba incorporar apoyo de energía solar térmica que de solar fotovoltaica.
- Otro punto importante es que no son excluyentes, un edificio es perfectamente posible que incorpore sistemas solares tanto térmicos como fotovoltaicos según el CTE.



# 1 Generalidades

## 1.1 Ámbito de aplicación

1. Los edificios de los usos indicados, a los efectos de esta sección, en la tabla 1.1 incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos cuando superen los límites de aplicación establecidos en dicha tabla.

**Tabla 1.1 Ámbito de aplicación**

<b>Tipo de uso</b>	<b>Límite de aplicación</b>
<i>Hipermercado</i>	<i>5.000 m<sup>2</sup> construidos</i>
<i>Multitienda y centros de ocio</i>	<i>3.000 m<sup>2</sup> construidos</i>
<i>Nave de almacenamiento</i>	<i>10.000 m<sup>2</sup> construidos</i>
<i>Administrativos</i>	<i>4.000 m<sup>2</sup> construidos</i>
<i>Hoteles y hostales</i>	<i>100 plazas</i>
<i>Hospitales y clínicas</i>	<i>100 camas</i>
<i>Pabellones de recintos feriales</i>	<i>10.000 m<sup>2</sup> construidos</i>

### Comentario

El punto 1 del ámbito de aplicación contiene la tabla que nos indica los edificios que son objeto para la incorporación de paneles solares fotovoltaicos. Se puede observar que los edificios de viviendas están exentos de la aplicación de esta normativa. Y los tipos de edificio en los cuales se deberá aplicar exigen superficies construidas considerablemente elevadas. Es decir, a no ser que realices un edificio importante, y marcaremos “importante” entre comillas, no será de aplicación la normativa.

2. *La potencia eléctrica mínima determinada en aplicación de exigencia básica que se desarrolla en esta Sección, podrá disminuirse o suprimirse justificadamente, en los siguientes casos:*
- a) *cuando se cubra la producción eléctrica estimada que correspondería a la potencia mínima mediante el aprovechamiento de otras fuentes de energías renovables;*
  - b) *cuando el emplazamiento no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo y no se puedan aplicar soluciones alternativas;*
  - c) *en rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable;*
  - d) *en edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria;*
  - e) *cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.*
3. *En edificios para los cuales sean de aplicación los apartados b), c), d) se justificará, en el proyecto, la inclusión de medidas o elementos alternativos que produzcan un ahorro eléctrico equivalente a la producción que se obtendría con la instalación solar mediante mejoras en instalaciones consumidoras de energía eléctrica tales como la iluminación, regulación de motores o equipos más eficientes.*

### **Comentario**

Los puntos 2 y 3, son equivalentes a los encontrados en la HE 4, indican que ante una imposibilidad justificada, según los condicionantes indicados, de aplicar la normativa, se deberá justificar la adopción de otras medidas de ahorro energético o utilización de energías renovables. Se trata de limitaciones razonables. Si, por ejemplo, el acceso al sol de nuestro edificio se encuentra obstaculizado o si se trata de un edificio con valor histórico.

El procedimiento de verificación de la instalación es el indicado en el epígrafe 1.2. Consiste en los siguientes pasos:

Potenciar a instalar. Determinación del tamaño de la instalación.

Cálculo de pérdidas. Determinación de la eficiencia de la instalación.

Condiciones de cálculo y dimensionado. Cálculo de los componentes de la instalación.

Mantenimiento. Planes.

## **2 Caracterización y cuantificación de las exigencias**

### **2.1 Potencia eléctrica mínima**

1. Las potencias eléctricas que se recogen tienen el carácter de mínimos pudiendo ser ampliadas voluntariamente por el promotor o como consecuencia de disposiciones dictadas por las administraciones competentes.

### **2.2 Determinación de la potencia a instalar**

1. La potencia pico a instalar se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$P = C \cdot (A \cdot S + B) \quad (2.1)$$

Siendo

*P* la potencia pico a instalar [kWp];

*A* y *B* los coeficientes definidos en la tabla 2.1 en función del uso del edificio;

*C* el coeficiente definido en la tabla 2.2 en función de la zona climática establecida en el apartado 3.1;

*S* la superficie construida del edificio [m<sup>2</sup>].

**Tabla 2.1 Coeficientes de uso**

<b>Tipo de uso</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<i>Hipermercado</i>	<i>0,001875</i>	<i>-3,13</i>
<i>Multitienda y centros de ocio</i>	<i>0,004688</i>	<i>-7,81</i>
<i>Nave de almacenamiento</i>	<i>0,001406</i>	<i>-7,81</i>
<i>Administrativo</i>	<i>0,001223</i>	<i>1,36</i>
<i>Hoteles y hostales</i>	<i>0,003516</i>	<i>-7,81</i>
<i>Hospitales y clínicas privadas</i>	<i>0,000740</i>	<i>3,29</i>
<i>Pabellones de recintos feriales</i>	<i>0,001406</i>	<i>-7,81</i>

**Tabla 2.2 Coeficiente climático**

<b>Zona climática</b>	<b>C</b>
<i>I</i>	<i>1</i>
<i>II</i>	<i>1,1</i>
<i>III</i>	<i>1,2</i>
<i>IV</i>	<i>1,3</i>
<i>V</i>	<i>1,4</i>

2. *En cualquier caso, la potencia pico mínima a instalar será de 6,25 kWp. El inversor tendrá una potencia mínima de 5 kW.*
3. *La superficie S a considerar para el caso de edificios ejecutados dentro de un mismo recinto será:*
  - a) *en el caso que se destinen a un mismo uso, la suma de la superficie de todos los edificios del recinto;*
  - b) *en el caso de distintos usos, de los establecidos en la tabla 1.1, dentro de un mismo edificio o recinto, se aplicarán a las superficies construidas correspondientes, la expresión 2.1 aunque éstas sean inferiores al límite de aplicación indicado en la tabla 1.1. La potencia pico mínima a instalar será la suma de las potencias picos de cada uso, siempre que resulten positivas. Para que sea obligatoria esta exigencia, la potencia resultante debe ser superior a 6,25 kWp.*

Debemos considerar:

La potencia pico  
mínima a instalar

Potencia mínima del  
inversor

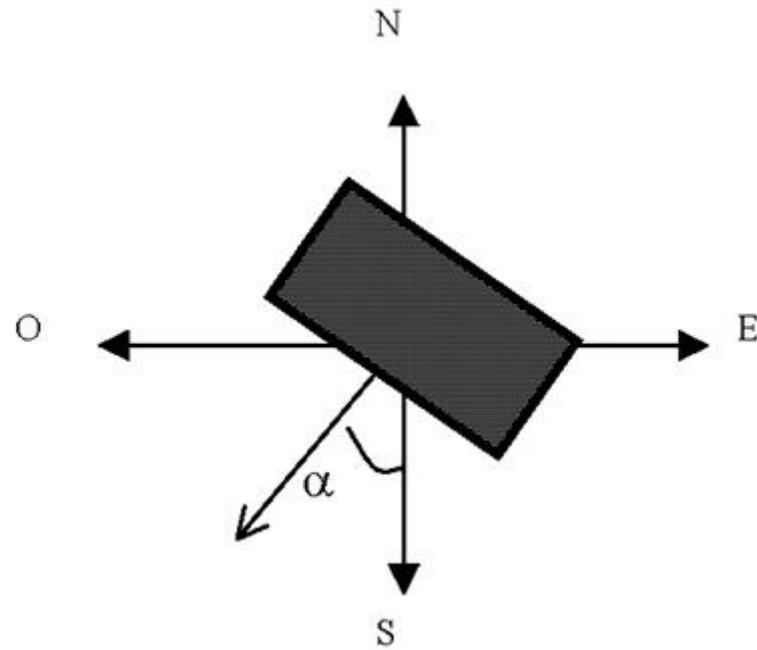
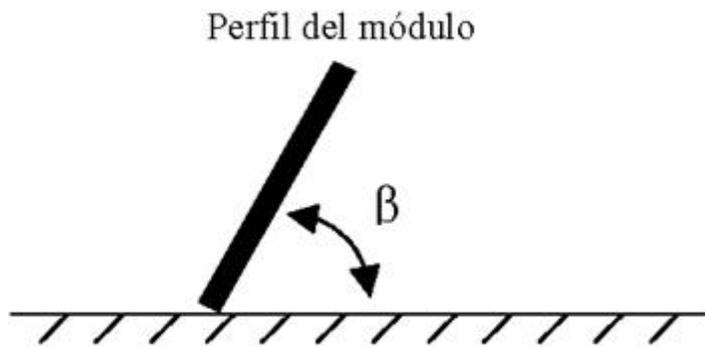
Superficie a considerar  
en los edificios, en  
función de sus usos.

Pérdidas máximas  
aceptables, de  
orientación, inclinación  
y por sombras.

- a) La disposición de los módulos se hará de tal manera que las pérdidas debidas a la orientación e inclinación del sistema y a las sombras sobre el mismo sean inferiores a los límites de la tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Pérdidas límite**

<b>Caso</b>	<b>Orientación e inclinación</b>	<b>Sombras</b>	<b>Total</b>
<i>General</i>	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica</i>	40 %	20 %	50 %



*Figura 3.2 Orientación e inclinación de los módulos*

## 3 Cálculo

### 3.1 Zonas climáticas

#### Comentario

La determinación de la zona climática en la que está situada la instalación se realiza a partir de los mapas y las tablas mostrados a continuación.

La determinación de la zona climática indica los valores de radiación solar global.

1. En la tabla 3.1 y en la figura 3.1 se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal ( $H$ ), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas.

**Tabla 3.1 Radiación solar Global**

Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$



**Figura 3.1 Zonas climáticas**

BADAJOS	Almendralejo	V
	Badajoz	V
	Don Benito	V
	Mérida	V
	Villanueva de la Serena	V

Se ofrecen las definiciones de una instalación solar fotovoltaica conectada a red, se indican los diferentes elementos que componen el sistema y se define la potencia pico. Indudablemente esta sección debería estar colocada al principio de la normativa y no en su parte media.

Se indica que los principales componentes de una instalación solar fotovoltaica son:



Acerca de la potencia pico debemos tener en cuenta que la consideramos únicamente para el cálculo de la normativa, de cara al servicio que el sistema solar fotovoltaico va a dar al usuario esta potencia no es válida, debido a que las condiciones de medida que se consideran no son constantes y alguna de ellas como la de la temperatura de la célula es difícil que se dé en el uso práctico del sistema.

### **3.2.2 Condiciones generales**

*1. Para instalaciones conectadas, aún en el caso de que éstas no se realicen en un punto de conexión de la compañía de distribución, serán de aplicación las condiciones técnicas que procedan del RD 1663/2000, así como todos aquellos aspectos aplicables de la legislación vigente.*

#### **Comentario**

Como cualquier instalación eléctrica, la instalación solar fotovoltaica debe cumplir con lo indicado en el reglamento electrotécnico de baja tensión.

### **3.2.3 Criterios generales de cálculo**

#### **Comentario**

En los siguientes epígrafes se detallan las características particulares que deben tener los elementos antes destacados, el sistema generador, el inversor y las protecciones.

## Comentario

Los planes de mantenimiento se realizarán según lo indicado en el apartado 4. Debemos recordar que el mantenimiento de este tipo de instalaciones es muy importante y está constituido por dos planes claramente diferenciados:

El plan de vigilancia.

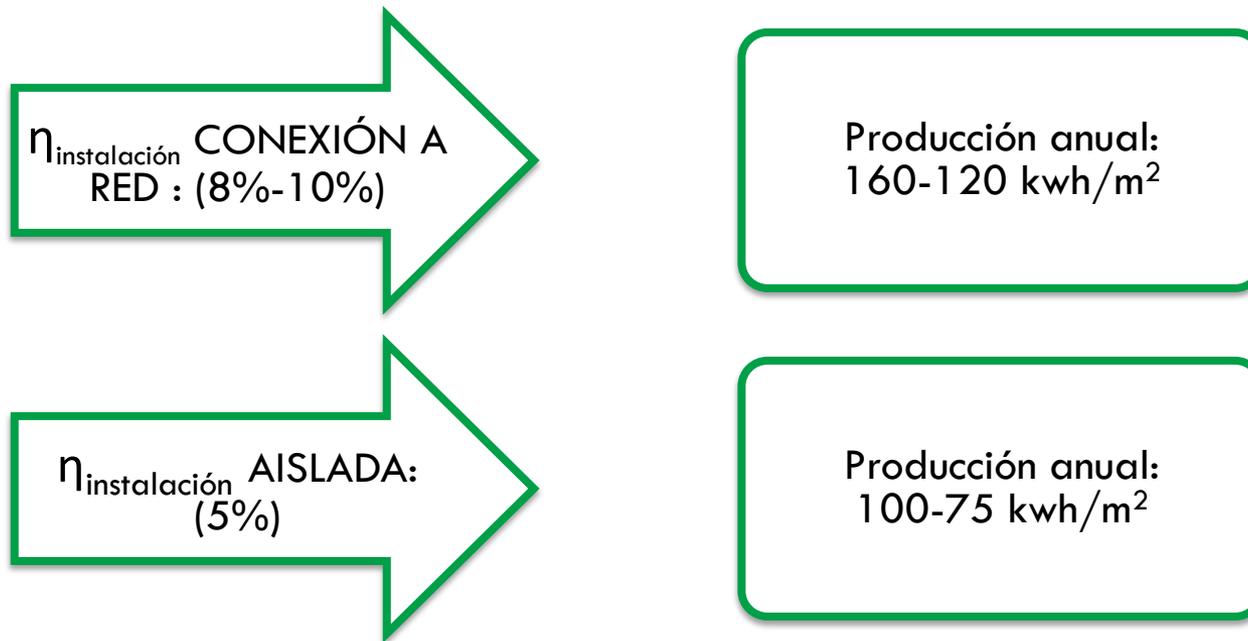
El plan de mantenimiento preventivo.

## 5.- La radiación solar.

# Producción de energía

*(Instalaciones sin seguimiento ni concentración ni sombras)*

- Radiación anual: entre 2000 y 1400 kwh/m<sup>2</sup>
- Radiación diaria: 3-7 kwh/m<sup>2</sup>



# Ejemplo de distribución de costes

Para un huerto solar de 100 kW

<b>Módulos Fotovoltaicos</b>	<b>3,20 €/wp</b>
<b>Estructuras soporte</b>	<b>0,34 €/wp</b>
<b>Inversor+protecciones+contador+Cableado</b>	<b>0,67 €/wp</b>
<b>Vallado+Vigilancia+sistema de monitorización</b>	<b>0,08 €/wp</b>
<b>Montaje y puesta en marcha</b>	<b>0,14 €/wp</b>
<b>Obra civil de acondicionamiento de terrenos</b>	<b>0,18 €/wp</b>
<b>Infraestructura de MT (Si procede)</b>	<b>0,12 €/wp</b>
<b>Ingeniería, gastos de promoción, gastos generales, gastos de administración y B°Industrial</b>	<b>1,12 €/wp</b>
<b>TOTAL COSTE INSTALACIÓN</b>	<b>5,85 €/Wp</b>

# Datos de radiación solar.

*(En Extremadura)*

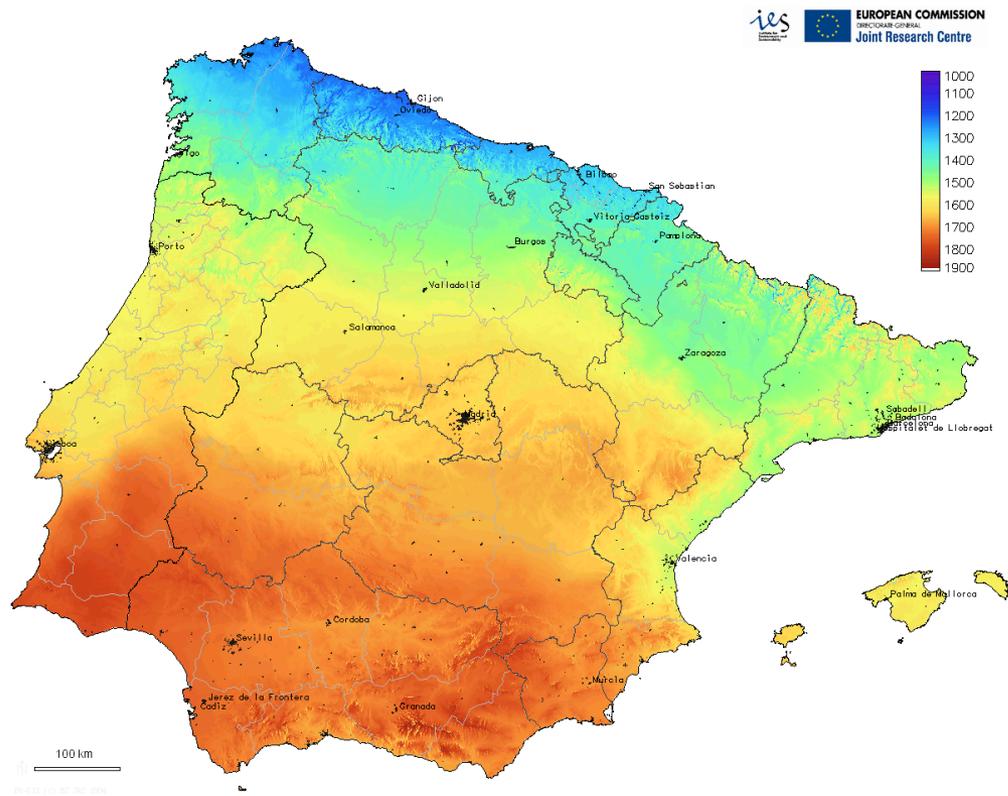


[www.agenex.org](http://www.agenex.org)

- Años tipo.
- Radiación sobre superficie horizontal.
- Sólo en algunas localidades.

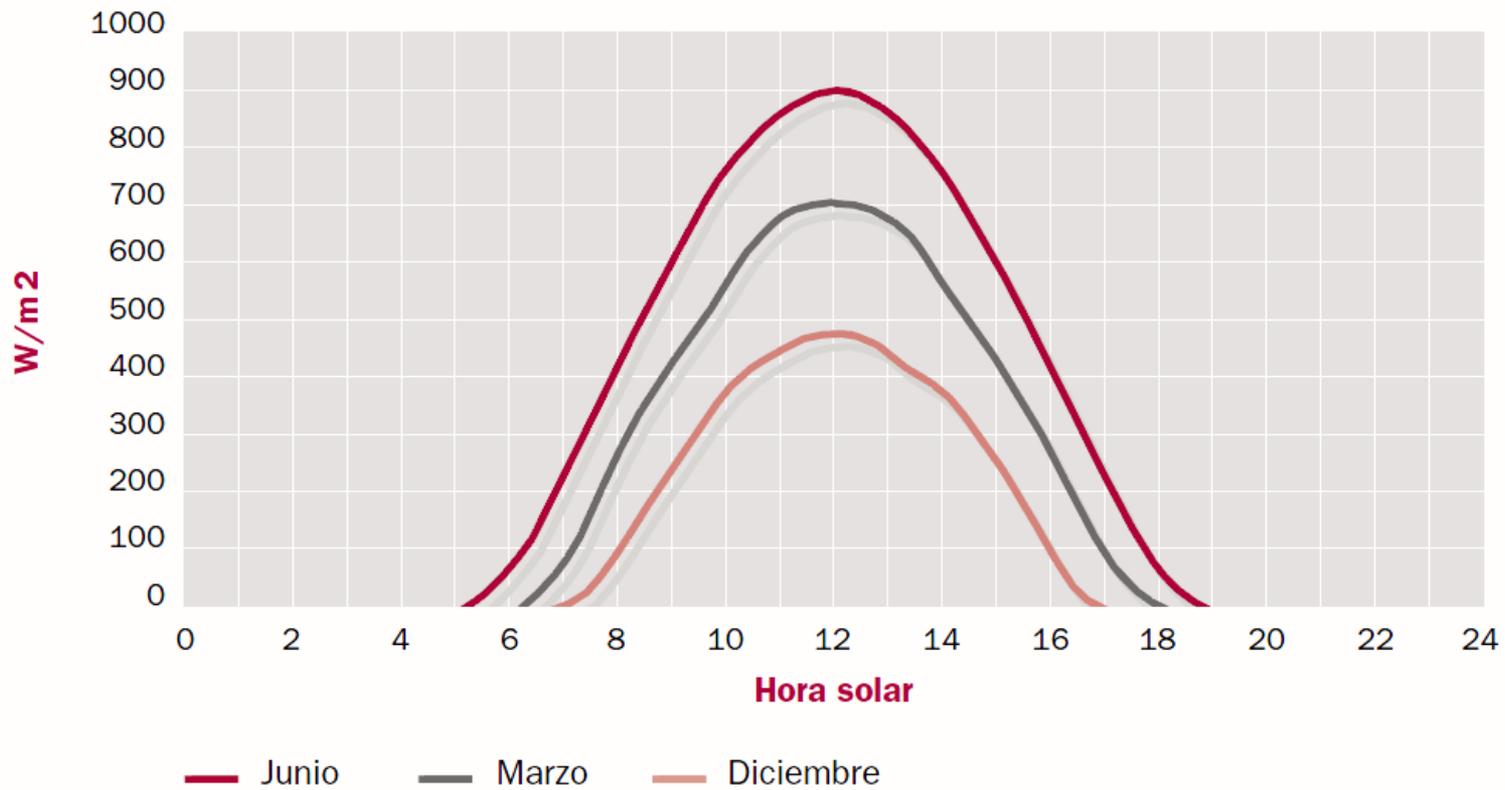
## Densidad energética

- POTENCIA: 0 - 1000 W/m<sup>2</sup>

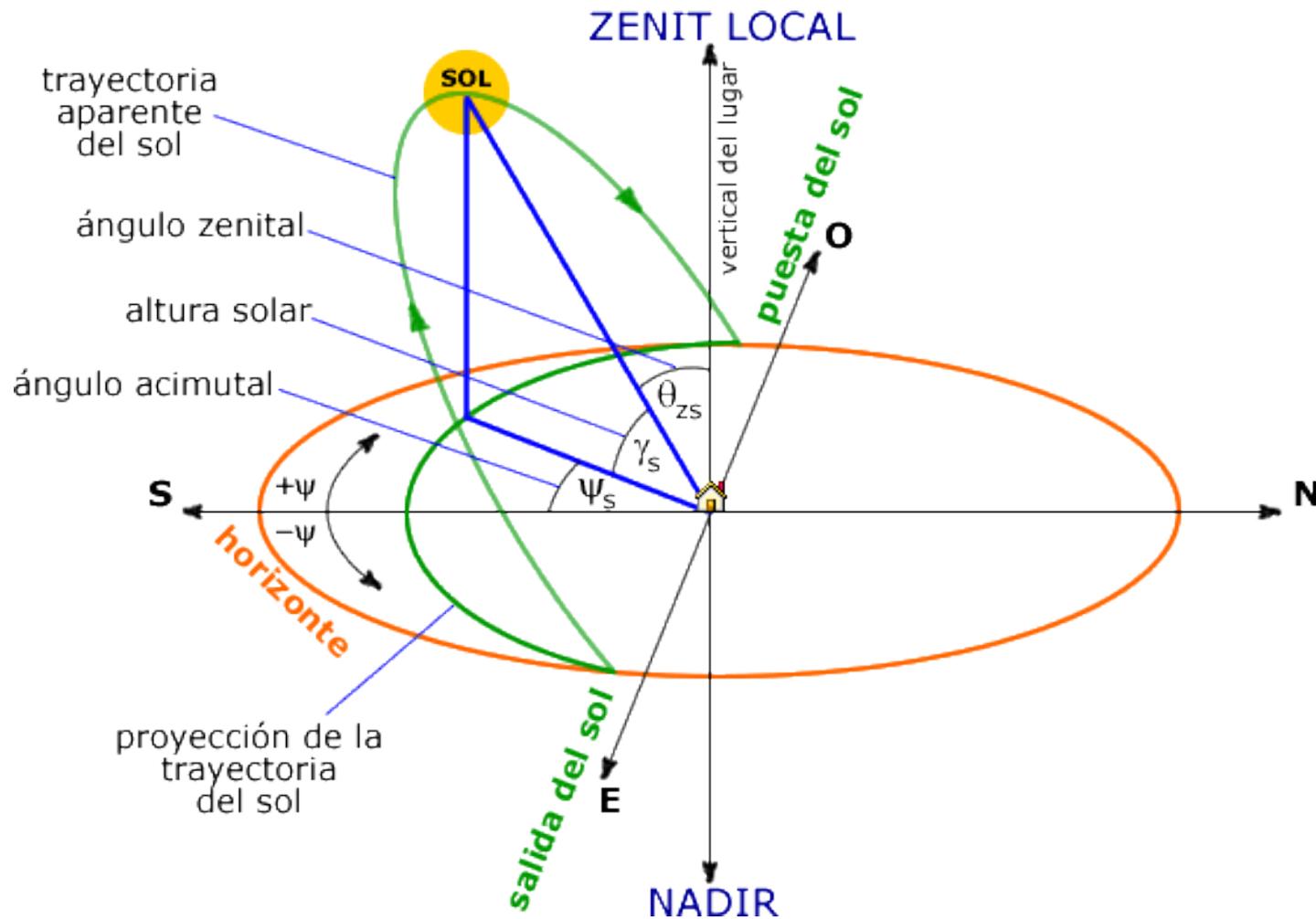


# GRÁFICO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIARIA

Para distintos meses



# Posición relativa del sol



# Posición relativa del sol

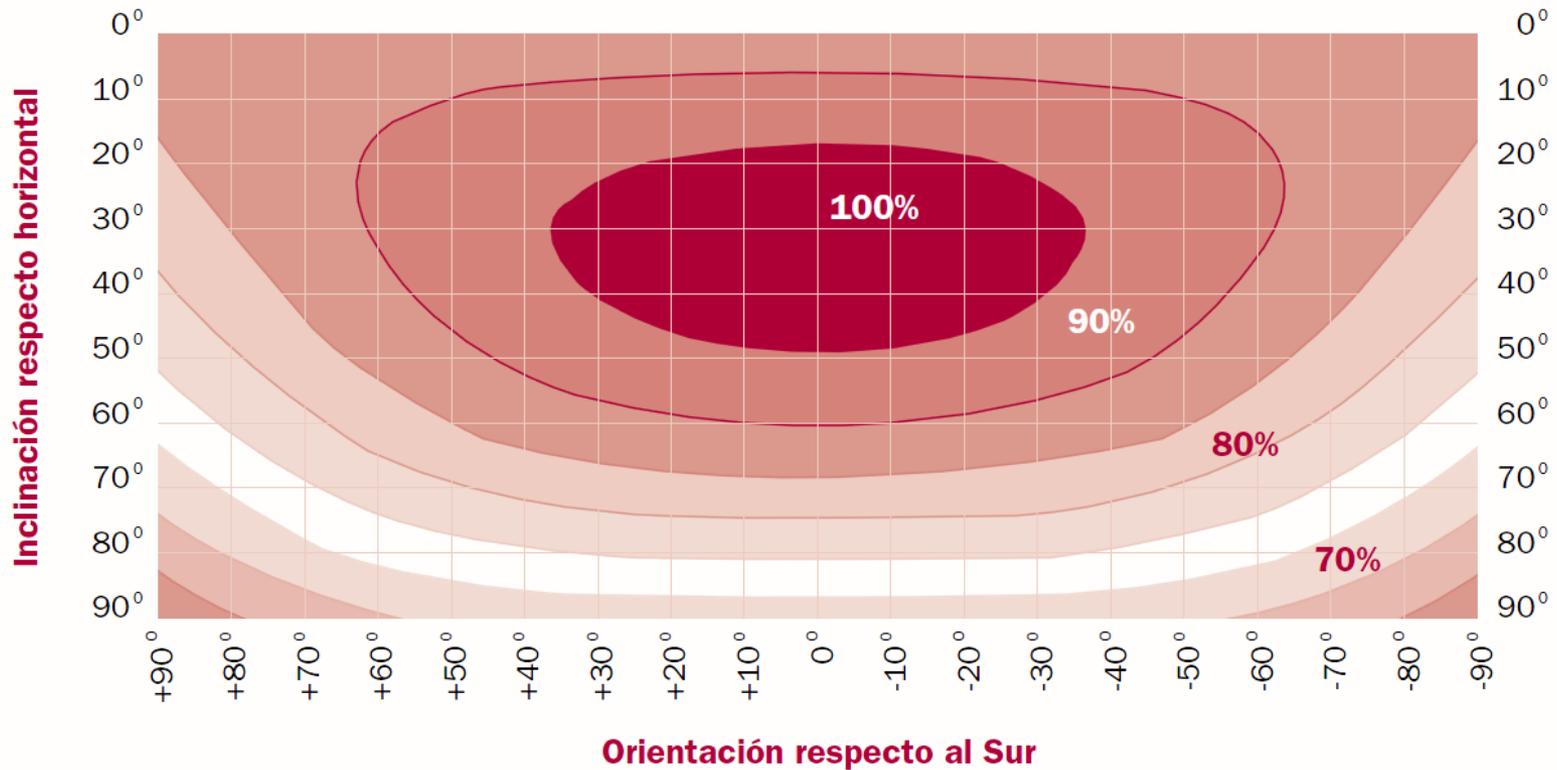
- **Latitud del lugar ( $l$ ):** es la complementaria del ángulo formado por la recta que une el zenit y el nadir con el eje polar. Es positivo hacia el norte y negativo hacia el sur.
- **Meridiano del lugar:** círculo máximo de la esfera terrestre que pasa por el lugar, por el zenit y por el nadir.
- **Distancia zenital ( $q_{zs}$ ):** es el ángulo formado por el radio vector punto-tierra y la vertical del lugar. Es positivo a partir del zenit.
- **Altura solar ( $g_s$ ):** ángulo que forman los rayos solares sobre la superficie horizontal. Ángulo complementario de la distancia zenital.
- **Ángulo acimutal ( $\gamma_s$ ):** ángulo formado por la proyección del sol sobre el plano del horizonte con la dirección sur. Positivo  $0^\circ$  a  $180^\circ$  hacia el oeste y negativo hacia el este  $0^\circ$  a  $-180^\circ$ .
- **Horizonte:** lugar geométrico de los puntos con altura 0.

# Posición relativa del sol



# RADIACIÓN SOLAR EN FUNCIÓN DE LA INCLINACIÓN Y LA ORIENTACIÓN

Radiación anual en % sobre el máximo



## 6.- Tipos de instalaciones.

# Instalaciones aisladas. Componentes

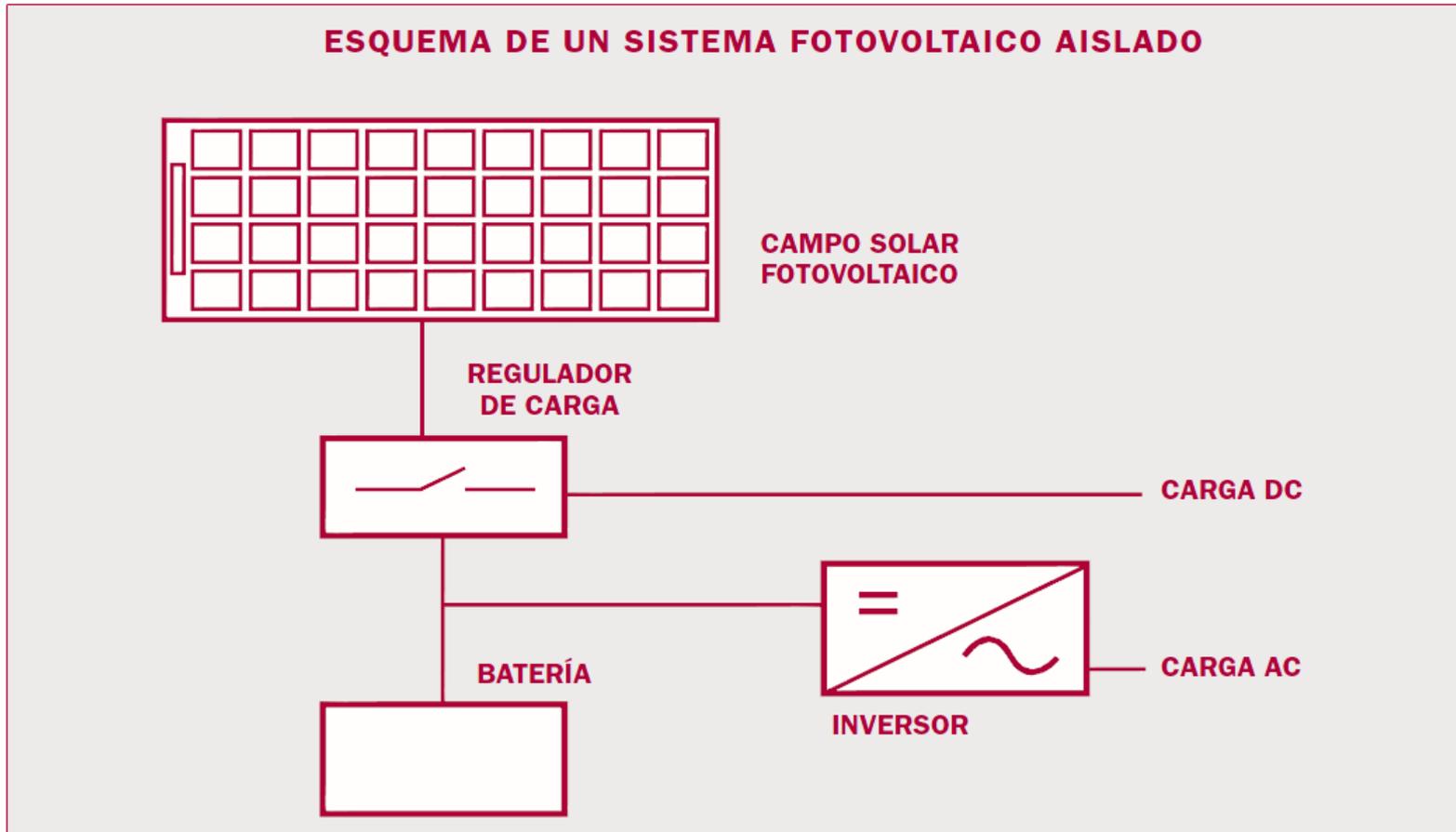
**Generador fotovoltaico.** Transforma la energía del sol en energía eléctrica y carga las baterías.

**Regulador de carga.** Controla la carga de la batería evitando que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas que disminuyen la vida útil del acumulador. Puede incorporar un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, que es un dispositivo que aumenta el rendimiento de la instalación.

**Sistema de acumulación Baterías.** Acumulan la energía entregada por los paneles. Cuando no hay generación solar, la electricidad la proporciona directamente la batería.

**Inversor.** La corriente que generan los paneles o entrega la batería es corriente continua y la mayoría de los electrodomésticos que se comercializan funcionan con corriente alterna. Por eso utilizamos los inversores, que convierten la corriente continua en alterna.

# Instalaciones aisladas. Esquema



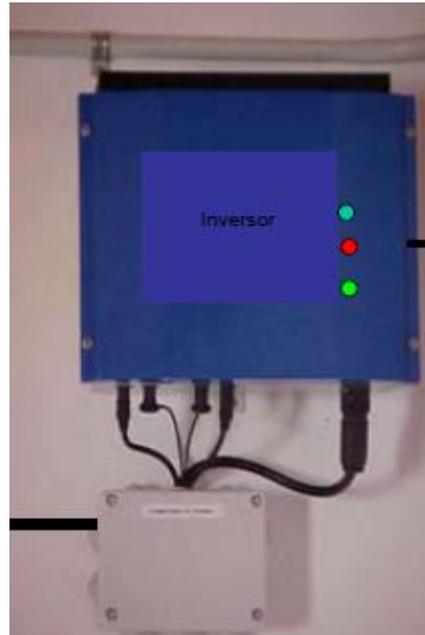
# Instalaciones Conectadas. Componentes

**Generador fotovoltaico.** Transforma la energía del sol en energía eléctrica que envía a la red.

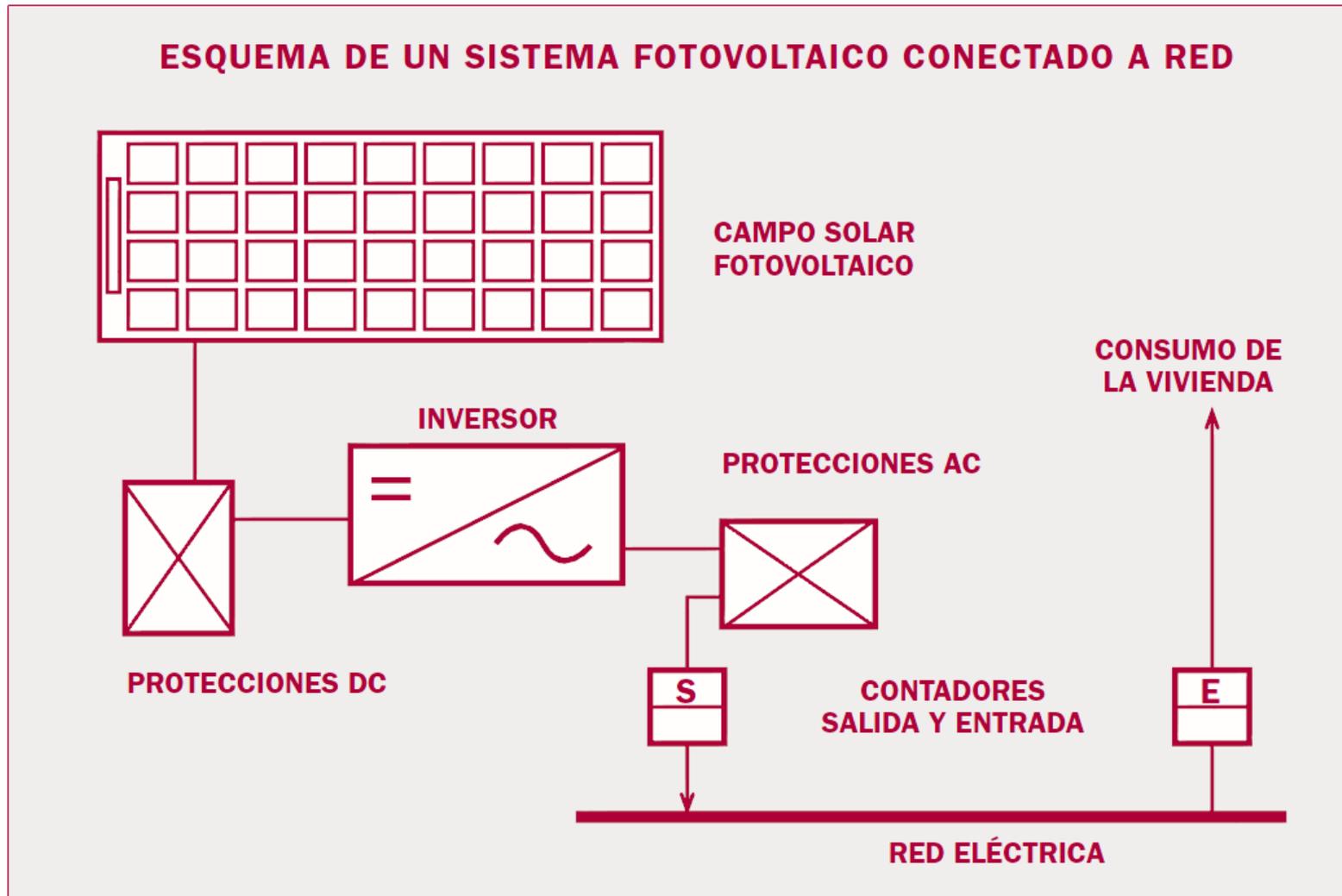
**Inversor.** Transforma la corriente continua generada por los paneles en alterna para el vertido a la red. LA corriente alterna tendrá las mismas condiciones que la corriente que circula por la red.

**Contadores.** Los contadores miden la energía producida y enviada a la red para que pueda ser facturada por la compañía a los precios autorizados.

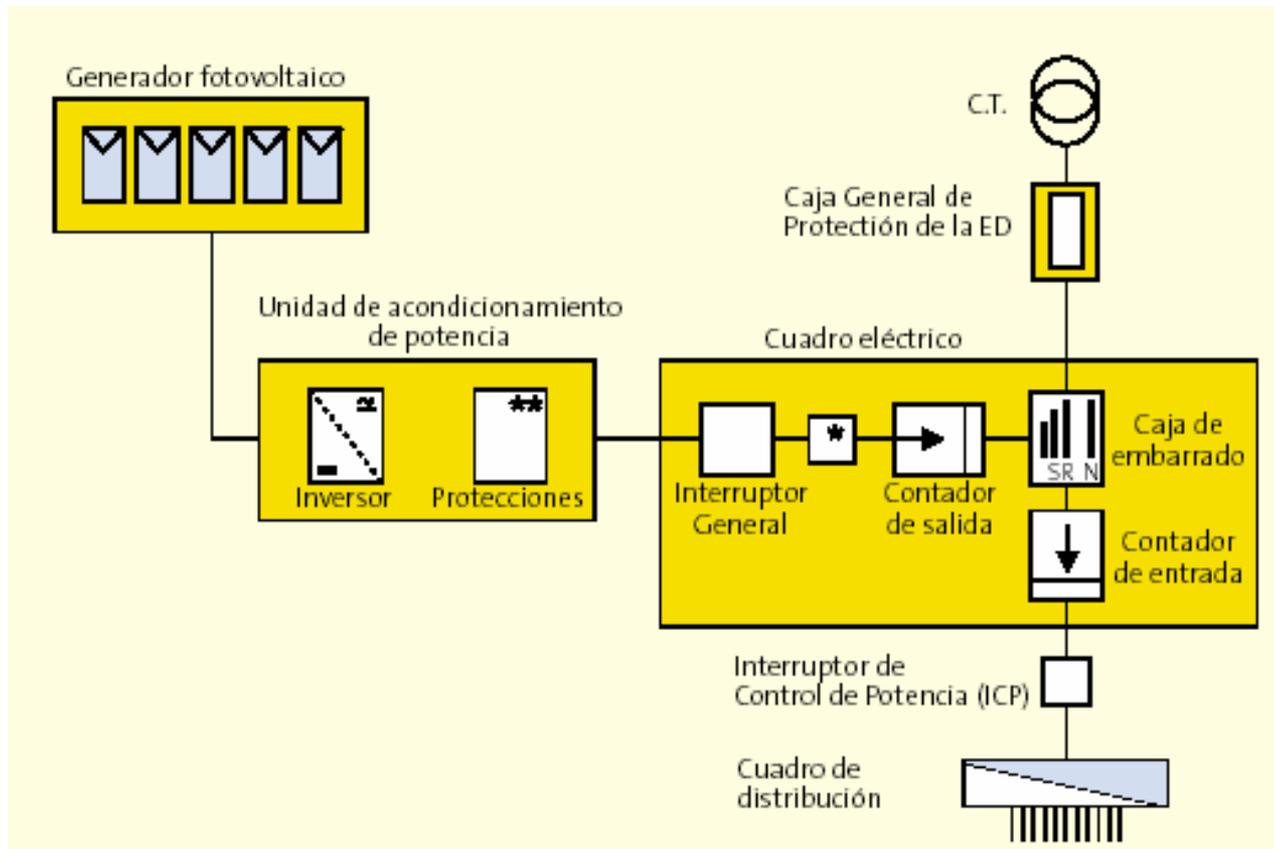
# Instalaciones Conectadas.



# Instalaciones Conectadas. Esquema

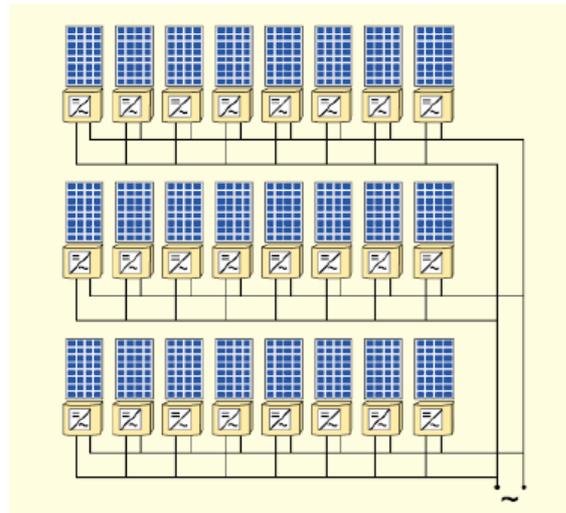
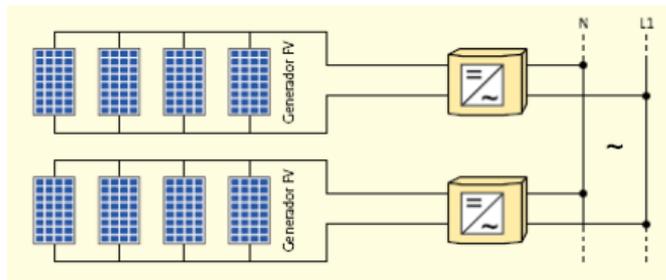
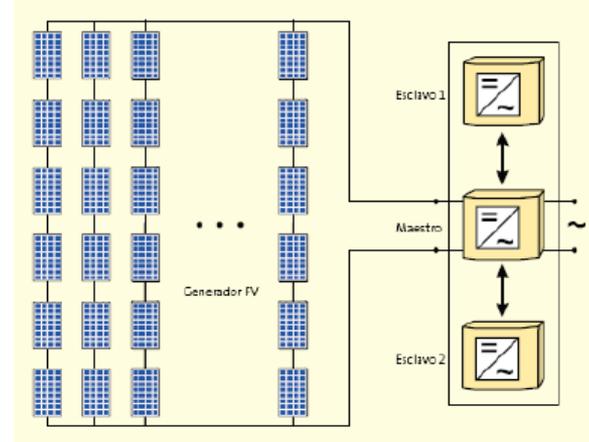
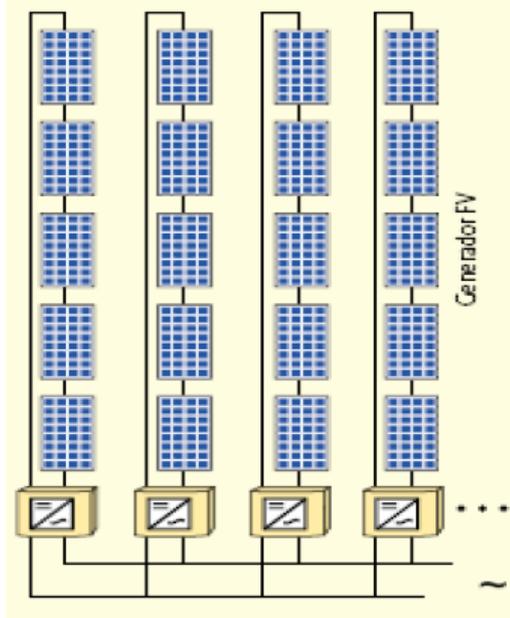


# Instalaciones Conectadas. Esquema II



# Instalaciones Conectadas. Esquema IV

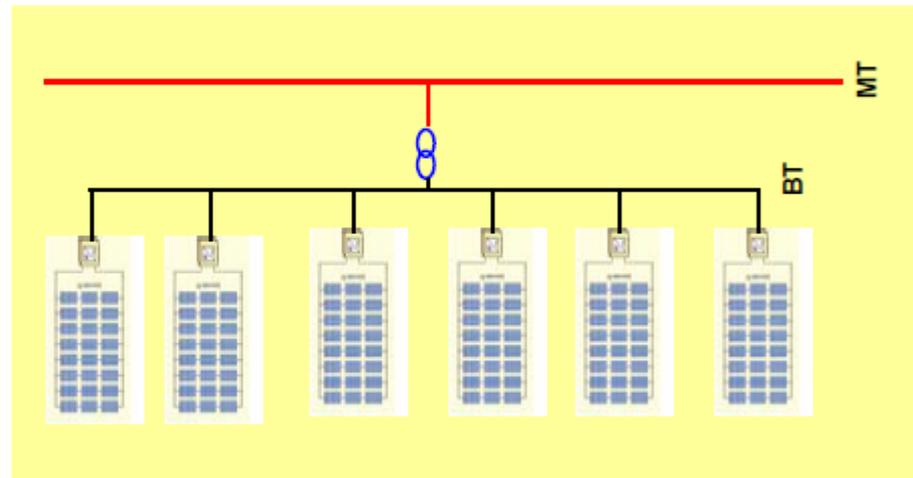
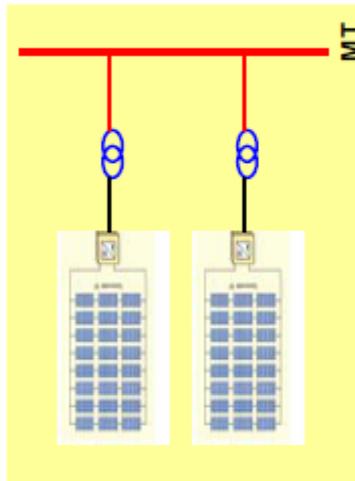
## CONFIGURACIONES EN BAJA TENSION



# Instalaciones Conectadas. Esquema V

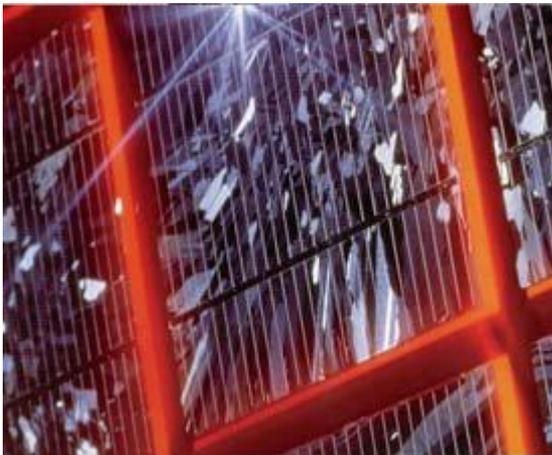
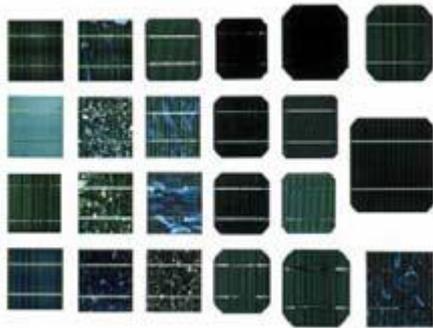
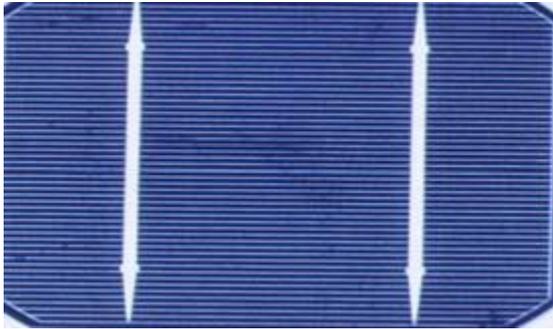
## CONFIGURACIONES EN BT-MT

(según Normativa autonómica y de la Empresa Dstribuidora)



# 7.- Componentes.

# Tipos de células

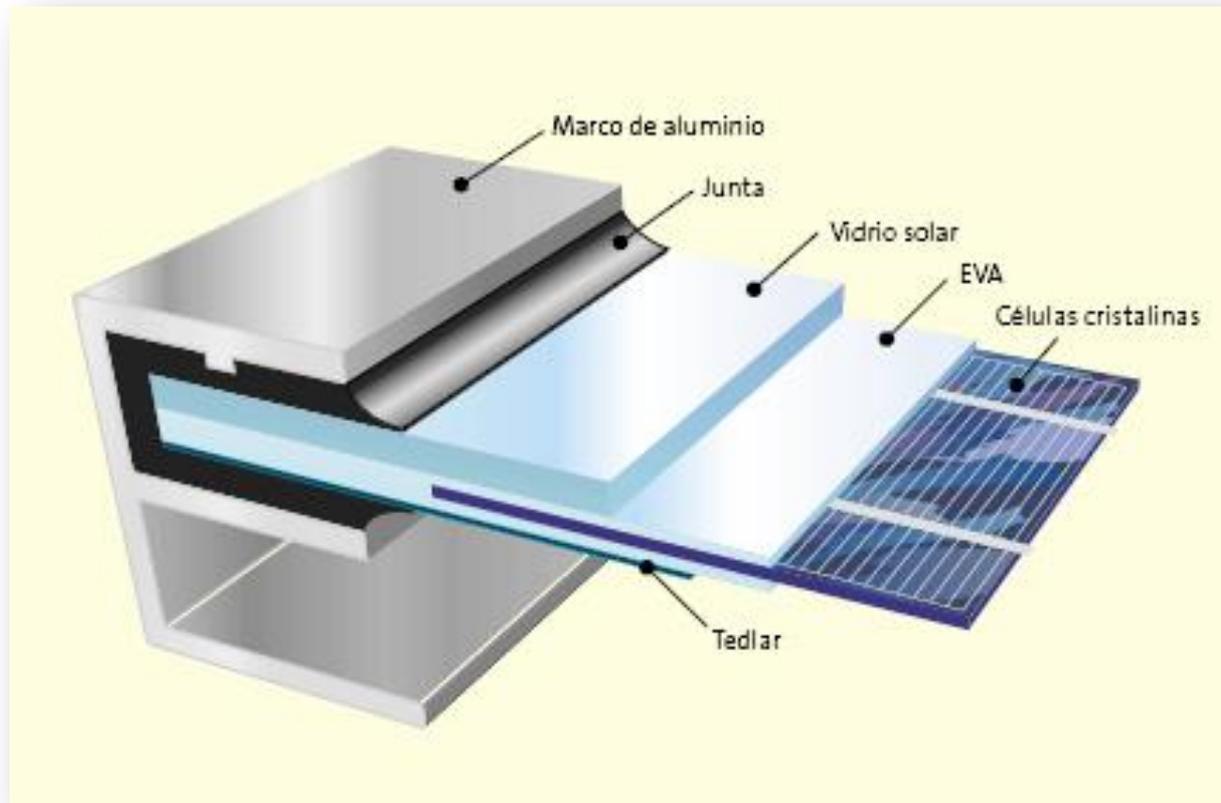


# Tipos de células

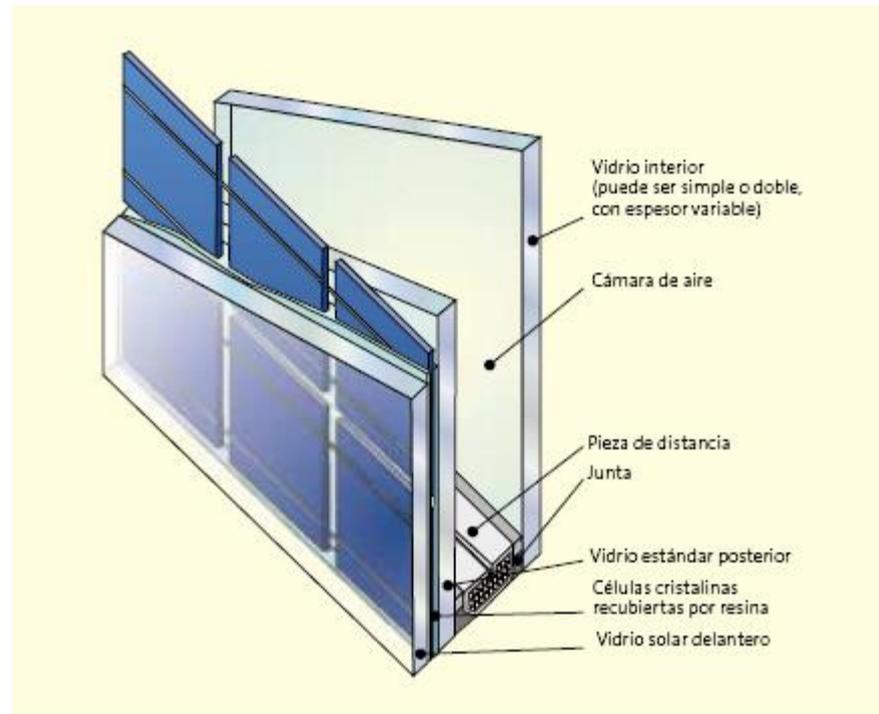
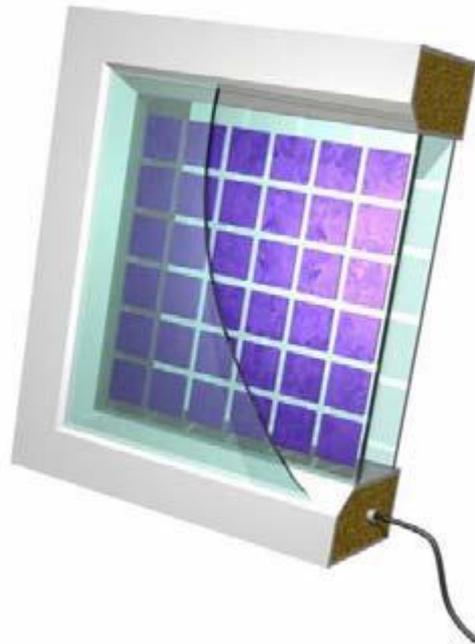


Material de la célula	Superficie requerida para 1 kW <sub>p</sub>
Monocristalino	7 - 9 m <sup>2</sup> 
Policristalino	8 - 11 m <sup>2</sup> 
Diselenio de Indio-Cobre (CIS)	11 - 13 m <sup>2</sup> 
Teluro de Cadmio (CdTe)	14 - 18 m <sup>2</sup> 
Silicio amorfo	16 - 20 m <sup>2</sup> 

# Módulos fotovoltaicos



# Encapsulados y colores especiales



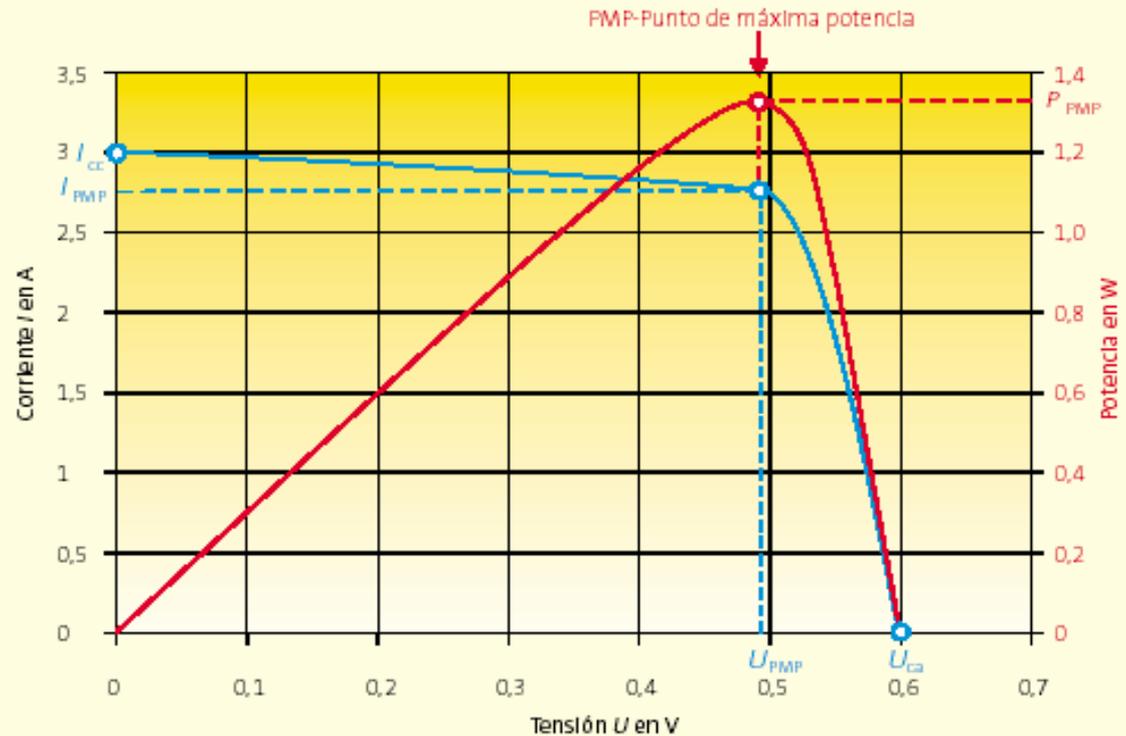
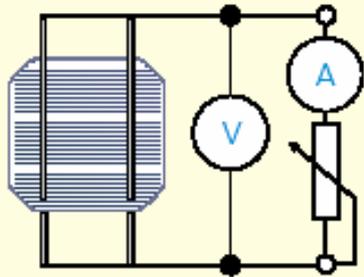
# Tipos de módulos estándar



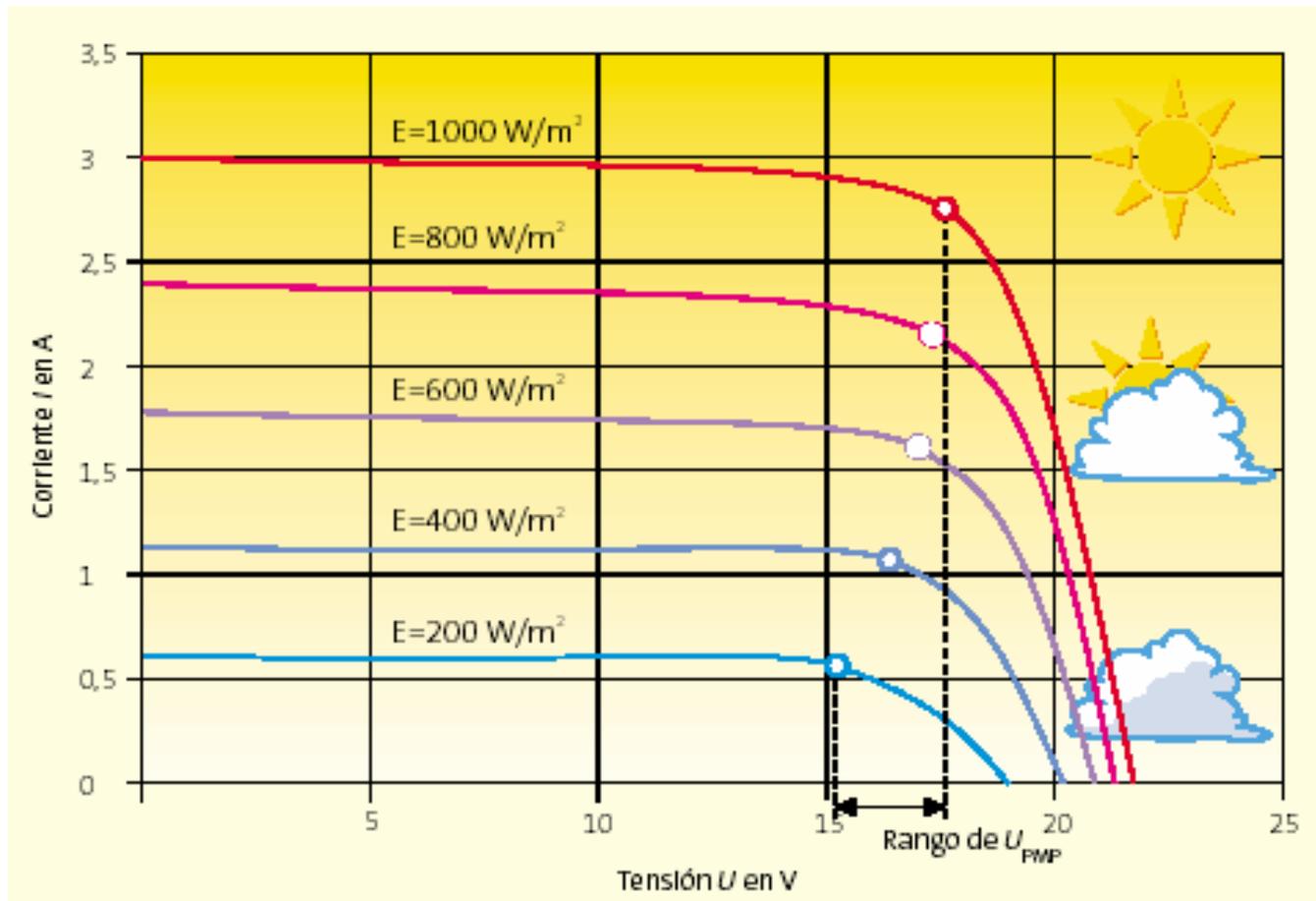
Eficiencia	
Silicio monocristalino	13 - 17 %
Silicio policristalino	11 - 13 %
Silicio amorfo	7 %

# Curva característica de una célula solar

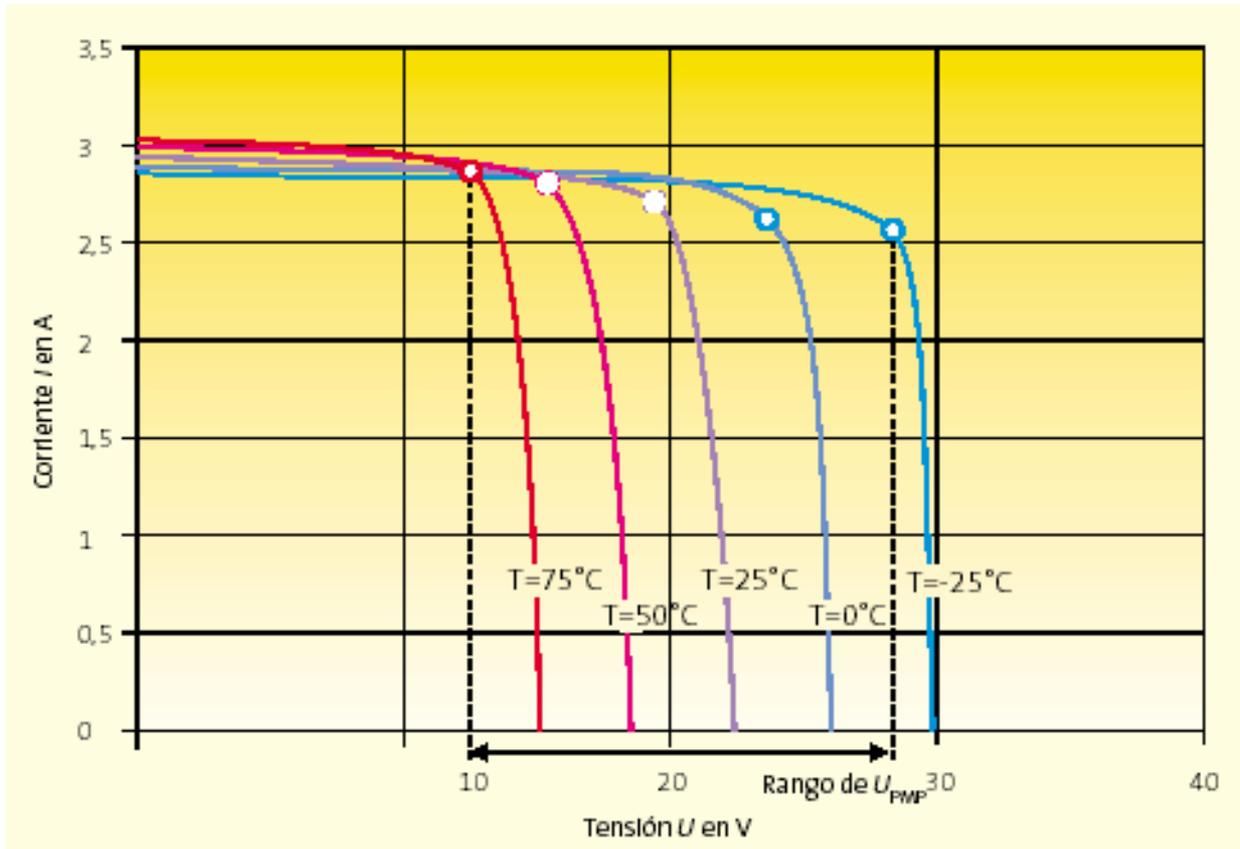
$T = 25^{\circ}\text{C}$   
 $AM = 1,5$   
 $E = 1.000 \text{ W/m}^2$



# Influencia de la Irradiancia

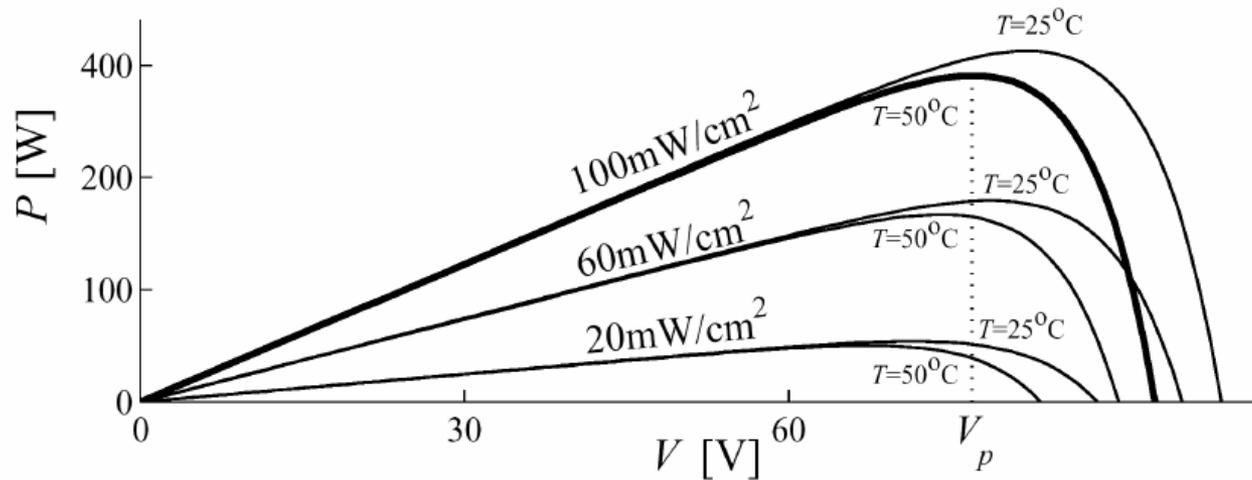
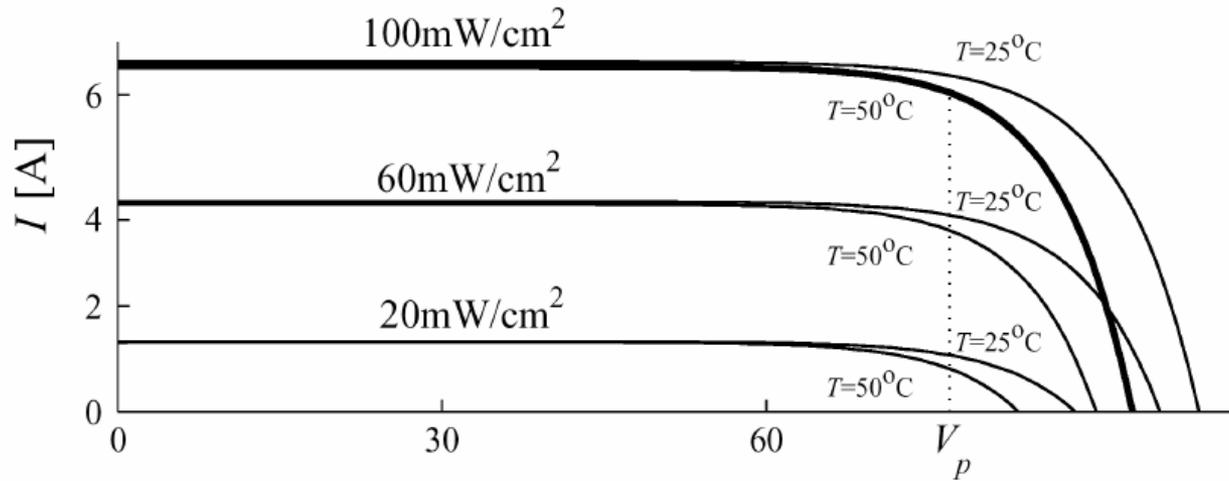


# Influencia de la Temperatura



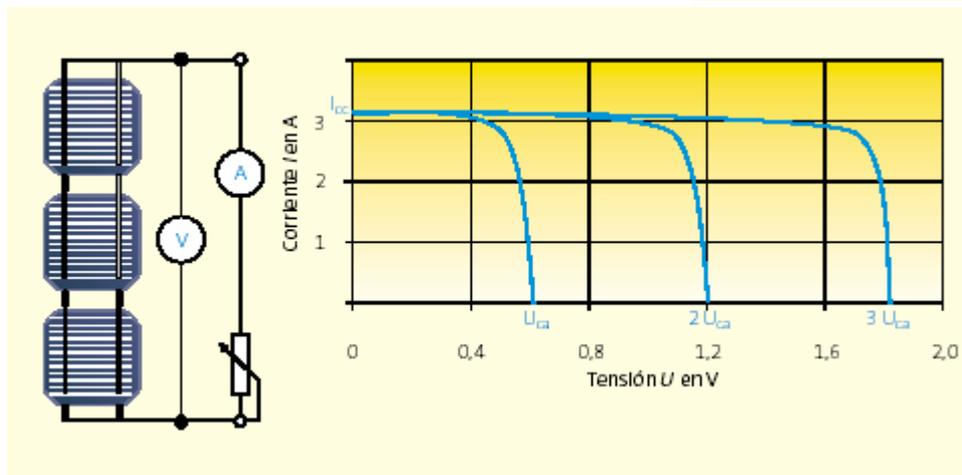
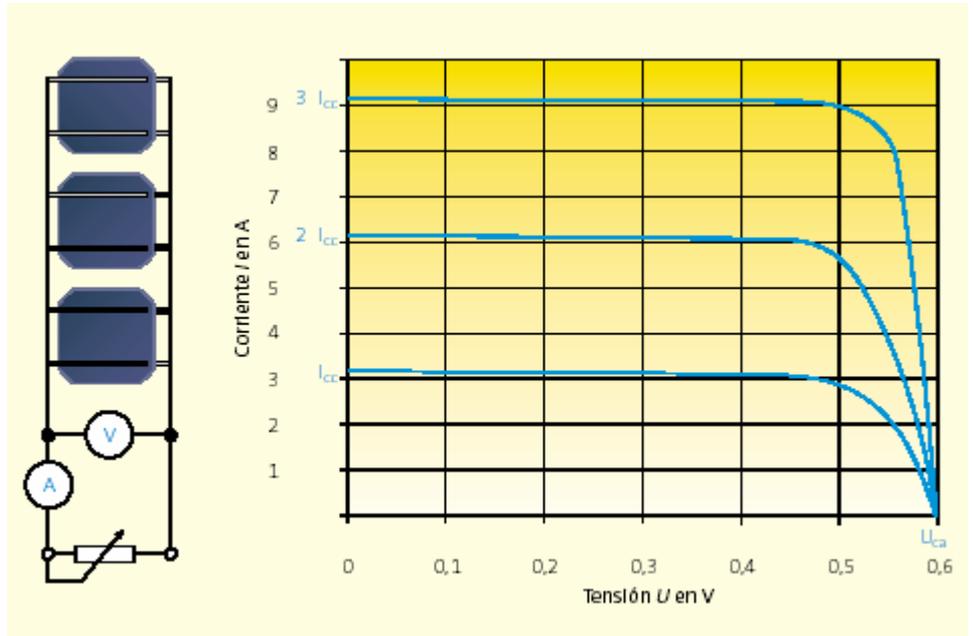
# Curva característica de una célula solar

(I-V y P-V)



## Conexión de Módulos :

- Serie:  $I_{cc}$  y  $P_{max}$
- Paralelo:  $V_{ca}$  y  $V_{max}$



Magnitud	Símbolo	Unidad	100–12/100–24
<b>Características eléctricas*</b>			
Potencia pico	$P_{PMP}$	$W_p$	100
Tolerancia	$\Delta P$	%	$\pm 5$
Corriente de máxima potencia	$I_{PMP}$	A	5,9/2,95
Tensión de máxima potencia	$U_{PMP}$	V	17,0/34,0
Corriente de cortocircuito	$I_{CC}$	A	6,5/3,25
Tensión de circuito abierto	$U_{ca}$	V	21,0/42,0
Tensión máxima	$U_{max}$	V	1 000
Rendimiento	$h$	%	11,5
<b>Características térmicas</b>			
TONC		°C	$45 \pm 2$
Variación de la corriente de cortocircuito con la temperatura del módulo		%/K	+ 0,04
Variación de la tensión de circuito abierto con la temperatura del módulo		%/K	- 0,34
Rango admisible de temperaturas del módulo		°C	- 40 hasta + 85
Rango admisible de temperaturas ambiente:			
a) Módulo con radiación incidente		°C	- 40 hasta + 50
b) Módulo sin radiación incidente		°C	- 40 hasta + 85
<b>Otras características</b>			
Presión máxima		$N/m^2$	2 400
Máxima torsión			1,2
Máxima humedad relativa a 85 °C de temperatura ambiente		%	85
Diámetro y velocidad máxima de granizo		mm m/s	$\emptyset 25$ 23
Largo x ancho x espesor		mm	1 316 x 660 x 40
Peso		kg	11,5
Garantía		año	entre 20 y 25
Protección			Clase II
Homologación			CEC 503, IEC 61215

\* En condiciones estándar

# Criterios de selección módulos fotovoltaicos

- Precio.
- Garantías.
- Plazos de entrega
- Técnicos:
  - Tecnología célula. (Mono, poli, amorfo, etc...)
    - Si existe Seguimiento Posición del Sol debe ser monocristalino.
  - Homologaciones y CE.
  - Tensión Aislamiento ( > 750 V).
  - Tolerancia potencia.(+/-%).
  - NOCT.
  - Clase II.
  - Mientras mayor mejor.
  - Caja conexiones (cableado incluido).
  - Experiencia y otras plantas existentes en el mercado.

# Garantías de potencia.

## 1.b) 10, 20 y 25 años Garantía de Potencia

Isofotón, S.A. garantiza, por los periodos que más abajo se indican que, durante y hasta el final de dichos periodos, la Potencia entregada por el Módulo, medida en condiciones estándar de ensayo (3), no será inferior a los valores que se indican en el siguiente cuadro:

PERIODO (a contar desde la entrega al primer comprador)	VALOR MINIMO DE POTENCIA ENTREGADA (4)
10 AÑOS	90 %
20 AÑOS	83 %
25 AÑOS	80 %

*(3) Radiación de 1000 W/M2; distribución espectral a 1,5 AM (Masa Atmosférica) y 25° C de temperatura de célula. Las mediciones se realizarán según lo establecido en la Norma IEC60904, con una calibración del dispositivo de medición según el estándar de calibración de Isofotón en el momento de fabricación del Módulo. Las medidas de potencia solo serán válidas si se realizan en el laboratorio de Isofotón y no en laboratorios externos.*

*(3) En % sobre la Potencia Mínima del Módulo especificada por Isofotón, en el momento de la compra, en sus catálogos técnicos y comerciales.)*

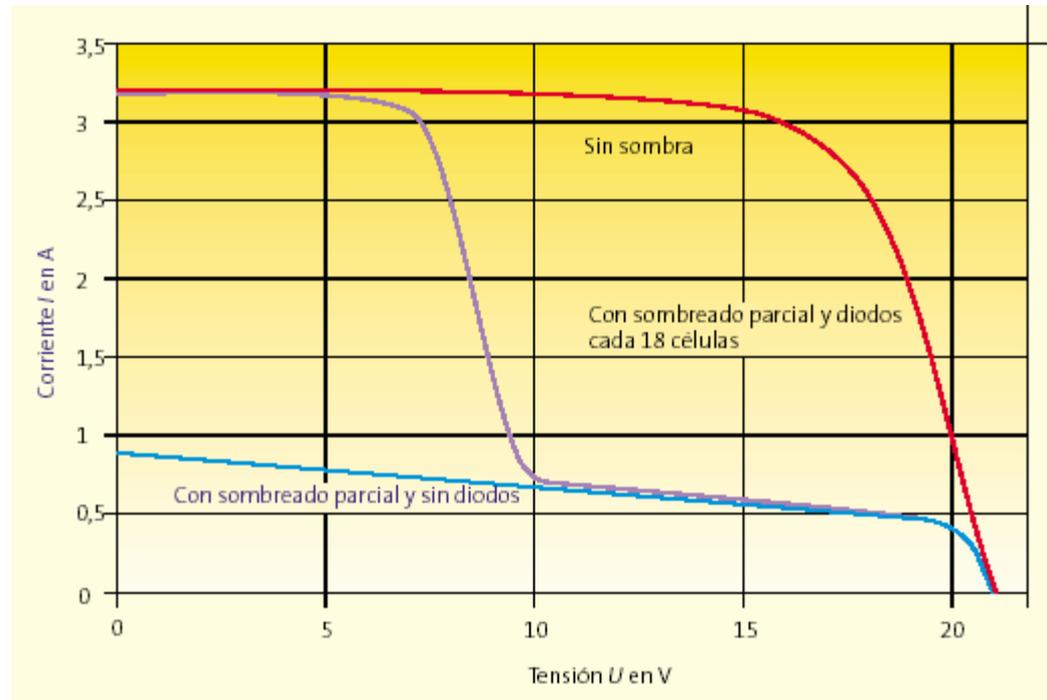
Si en cualquier momento, durante los periodos indicados de validez de esta garantía, el Módulo Fotovoltaico no cumpliera los valores expresados de potencia, Isofotón se obliga, dependiendo del defecto que presentara, a reparar o sustituir el/los Módulo/s defectuoso/s, o a suministrar el/los Módulo/s adicionales necesarios hasta compensar la pérdida de Potencia, o a devolver el importe recibido del cliente en el momento de su compra correspondiente a los Módulos defectuosos u otros.

b) Estarán exentos de los derechos de garantía aquí establecidos los daños y fallos de funcionamiento o de servicio de los Módulos que tengan su origen en:

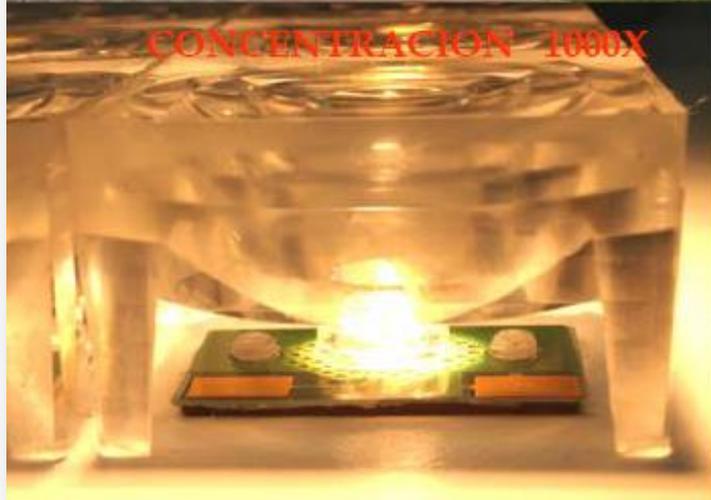
- 1) Accidentes o uso negligente, impropio o inadecuado.
- 2) No respetar las instrucciones de instalación, uso y mantenimiento establecidas en el Manual de Isofoton correspondiente (Anexo II).
- 3) Módulos con vidrios rotos que no hayan sido instalados utilizando los agujeros de anclaje traseros.
- 4) Modificaciones, instalaciones o empleos erróneos, o no realizados por personal autorizado por el Servicio de Post Venta de Isofoton.
- 5) Daños por sobretensiones, descargas atmosféricas, inundaciones, plagas, terremotos, condiciones climáticas extraordinarias, acciones de terceras partes o cualesquiera otras razones ajenas a las condiciones normales de funcionamiento de los Módulos y que sean ajenas al control de Isofoton.

e) Los derechos de garantía aquí establecidos no cubren los costes de transporte de los Módulos defectuosos, derivados de la devolución a Isofoton y de su posterior reposición al cliente. No cubre, así mismo, los costes de intervención derivados del desmontaje de los Módulos defectuosos, ni los de la reinstalación posterior de los Módulos repuestos, salvo que se trate de Módulos adquiridos para ser utilizados en el territorio de la Unión Europea, en cuyo caso

# Los efectos del sombreado.



# Sistemas de seguimiento de la posición del sol



# Sistemas de seguimiento de la posición del sol

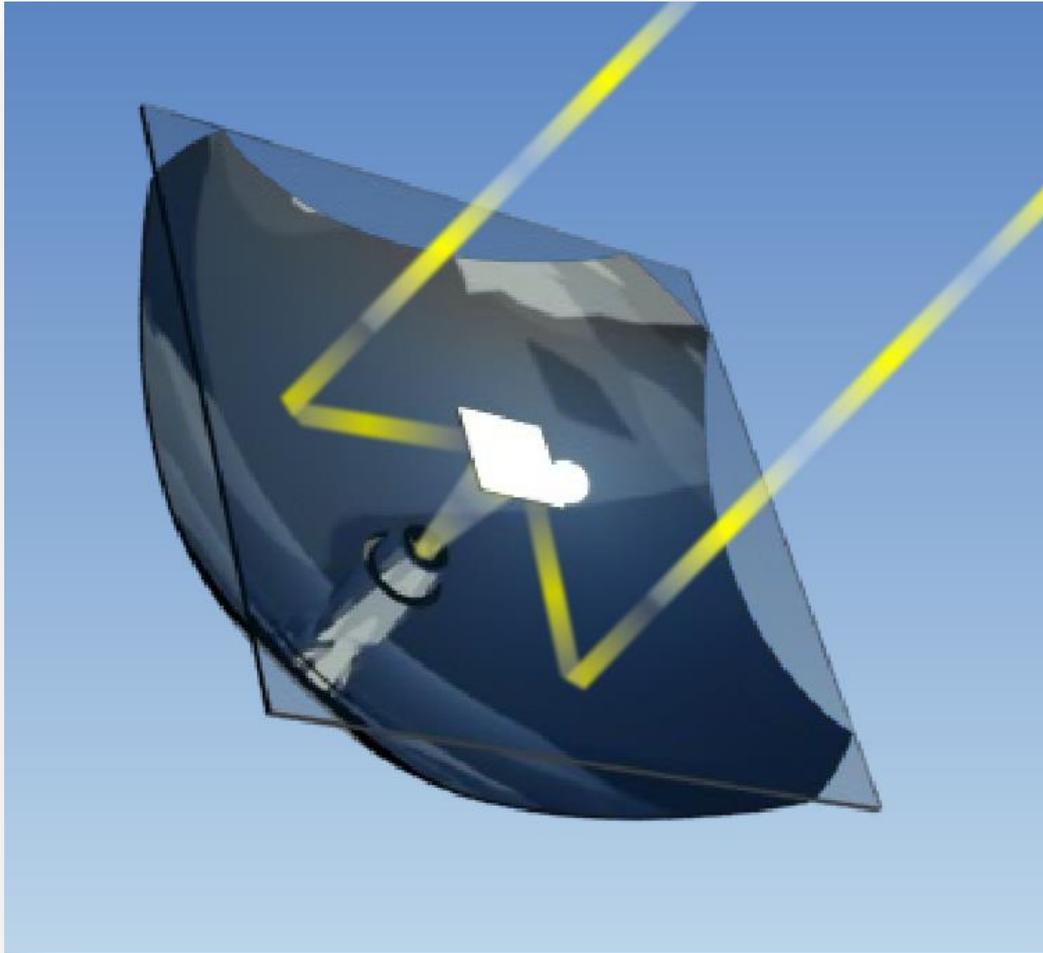
- **Ventajas**

- Captan más radiación directa.
- No significa necesariamente el mismo incremento en producción.
  - Menos por temperatura.
  - Más por eficiencia del inversor.

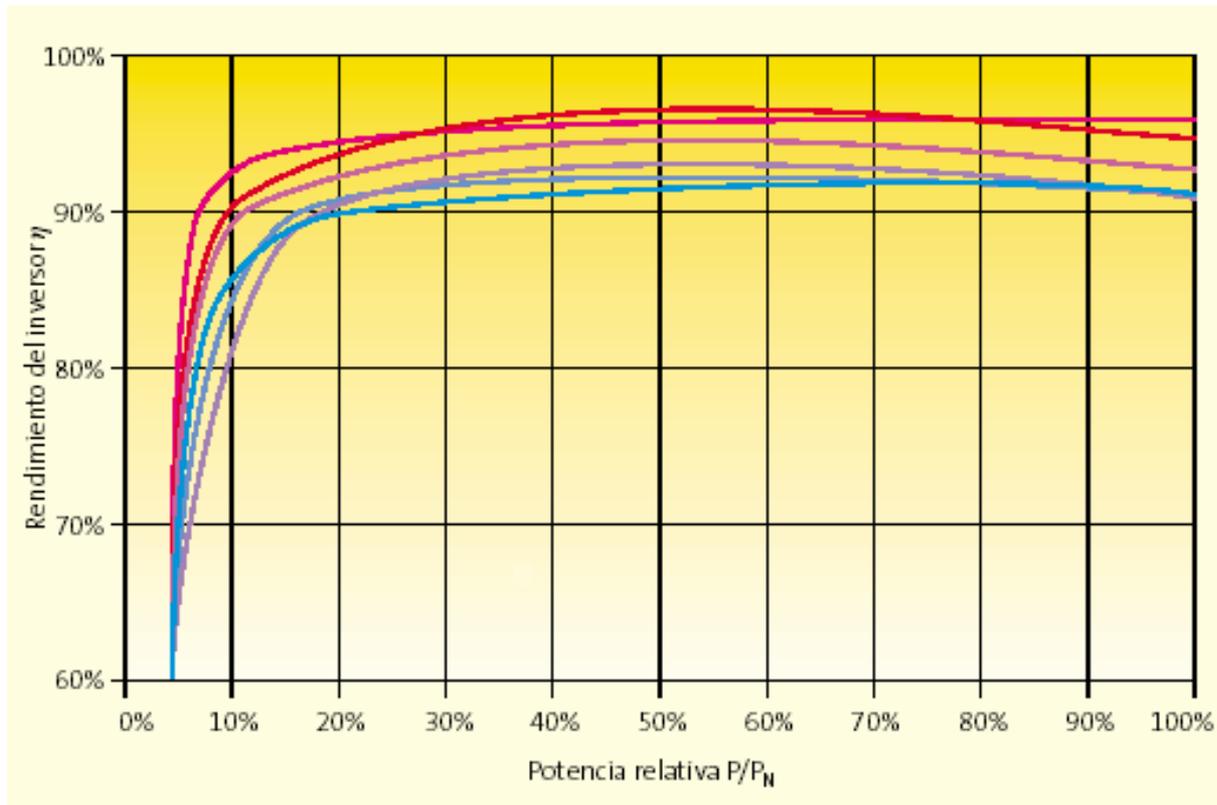
- **Inconvenientes**

- Mayor coste:
- Menor fiabilidad.

# Concentradores.



# Curvas de rendimiento de los inversores.

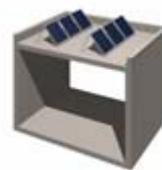
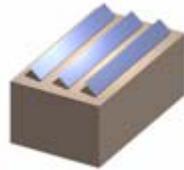


## 8.- Integración en los edificios.

# Integración arquitectónica de instalaciones fotovoltaicas

- **Terrazas planas**

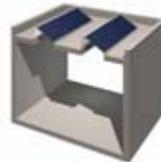
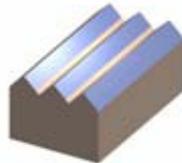
Estructura soporte sobre el tejado



Parasol FV:



Claraboyas en cubiertas

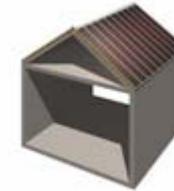
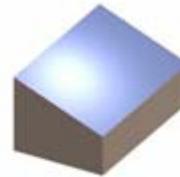


- **Tejados inclinados**

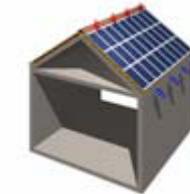
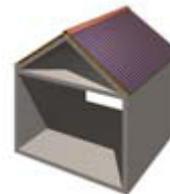
Montados sobre el tejado



Sustituyendo parte  
del tejado



Con refrigeración  
posterior

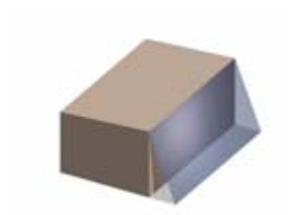


- **Fachadas.**

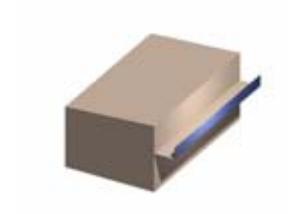
Total o  
parcialmente  
integrada



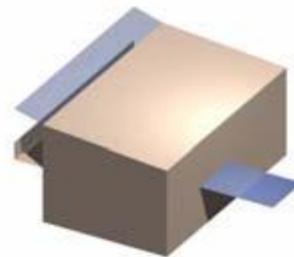
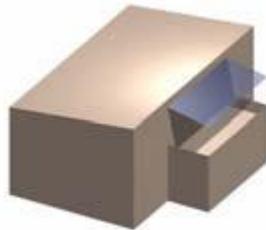
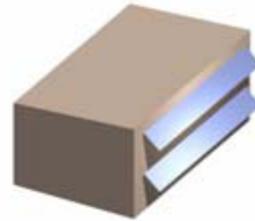
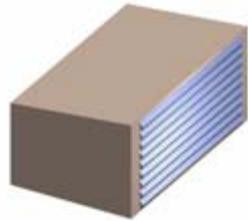
Haciendo efecto  
invernadero



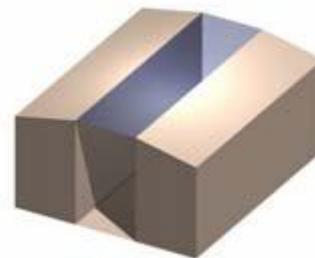
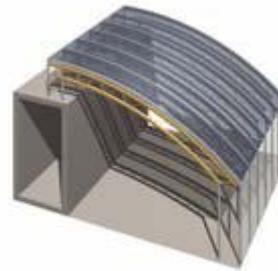
Cerramiento de balcón

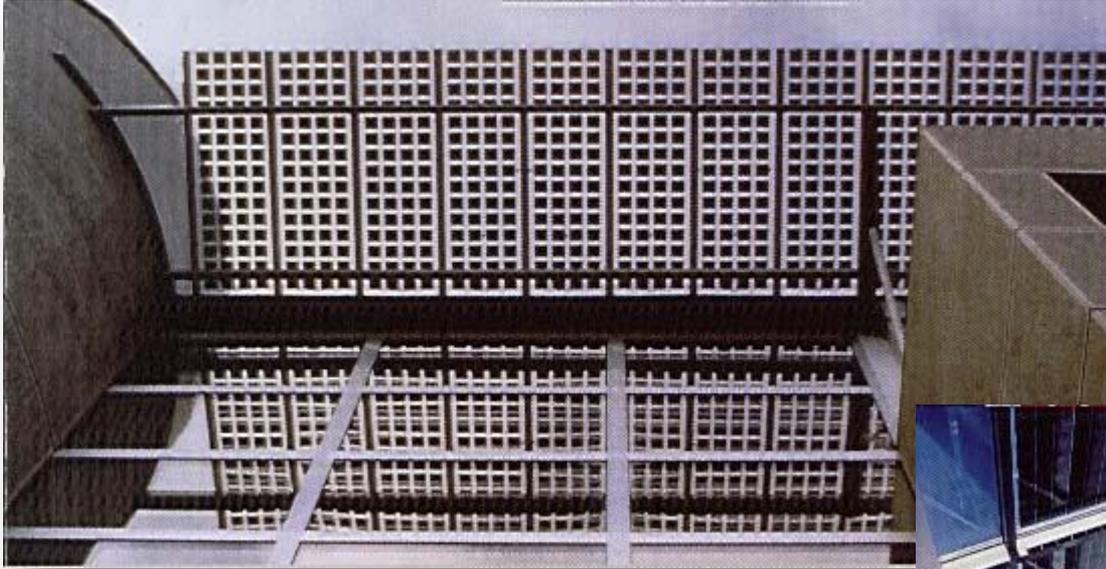


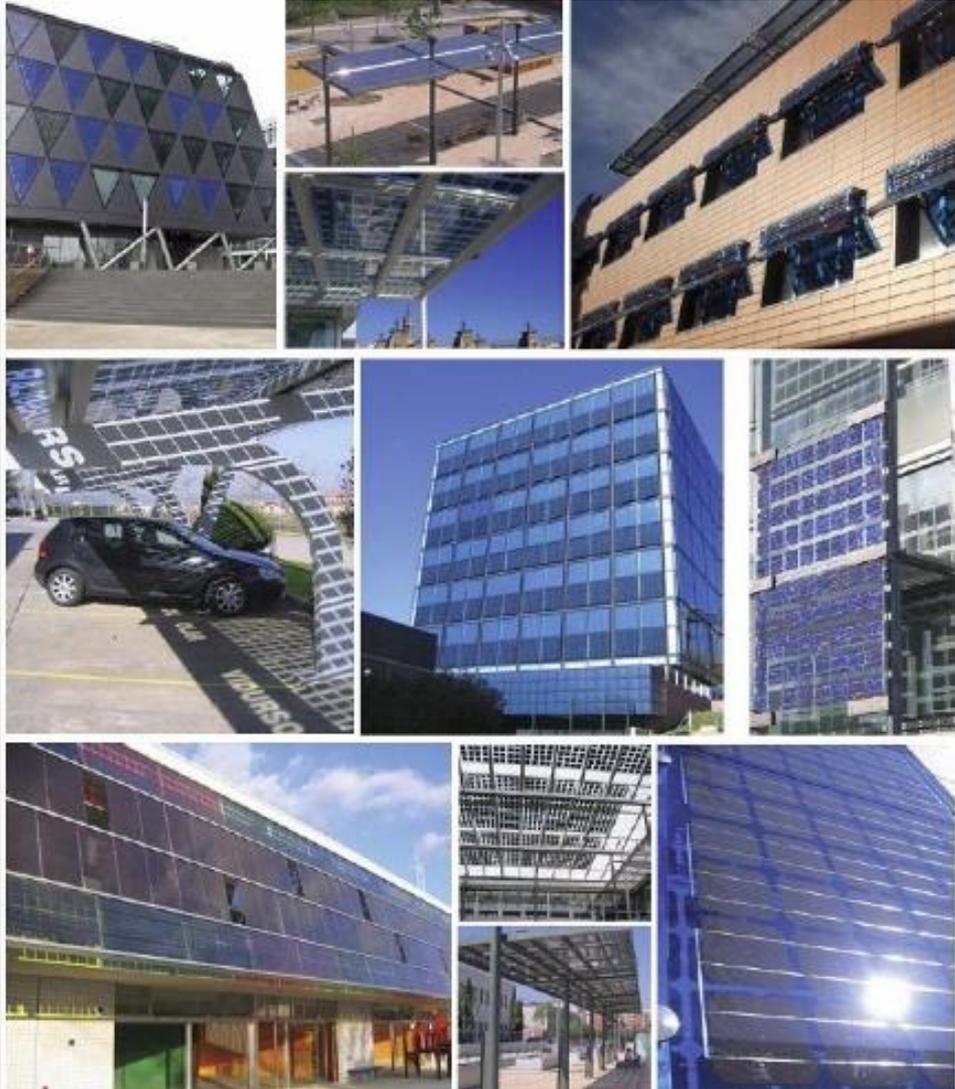
- **Fachadas: Voladizos.**



- **Otras combinaciones.**









## 8.- Seguridad y protecciones.

## Factores que influyen en la magnitud del accidente eléctrico:

1. Intensidad
  - $> 30$  mA
2. Tiempo de exposición
  - $>$  segundo.
3. Recorrido de la corriente.
  - Paso por la cabeza y el tronco.
4. Tipo de corriente.

- **VARISTORES**

**Sobretensiones  
transitorias de origen  
atmosférico  
30%**



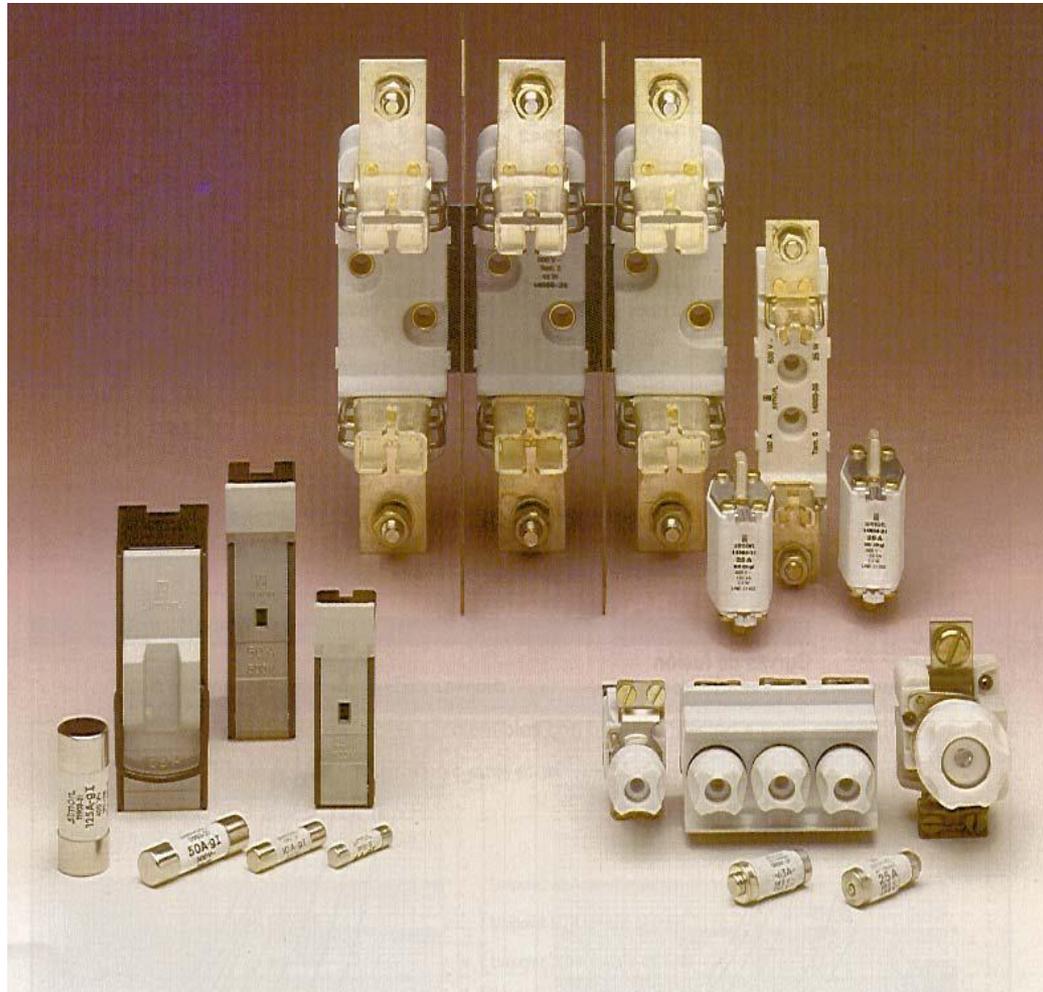
**Sobretensiones  
transitorias de  
maniobra  
70%**



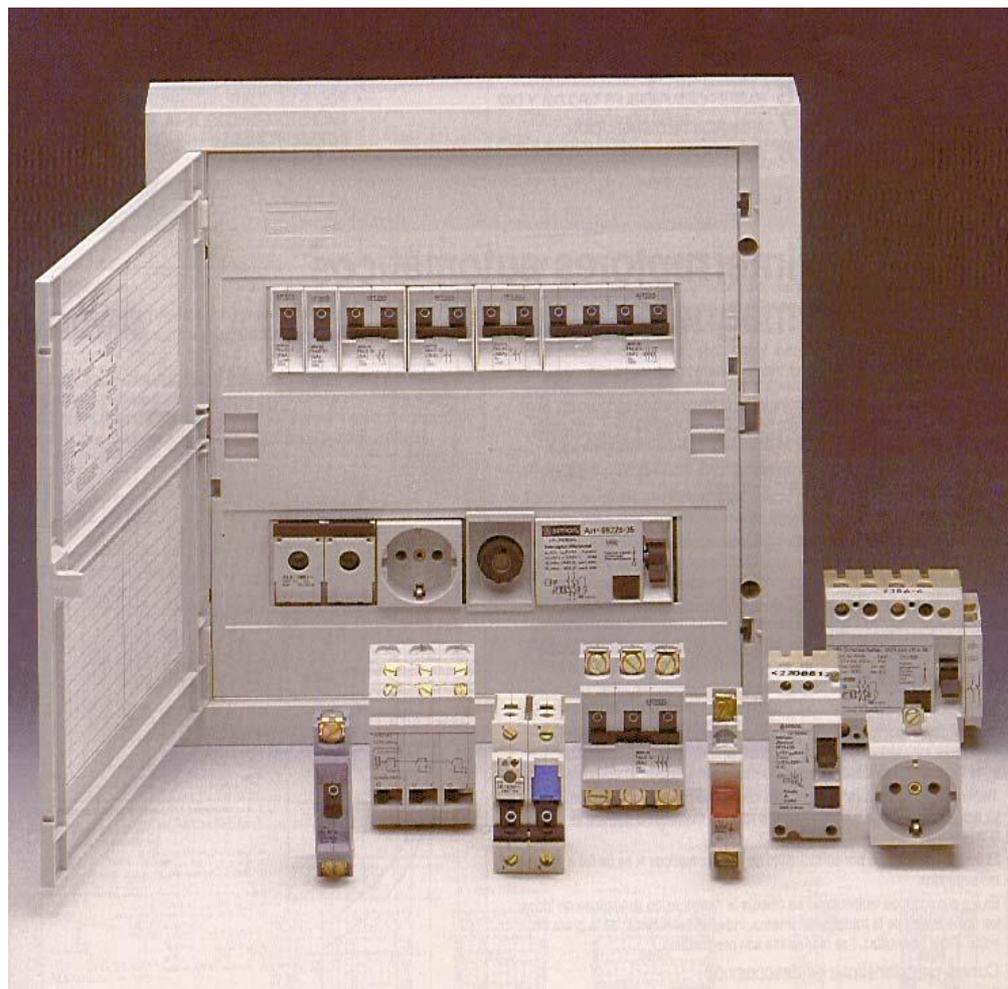
**SOLUCIÓN:**



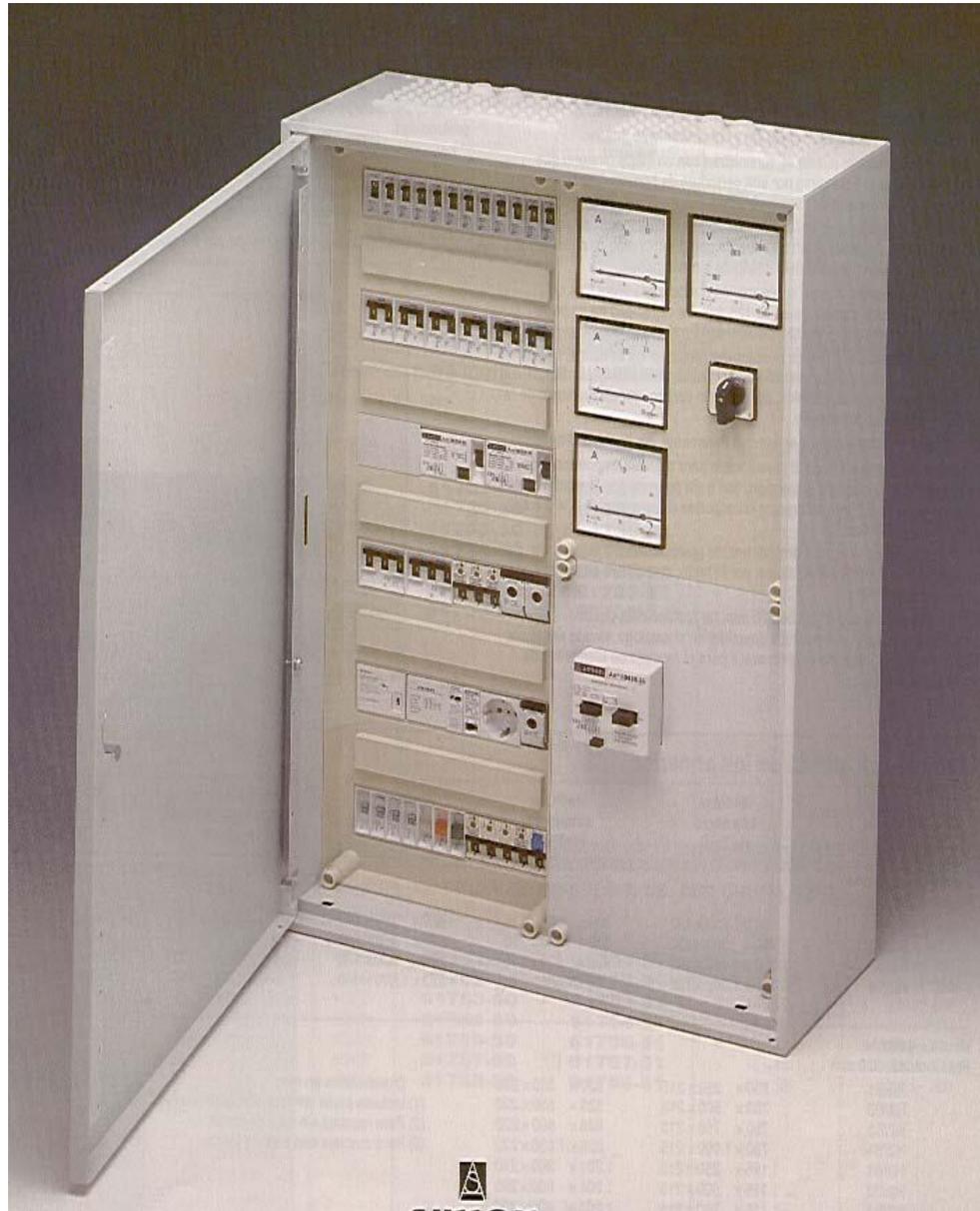
## Portafusibles y fusibles diversos



## Elementos básicos de protección. Cuadro tipo.



Cuadro general tipo



## Conexión clase II entre paneles



# Medidas de seguridad en instalaciones convencionales:

Aislamientos.

Neutro a tierra.

Puesta a tierra.

Funcionamiento del interruptor diferencial.

Funcionamiento del interruptor magnetotérmico/fusibles

Funcionamiento de seccionadores.

Funcionamiento del varistor.

Funcionamiento de diodos.

# Interconexión a red.

- A. Protección contra las características de la corriente de red:
  - Forma de onda.
  - Tensión.
  - Frecuencia.
- B. Protección frente a cortocircuito desde la red.
- C. Protección frente a mantener en tensión la red cuando hay avería (isla).

10.- Contenido de un proyecto (Inst.  
conectada a red)

## 1. **Memoria descriptiva**

1. **Hoja resumen de datos generales**
2. **Agentes**
3. **Información previa**
  1. *Objeto, alcance y antecedentes del proyecto*
  2. *Normas y referencias. Programa de cálculo utilizados*
  3. *Datos del emplazamiento*
4. **Descripción del proyecto**
  1. *Obra civil*
  2. *Módulo fotovoltaico en seguidor*
  3. *Seguidor*
  4. *Inversor*
  5. *Modulo fotovoltaico en instalación fija*
  6. *Instalación fija*
  7. *Estructura de soporte en instalación fija*
  8. *inversores instalación fija*
  9. *Instalación eléctrico en bajo tensión para seguidores*
  10. *Instalación eléctrica en baja tensión para fija*
  11. *Justificante del cumplimiento de las especificaciones técnicas*
  12. *Centros de transformación*
  13. *Línea subterráneo de media tensión*
  14. *Línea aérea de media tensión*
5. **Programación de la obra**

## **2. Anexos de cálculos**

### **1. Anexo de cálculos de Instalaciones eléctricas de baja tensión en seguidor**

1. *Fórmulas generales*
2. *Resultadas obtenidas*
3. *Fórmulas de cortocircuito*
4. *Resultadas obtenidas*

### **2. Anexo de cálculos eléctricos de baja tensión en instalación fija**

1. *Circuito de continua*
2. *Circuito de alterno*
3. *Formulas de cortocircuito*

### **3. Anexo de cálculos del centro de transformación**

1. *Intensidad de media tensión*
2. *Intensidad de bajo tensión*
3. *Cortocircuitos*
4. *Dimensionado del embarrado*
5. *Protección contra sobre cargas y cortocircuito*
6. *Dimensionado de las puentes de M.T.*
7. *Dimensionado de la ventilación del centro de transformación*
8. *Dimensionado del pozo apaga fuegos*
9. *Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra*

- 4. Anexo de calculo de línea de media tensión subterránea**
  - 1. Fórmulas generales*
  - 2. Resultadas obtenidas*
- 5. Anexo de cálculo de línea aérea de media tensión**
  - 1. Resumen de fórmulas*
  - 2. Resultadas obtenidas*
- 6. Cálculo de sombras instalación fija**
- 7. Cálculo de la energía anual de generación**

### **3. Pliego de condiciones**

- 1. Disposiciones generales**
- 2. Disposiciones facultativas**
  1. *Disposiciones facultativas legales*
  2. *Seguridad en el trabajo*
  3. *Seguridad pública*
- 3. Organización del trabajo**
  1. *Datos de la obra*
  2. *Replanteo de la obra*
  3. *Mejoras y variaciones del proyecto*
  4. *Recepción del material*
  5. *Organización*
  6. *Ejecución de las obras*
  7. *Subcontratación de los obras*
  8. *Plaza de ejecución*
  9. *Recepción provisional*
  10. *Periodo de garantía*
  11. *Recepción definitiva*
  12. *Pago de obras*
  13. *Abono de materiales acopiados*
  14. *Disposición final*

#### **4. Pliego de condiciones Técnicas particulares**

1. *Obra civil*
2. *Modulo fotovoltaico*
3. *Seguidor*
4. *Inversor*
5. *Redes subterráneas de distribución en baja tensión*
6. *Centro de transformación*
7. *Condiciones para la obra civil y montaje de las líneas eléctricas de Alta tensión con conductores aislados.*
8. *Condiciones para el montaje de líneas eléctricas de alta tensión con conductores desnudos*

## **4. Planos**

### **1. Planos generales**

1. *Plano de situación*
2. *Plano de emplazamiento*
3. *Distribución de la instalación*
4. *Seguidor*
5. *Cimentación seguidor*
6. *Estructura instalación fija*

### **2. Planos de instalaciones de baja tensión**

1. *Conexión de las modulas fotovoltaicos en seguidor*
2. *Esquema unifilar fija*
3. *Evacuación en baja tensión*
4. *Esquema unifilar de las instalaciones de evacuación*
5. *Cuadro de contadores*
6. *Caseta de contadores*
7. *Caseta de inversores*

**3. Planos de obra civil**

1. *Zanjas en baja tensión y arquetas*
2. *Zanjas en media tensión*

**4. Planos de los centros de transformación**

1. *Centro de transformación*
2. *Edificio del centro de transformación*
3. *Conexión en anillo*
4. *Puesta a tierra*

**5. Planos de instalación en media tensión**

1. *Perfil media tensión*
2. *Apoyos en medio tensión*
3. *Evacuación en media tensión*
4. *Paso a subterráneo*
5. *Puesta a tierra apoyo*

## **5. Presupuesto y estudio económico – financiero**

### **1. Presupuesto**

*1. Descomposición por capítulos*

### **2. Estudio de la viabilidad económica / financiera**

*1. Financiación*

*2. Ingresos*

*3. Gastos*

*4. Rendimientos y flujos de caja*

# Procedimiento conexión a red

- Presentación de aval. (500€/kw, excepto en edificaciones ).
- solicitud de reconocimiento de inclusión en régimen especial en la dirección general de planificación industrial y energética.
- Presentación en dirección general de planificación industrial y energética del original del resguardo.
- Solicitud de informe de capacidad de acceso y requisitos de conexión a la línea.
- Realización de memoria técnica o proyecto y programa de ejecución.
- Solicitud de conexión a compañía eléctrica.

- Autorizaciones locales y regionales. (Medio ambiente, ayuntamiento, calificación terrenos, etc..).
- Solicitud de autorización administrativa.
- Ejecución instalación (elect. Especialidad inst. Generadoras).
- Certificados final de obra y/o boletín del instalador.
- Puesta en marcha ante dirección general de planificación industrial y energética.
- Supervisión empresa distribuidora.
- Realización de contrato.
- Inscripción definitiva en régimen especial.
- Alta i.A.E.
- Facturación y sus declaraciones a hacienda.(Iva, irpf,...).

# 1 1.- Fases en la instalación de una central solar fotovoltaica.

## FASE DE CONSTRUCCIÓN

Actividades Previas		
Licencia de Obra		Obtención
Derechos sobre Finca		Compra del terreno o Derecho de Superficie
Ingeniería de Detalle		
Seguro de Obra		Incluir si es necesario
Vigilancia del Huerto		
Fotografía Aérea		Fotografía del estado del Huerto antes del inicio de Obra
Afecciones del Huerto		
	Fincas colindantes	
	Medio Ambiente	
	Carreteras	
	Aguas	
	Otros	
Contratos		
Cesión Instalaciones	Distribuidora	
Compraventa Energía	Distribuidora	
Estudio de Seguridad		
Obra Civil		
Montaje		
Electricidad		
Compra de Equipos		
	Paneles	Pagos con L/C y supervisión de entregas
	Inversores	
	Transformadores	
	Casetas	
	C.T.	
	Estructuras	
	Equipos Auxiliares	

Obra		
Replanteo		
Desbroce		
Retirada de árboles		
Vallado Perimetral		
Acceso desde carretera		
Acometidas de Obra	Luz	
	Agua	
	Casetas Obra	
Almacén	Seguros Almacenaje	
	Zona de Acopio	
	Naves Industriales	
Verificación de Placas	CIEMAT	
	Seguro Transporte	
Sistema de Drenaje		
Sistema de Limpieza de Placas		
Control de Obra	Responsable	
	Visitas e Informes	Responsable de informe, alcance y periodicidad
	Supervisión	Elección de responsable de supervisión de cada actividad
	Pruebas	Pruebas necesarias durante la obra
Cimentación		
Montaje Estructuras		
Montaje Paneles		
Instalaciones Eléctricas	Conexiones	
	Cableado	
	Cuadros Protección	
	Inversores	
	CTs	
Línea de Evacuación	Tramo Aéreo	
	Tramo Subterráneo	
Conexión a Línea o SET		
Sistema de Control		Monitorización a tiempo real
		Sistema de transmisión de datos
		Instalación de Equipo remoto en oficina

<b>Fin de Obra</b>		
Restitución del Terreno		
Sistema de Seguridad definitivo		
Limpieza final		
Fotografía Aérea		Fotografía del estado del Huerto al finalizar la Obra
Coordinación con Explotación		Recopilación de información necesaria
Contratos de Mantenimiento	Eléctrico Limpieza de Placas Repuestos	

## FASE DE PUESTA EN SERVICIO

HITOS	ORGANISMO	DOCUMENTOS NECESARIOS
Pruebas de Puesta en Marcha	Asesor Técnico	Protocolo de pruebas a realizar
Certificado Final de Obra	Dirección Obra	Visado por colegio
		Proyecto Real Ejecutado Visado
Revisión Instalaciones	OCA	Certificado Final de Obra
Contrato compraventa	Distribuidora	
		Datos Técnicos formato distribuidora
		Pto Conexión
		Certificado Inversor
		Certificado bancario cuenta asociada
		Fichero de titulares
		AA
Acta de Puesta en Marcha	Industria	
		Solicitud Acta Puesta en Marcha
		Certificado Final de Obra
		Certificado Eléctrico de BT de cada instalación
		Certificado de Inspección OCA
		Contrato de conexión a red con la distribuidora
		Declaración CE de paneles e inversores
		Certificado de inversores
		Garantía de desmantelamiento
		Hoja comunicación de datos al registro
		Solicitud inscripción definitiva en registro

## FASE DE PUESTA EN SERVICIO

HITOS	ORGANISMO	DOCUMENTOS NECESARIOS
Conexión a Red de IICC	Distribuidora	Certificado Eléctrico de BT de cada instalación Hoja Verificación modelo Distribuidora Inscripción previa en el registro Datos Técnicos formato distribuidora Pago derechos verificación, enganche
Acta de Puesta en Marcha IICC	Industria	Formato AT2 Formato AT3 (Mantenimiento)
Convenio de Cesión IICC	Distribuidora	Proyecto Visado Pago Presupuesto Conexión y Telemando Protocolo de transformadores Certificado Final de Obra Copia de Publicaciones en BOP Acta de Puesta en Marcha IICC Escritura de Cesión a Distribuidora Nota Simple de titularidad de instalaciones
REPE Definitivo	Industria	Solicitud REPE definitivo Declaración Jurada Titular Op. Venta energía Certificado Puntos de Medida provisional Acta de Puesta en Marcha

FASE O TRABAJO REALIZAR	TIEMPO	MES				MES+1				MES+2			
		1ª SEM.	2ª SEM.	3ª SEM.	4ª SEM.	1ª SEM.	2ª SEM.	3ª SEM.	4ª SEM.	1ª SEM.	2ª SEM.	3ª SEM.	4ª SEM.
Acondicionamiento de terrenos y urbanización	1 SEMANA												
Instalaciones de evacuación	4 SEMANAS												
Instalación estructuras soporte y módulos fotovoltaicos	4 SEMANAS												
Casetas o locales funcionales	1 SEMANA												
Zanjas cableado	1 SEMANA												
Cableado DC	2 SEMANAS												
Cableado AC	2 SEMANAS												
Puesta a tierra DC y AC	2 SEMANAS												
Montaje, instalación y conexionado de equipos eléctricos y aparamenta	1 SEMANA												
Pruebas y puesta en marcha de la instalación	2 SEMANAS												

# El terreno antes del inicio de las obras



Primero se allana el terreno



Se realizan las excavaciones para los cimientos de los seguidores.



La excavación de los cimientos de un seguidor realizada con una profundidad de 70 cm.



# La colocación de las armaduras de la cimentación con hormigón armado.



# Colocación del poste de sustentación del seguidor solar.



# Colocación del poste de sustentación del seguidor solar. II



## Soldando las armaduras.



## Soldando las armaduras II.



# El vertido del hormigón de cimentación.



La cimentación terminada, se pueden observar las conexiones eléctricas.



La cimentación y el apoyo del seguidor terminados.



## Panorámica de la huerta solar.



## Colocando los soportes.



# Detalle de los cables de conexión entre paneles en sus zanjas.



# Colocación de los paneles.



## Colocación de los paneles.



Vistas de los seguidores con la instalación terminada.



# Vistas de los seguidores con la instalación terminada II.



# Contadores.



## Instalando el centro de transformación.



# El centro de transformación.



Se instala una línea de media tensión para enlazar con la red de distribución.





La instalación terminada.



# Bibliografía.

Algunos de los documentos de referencia que se han utilizado para la realización de esta presentación son y que se recomiendan como lectura complementaria.

- Ponencia «Instalaciones de energía solar fotovoltaica» de Diego Carmona Fernández.
- Ponencia «Diseño y procedimiento de instalaciones solares fotovoltaicas de conexión a red» de Isidoro Lillo Bravo.
- Ponencia «La energía solar fotovoltaica: Estudios previos» de Alfonso Marcos.
- Infografías de Eroski consumer.
- Energías renovables para todos: Energía solar fotovoltaica. Iberdrola.
- Energía solar fotovoltaica en la Comunidad de Madrid. Cámara de comercio e industria de Madrid.
- Web: [news.solyclima.com](http://news.solyclima.com)
- Índice Repsol de eficiencia energética 2009. Fundación Repsol.
- Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable. IDAE.