

# ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA –CURSO 2024

## COMPONENTES Y CONCEPTOS parte 2

Ing. Diego Oroño  
Ing. Gonzalo Hermida



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



# Temario de este capítulo

- Introducción sistemas fotovoltaicos
- Paneles fotovoltaicos
- Estructura soporte
- Cableado
- Protecciones
- Punto de máxima potencia
- Inversores

# Estructura soporte



# Estructura soporte

- Tipos de estructuras:
  - En piso
    - Hincadas
    - Con bases de hormigón
  - En techo
    - Tejado
    - Fachadas
    - Planchada
- Acero inoxidable y aluminio son los materiales más comunes, también existen de acero galvanizado.
- A su vez todos los tornillos, tuercas, etc. deben ser de acero inoxidable.



# Sistemas en piso

- Estructura hincada con postes:

- montaje muy rápido
- aplicación incluso en terrenos accidentados
- ningún sellado de superficies
- desmontaje fácil (valor residual)
- no necesaria preparación del terreno
- muy bajos costes en el procesamiento
- acceso óptimo (mantenimiento del terreno)
- imposible fijar precios sin un estudio geológico
- no es posible el uso en vertederos altamente sellados



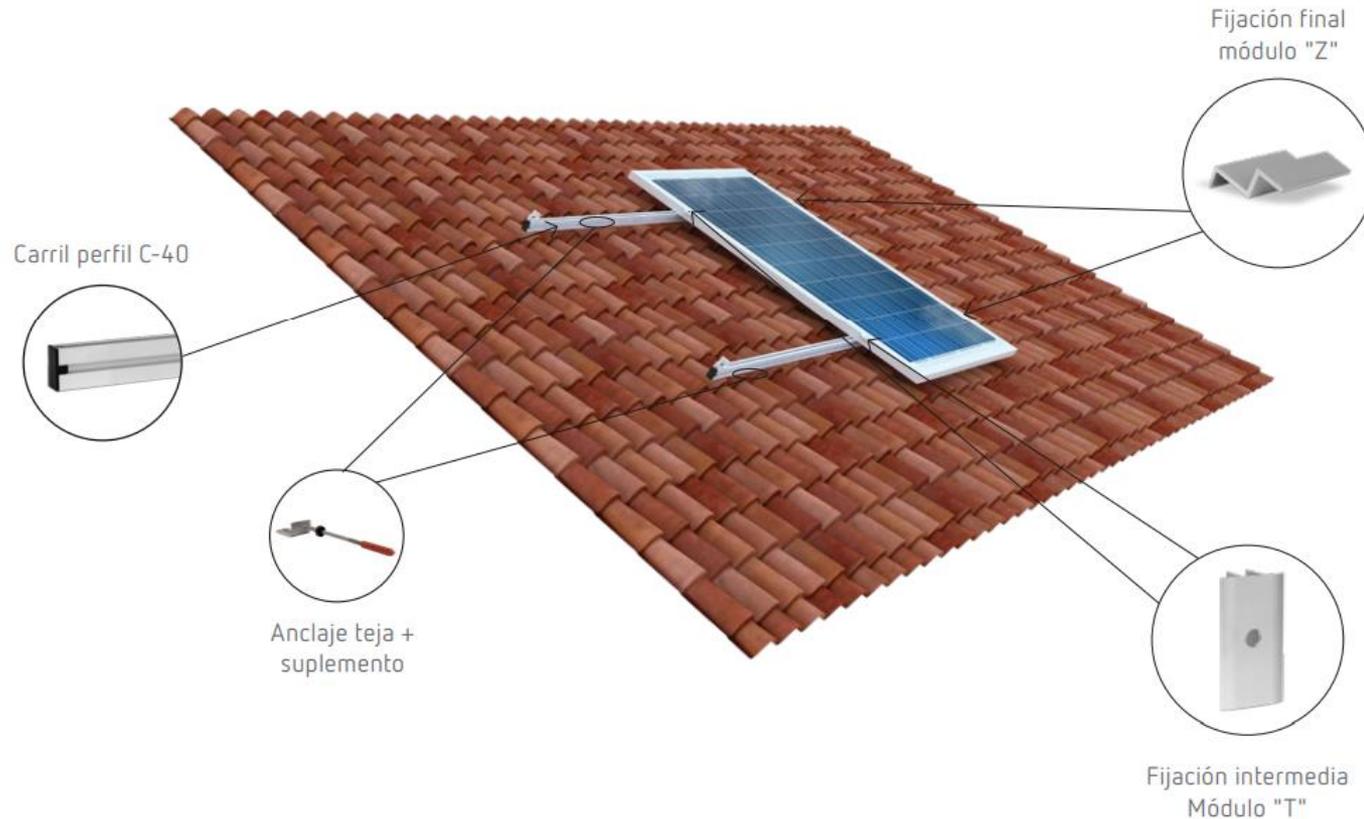
# Sistemas en piso

- Cimentación con hormigón

- fácil de registrar los cálculos en la fase preliminar de planificación
- sin problemas al usar en vertederos con un alto grado de laminado
- sin problemas, gran área de distribución de carga en suelos sensibles a la presión
- necesaria preparación costosa del terreno
- gran sellado de superficies
- en la producción y en la manipulación de costes altos



# Sistemas en techo o cubierta inclinada



# Sistemas en techo o cubierta inclinada

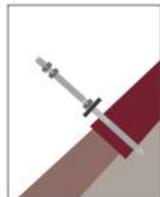
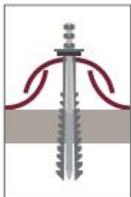
## FIJACIONES PARA TEJA



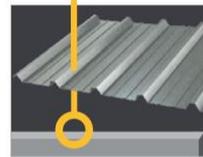
## TORNILLO PARA TEJA ÁRABE

Características:

- › Tornillo para fijación de soportes en cubiertas con teja árabe. Se suministra con pletina suplementaria que aporta la posibilidad de regulación.
- › Todos los elementos se entregan en acero inoxidable.
- › Otros acabados bajo pedido. Se puede fijar en hormigón y madera.



## FIJACIONES CUBIERTA PANEL SANDWICH O CHAPA GRECADA



## FIJACIÓN EN CORREA METÁLICA

Características:

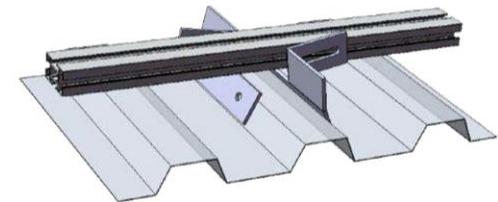
- › Tornillos de acero inoxidable para fijación en cubiertas de nave. Fijación directa en la correa.



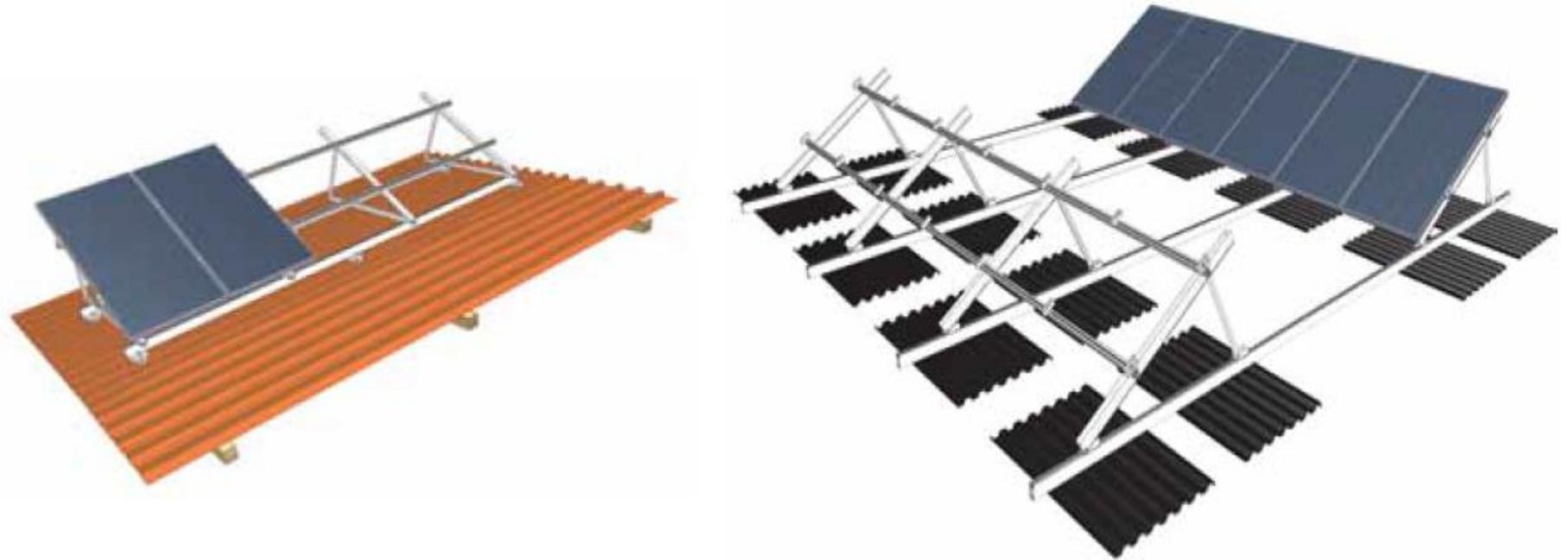
## FIJACIÓN EN CHAPA

Características:

- › Fijación en chapa de acero inoxidable para fijar directamente en las ondulaciones de cubiertas tipo "sandwich".
- › Disponibles diferentes modelos según tipo de cubierta.
- › Configuraciones a medida.



# Con sobre estructura

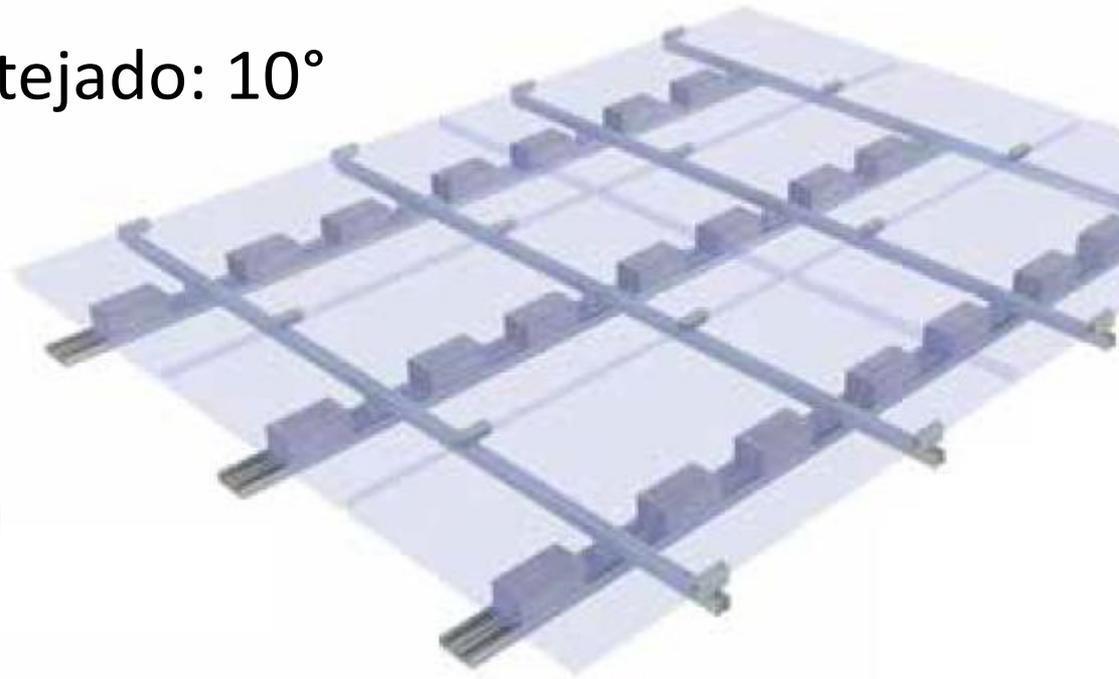


**Este tipo de estructura se ha dejado de utilizar por costo/beneficio asociado**

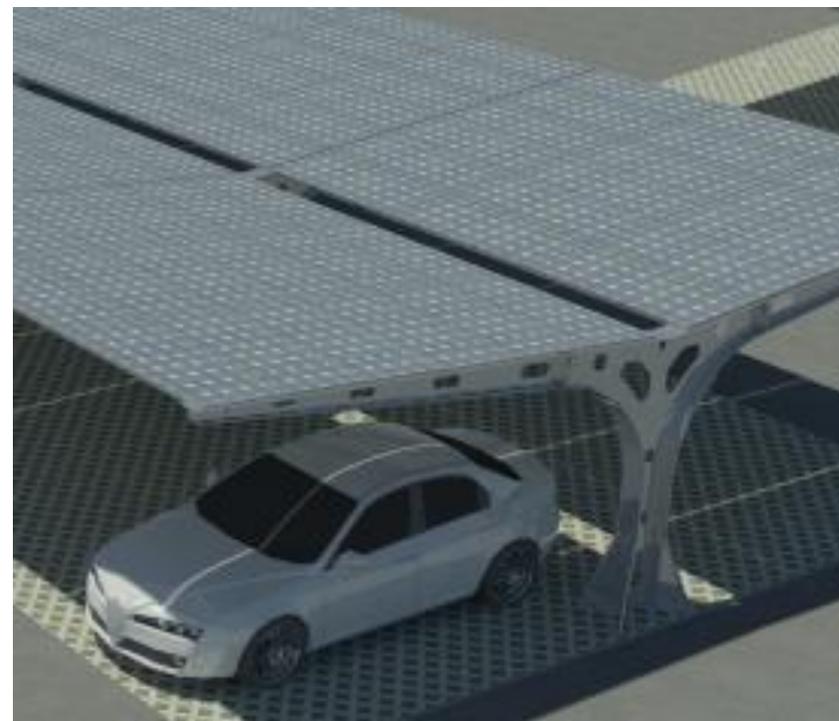


# Sistemas con contrapeso

- Paralelo al tejado
- Sin penetración del tejado
- Para cubiertas planas poco inclinadas
- Inclinación máxima del tejado:  $10^\circ$



# Sistemas para Parking



# Algunos aspectos a tener en cuenta

- No todos los sistemas de montaje sirven para todos los módulos, y algunos son particulares para algunos diseños
- Cuando se compra la estructura, es necesario aclararle al fabricante **cuál es el módulo que se va a utilizar ahí**.
- Hay necesidades de espacio bajo los módulos para permitir el suficiente flujo de aire (en el caso en techo).
- Tener en cuenta normas de construcción de cada país.
- Es necesario hacer un **estudio de suelos** (en el caso de montaje en piso) o un **estudio estructural** (en el caso de montaje en techo).
- Particularmente importante realizar un estudio de cargas de viento (de acuerdo a la normativa de cada país).
- Distancia entre mesas en caso de estructura en piso.

# HINCADO



# Ensayos Pull-Out Test

- El objetivo de los ensayos Pull Out test es evaluar el comportamiento de los perfiles empleados en las estructuras soporte de las mesas o paneles de una instalación fotovoltaica, en base a las características de los diferentes tipos de terreno existentes.
- Las pruebas de carga en este tipo de estructuras se planifican con el objetivo de comprobar el comportamiento de los elementos trabajando en condiciones similares a las de servicio, los cuales acompañados de un seguimiento de deformaciones y cargas resultan de gran eficacia para el estudio de elementos estructurales.



# Ensayos Pull-Out Test

## Ensayo de carga lateral simple

El ensayo se ejecuta mediante ciclos de escalones de incremento de carga, según valores recogidos en documentos de especificaciones del cliente.



## Ensayo de carga a tracción axial simple

El ensayo de tracción o ensayo de carga vertical consiste en el arrancamiento del perfil mediante la acción de una carga vertical ascendente.



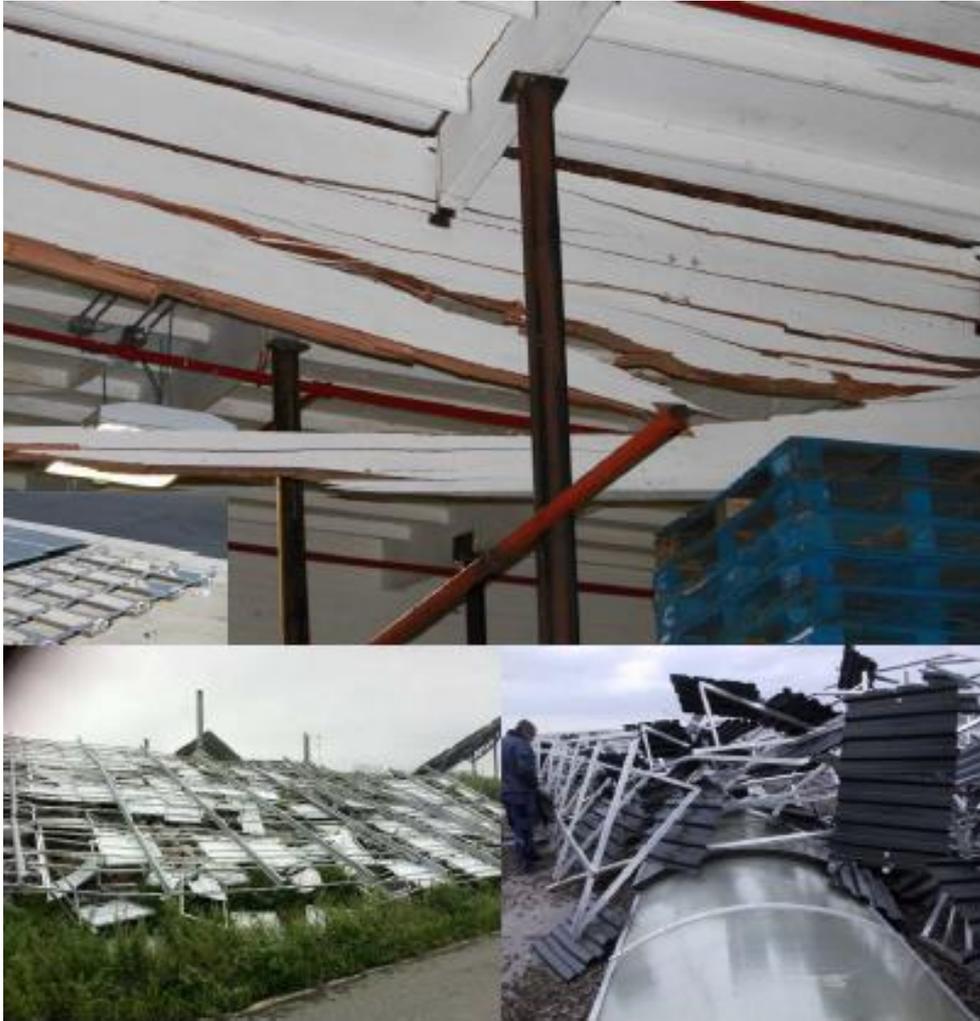
# Lo que no se debe hacer!



# Lo que no se debe hacer!



# Lo que no se debe hacer!



# Lo que no se debe hacer!



# Cableado



# Cable fotovoltaico

- Los cables utilizados en el cableado de continua de los sistemas PV deben tener alguna propiedad adicional que el cableado normal. Entre ellas se encuentran:
  - Doble aislamiento
  - Resistencia a los rayos UV y al agua
  - Amplio rango de temperatura de funcionamiento (entre -40 °C a 120°C)
  - De fácil manejo (flexible, liviano)
  - Libre de halógenos
  - No propagación de la llama
  - Reducida emisión de gases tóxicos



# Hoja de datos

## CARACTERÍSTICAS CABLE



Cable flexible



No propagación de la llama  
UNE EN 60332-1-2



No propagación del incendio  
EN 50305-9;  
DIN VDE 0482 parte 266-2-5



Baja emisión de humos opacos  
UNE EN 61034-2



Libre de halógenos  
UNE EN 50267-2-1



Reducida emisión de gases tóxicos  
NFC 20454



Muy baja emisión de gases corrosivos  
UNE EN 50267-2-3



Resistencia a la absorción de agua



Resistencia al frío



Resistencia a los rayos ultravioleta



Resistencia a los agentes químicos



Resistencia a las grasas y aceites



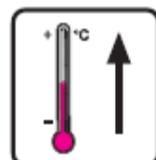
Resistencia a la abrasión



Resistencia a los golpes



Servicios móviles



Servicio en alta temperatura



Temperatura de servicio (instalación fija o móvil): -40 °C, +120 °C (20000 h); -40 °C, + 90 °C (30 años).

Tensión nominal: 0,6/ 1 kV (tensión máxima en alterna: 0,7/1,2 kV, tensión máxima en continua: 0,9/1,8 kV).

Ensayo de tensión en alterna: 15 min, 6 kV.

Ensayo de tensión en continua: 15 min, 10 kV.

Otros ensayos eléctricos: resistencia de conductor, resistencia de aislamiento, resistencia superficial, ensayos de tensión... a 20 y 90 °C sumergido en agua y a 120 °C al aire. Ensayo de estabilidad en tensión continua: 10 días, 85 °C, agua salada, 1,5 kV (EN 50305-6).

# Hoja de datos

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)

| Sección nominal mm <sup>2</sup> | Diámetro del conductor mm | Diámetro exterior del cable (valor mín.) mm | Diámetro exterior del cable (valor máx.) mm | Peso kg/km | Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km | Intensidad admisible al aire (1) A | Caída de tensión (continua o alterna cos φ = 1) V/A km |
|---------------------------------|---------------------------|---|---|------------|--|------------------------------------|--|
| 1x1,5                           | 1,6                       | 4,4   | 4,8   | 29         | 13,7                                   | 25                                 | 26,5   |
| 1x2,5                           | 1,9                       | 4,7   | 5,1   | 43         | 8,21                                   | 34                                 | 15,92  |
| 1x4                             | 2,4                       | 5,2   | 5,6   | 58         | 5,09                                   | 46                                 | 9,96   |
| 1x6                             | 2,9                       | 5,7   | 6,1   | 76         | 3,39                                   | 59                                 | 6,74   |
| 1x10                            | 4,0                       | 6,8   | 7,2   | 120        | 1,95                                   | 82                                 | 4  |
| 1x16                            | 5,5                       | 8,3   | 9,0   | 178        | 1,24                                   | 110                                | 2,51   |
| 1x25                            | 6,4                       | 10,0  | 10,7  | 273        | 0,795                                  | 140                                | 1,59   |
| 1x35                            | 7,5                       | 11,1  | 11,8  | 364        | 0,565                                  | 174                                | 1,15   |
| 1x50                            | 9                         | 12,6  | 13,3  | 500        | 0,393                                  | 210                                | 0,85   |
| 1x70                            | 10,8                      | 14,4  | 15,2  | 686        | 0,277                                  | 269                                | 0,59   |
| 1x95                            | 12,6                      | 16,2  | 17  | 899        | 0,21                                   | 327                                | 0,42   |
| 1x120                           | 14,3                      | 17,7  | 18,7  | 1131       | 0,164                                  | 380                                | 0,34   |
| 1x150                           | 15,9                      | 19,7  | 20,7  | 1382       | 0,132                                  | 438                                | 0,27   |
| 1x185                           | 17,5                      | 21,3  | 22,3  | 1669       | 0,108                                  | 500                                | 0,22   |
| 1x240                           | 20,5                      | 24,2  | 25,5  | 2208       | 0,0817                                 | 590                                | 0,17   |

(1) Instalación monofásica (corriente continua o alterna) en bandeja al aire (40°C). Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,9.  
 → XLPE2 con instalación tipo F → columna 13 (1x monofásica).



# Y si no usamos cable solar:



# Protecciones



# Aspectos de la protección

El sistema de protección de una instalación eléctrica debe diseñarse para cumplir dos objetivos:

- **Proteger a los equipos** evitando su mal funcionamiento y deterioro
- **Proteger a las personas** frente a accidentes eléctricos, evitando primero que estos se produzcan y en el caso de que ocurran limitando las consecuencias del choque eléctrico.

# Protección de equipos

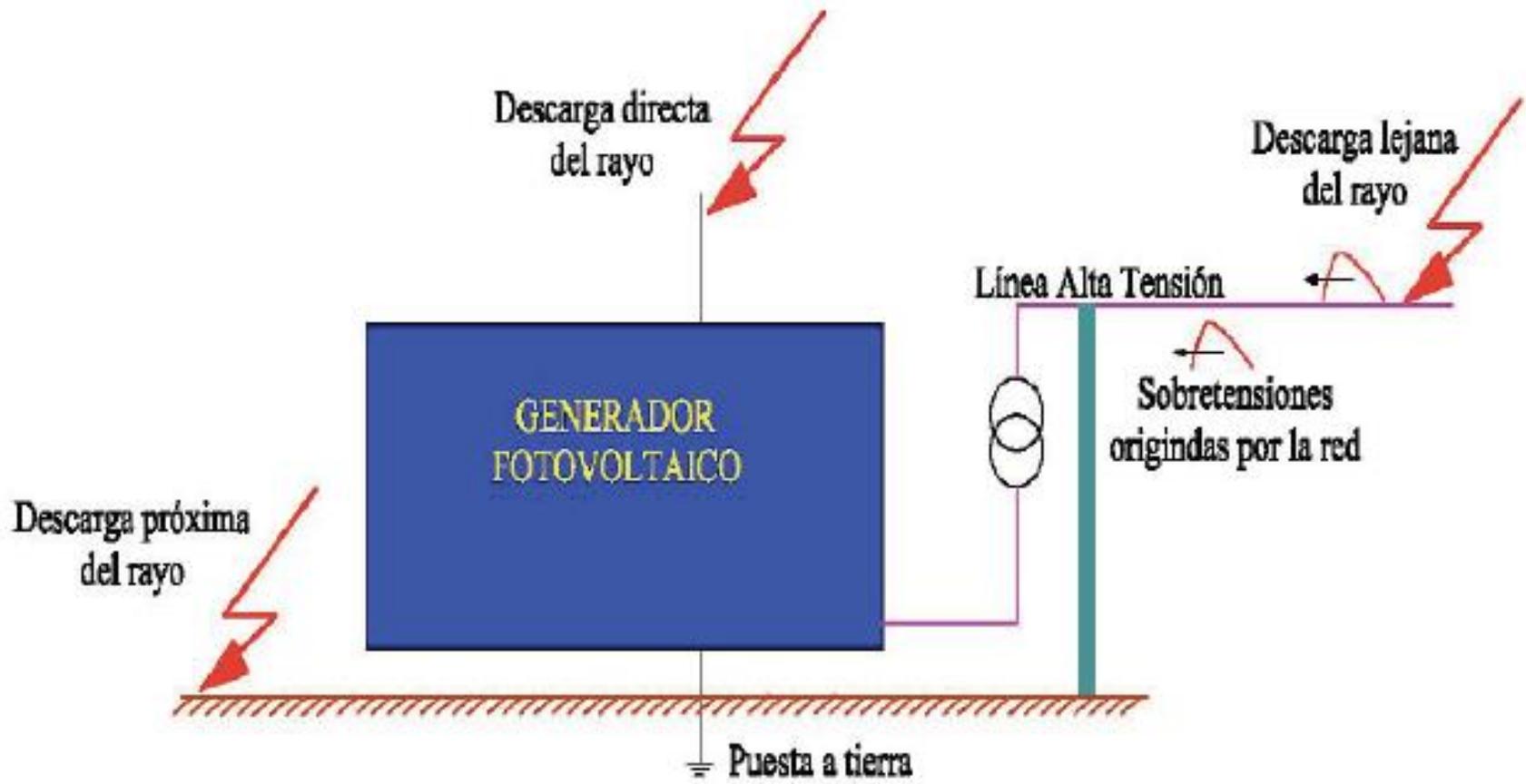
- Las faltas eléctricas que pueden aparecer en la instalación y que pueden dañar a los equipos son aquellas que hacen que se sobrepasen los valores nominales de tensión e intensidad bajo los cuales han sido diseñado
- Los agentes externos (rayos UV, temperaturas, humedad, etc.) también pueden afectar a los equipos de la instalación, por lo que es necesario realizar una buena especificación de los materiales de la instalación frente a estos agentes.

# Protección de personas

- Los accidentes con riesgo eléctrico para las personas pueden ser de dos tipos:
  - **Contactos directos:** contacto accidental con partes activas de la instalación. Este tipo de defecto generalmente involucra algún tipo de responsabilidad de la persona afectada, se suele producir en tareas de mantenimiento, revisión, etc.
  - **Contactos indirectos:** contacto con las masas metálicas que puedan quedar accidentalmente con tensión como consecuencia entre las partes activas de la instalación y estas.

# SOBRETENSIONES

- Las sobretensiones constituyen el mayor factor de riesgo para los equipos de las instalaciones fotovoltaicas. Las más importantes tienen su origen en descargas de rayos o en sobretensiones generadas en la propia red eléctrica (conexión y desconexión de interruptores, transitorios, cortocircuitos, etc.) y que pueden llegar a la instalación a través de la red.
- Sobretensiones de origen atmosférico:
  - Por descargas directas en la instalación
  - Por descargas en el entorno próximo a la instalación
  - Por descargas lejanas y que llegan por la red de conexión



# Sistema de protección externa contra rayos

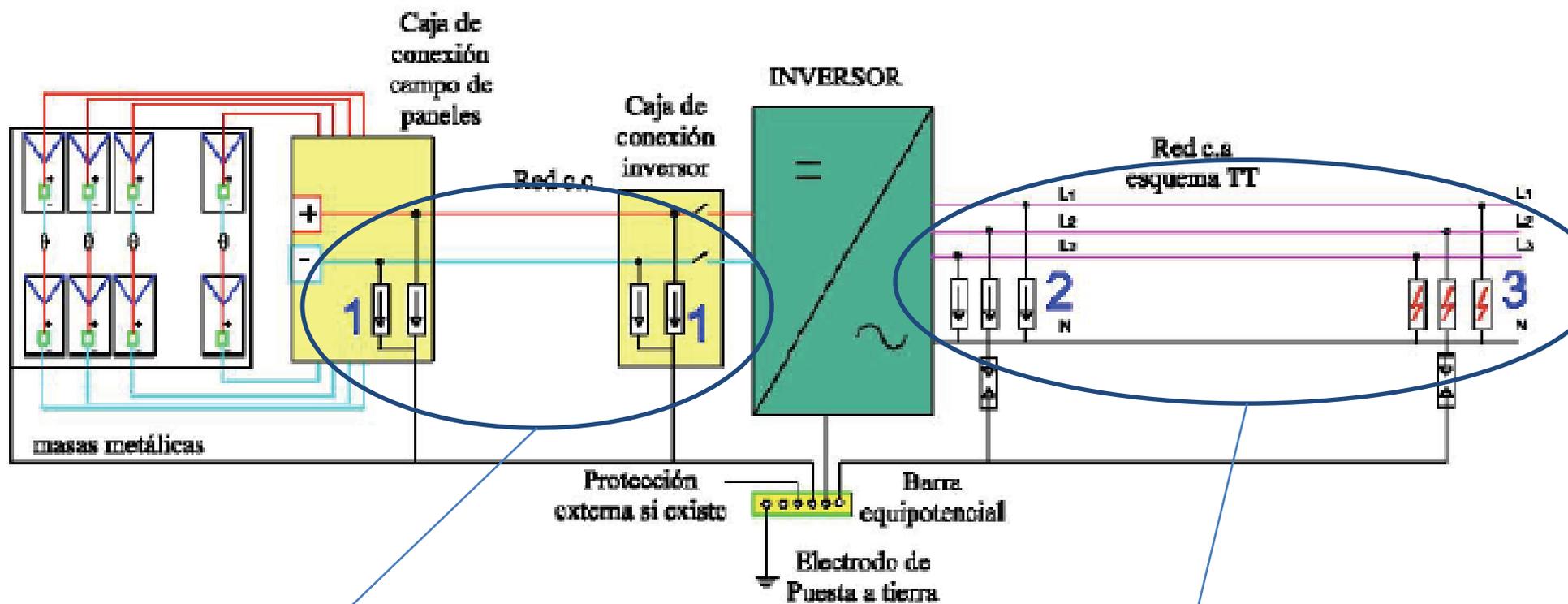
- Es el conjunto de elementos situados en el espacio para proteger y que sirven para captar y derivar la corriente del rayo a tierra.
- Dispositivo captador, derivadores y puesta a tierra
- Dificultad de utilizar este sistema en aplicaciones PV
  - Grandes superficies
  - Sombras sobre paneles
  - Solo en zonas con muy alto nivel isocerámico



# Sistema interno de protección

- **Conexión equipotencial:** Se basa en unir la estructura metálica, elementos metálicos de dispositivos, conductores externos, circuitos eléctricos y de comunicación a una barra de conexión equipotencial y esta a tierra.
- **Descargadores de sobretensión:** Encargados de limitar mediante descargas a tierra, los valores permitidos de sobretensión en los dispositivos
- Funcionan como un interruptor controlado por tensión

# Instalación de descargadores



Protección de la red de corriente continua

Protección de la red de corriente alterna

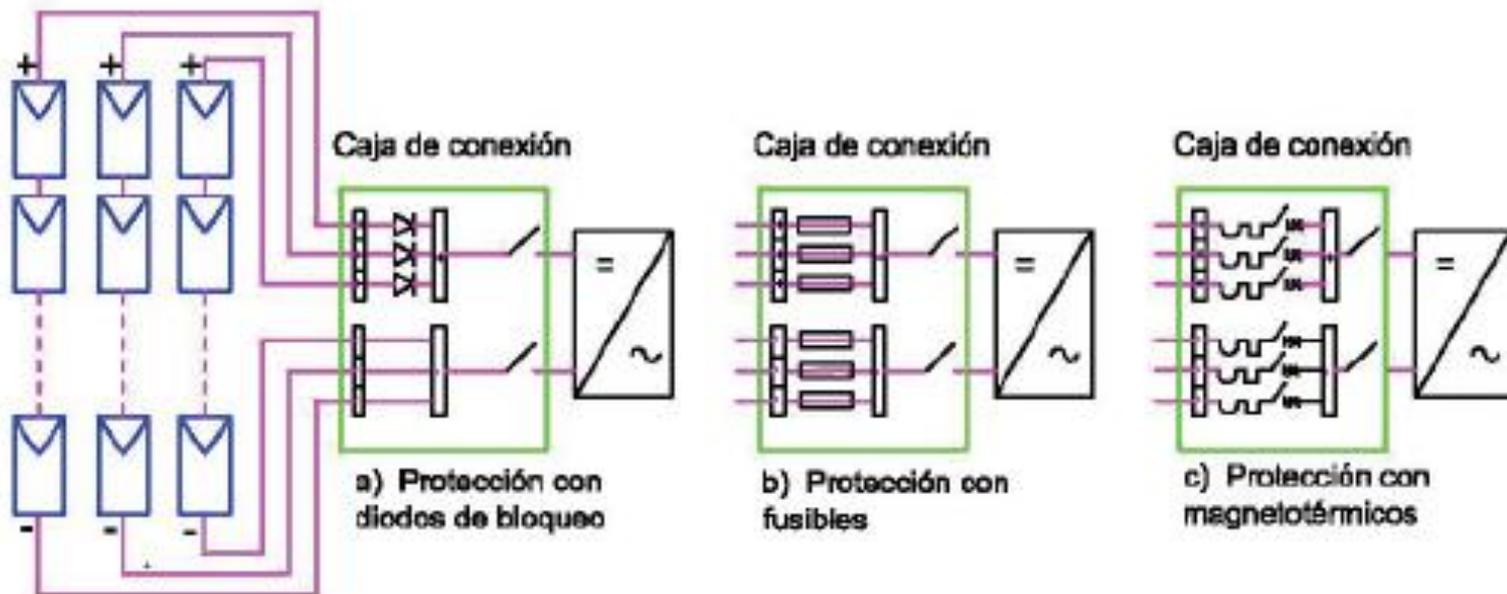
# Descargadores de sobretensión

- La tensión nominal del descargador se debe escoger en base a la máxima tensión de vacío del generador PV
- Como corriente nominal de descarga se debe escoger **no menos de 10 kA** en instalaciones sin protección externa y no menos de 20 kA con protección externa
- Se recomienda el uso de **descargadores con curva clase C** (media capacidad de descarga)



# SOBRECARGAS Y SOBRECORRIENTES

- En la red de continua:
  - Diodos de bloqueo
  - Fusibles
  - Termomagnéticas

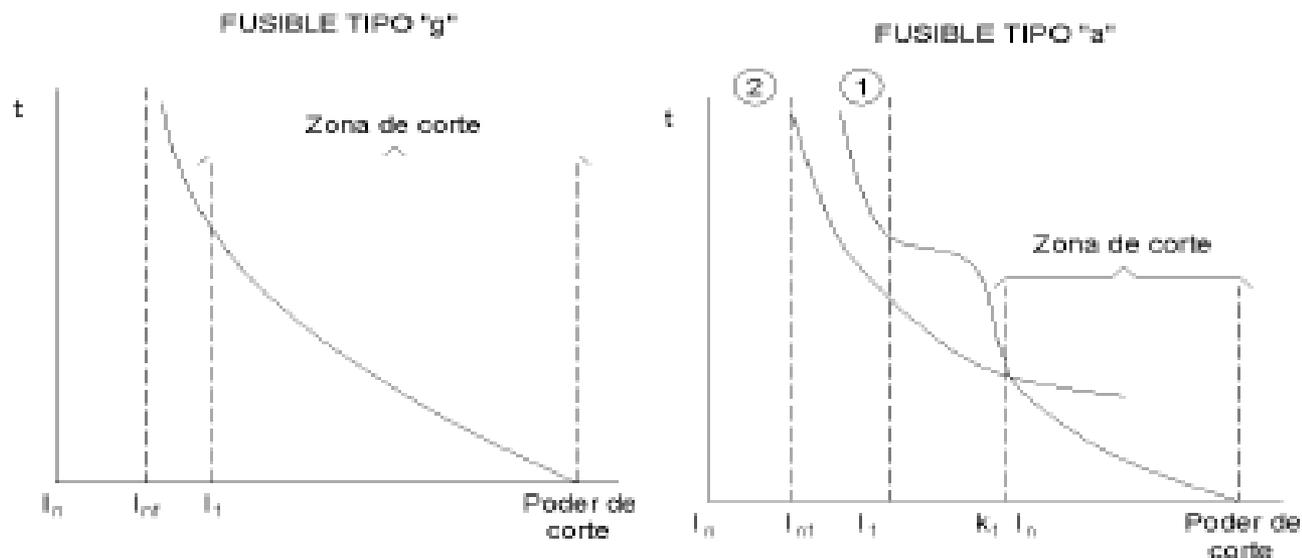


# FUSIBLES

- Se deben utilizar fusibles de rango completo tipo (gR) y apto para su uso en corriente continua
- Cada zona de protección debe estar equipada con dos fusibles uno colocado en la polaridad positiva y otro en la negativa
- La tensión asignada mínima del fusible debe ser mayor a **1.1 veces la tensión máxima a circuito abierto del generador**
- La corriente se debe escoger para que no produzca su fusión en condiciones normales de funcionamiento y además garantice un límite máximo de intensidad que sea soportado por los elementos de la instalación

## 1ª Letra: Zona de corte

Rango de  $I$  que el fusible es capaz de cortar y proporcionar protección adecuada.



## 2ª Letra: Categoría de empleo

Tipo de elemento a proteger: cable (G), motor (M), semiconductor (R), minería (B) ...

Protección efectiva  $\Rightarrow$  característica  $I/t$  fusible por debajo de característica  $I_{adm}/t$  del elemento

## Denominaciones usuales

|        |         |                 |         |
|--------|---------|-----------------|---------|
| gG     | gM, aM  | gR, aR          | gB      |
| cables | motores | semiconductores | minería |

# Interruptor general de continua

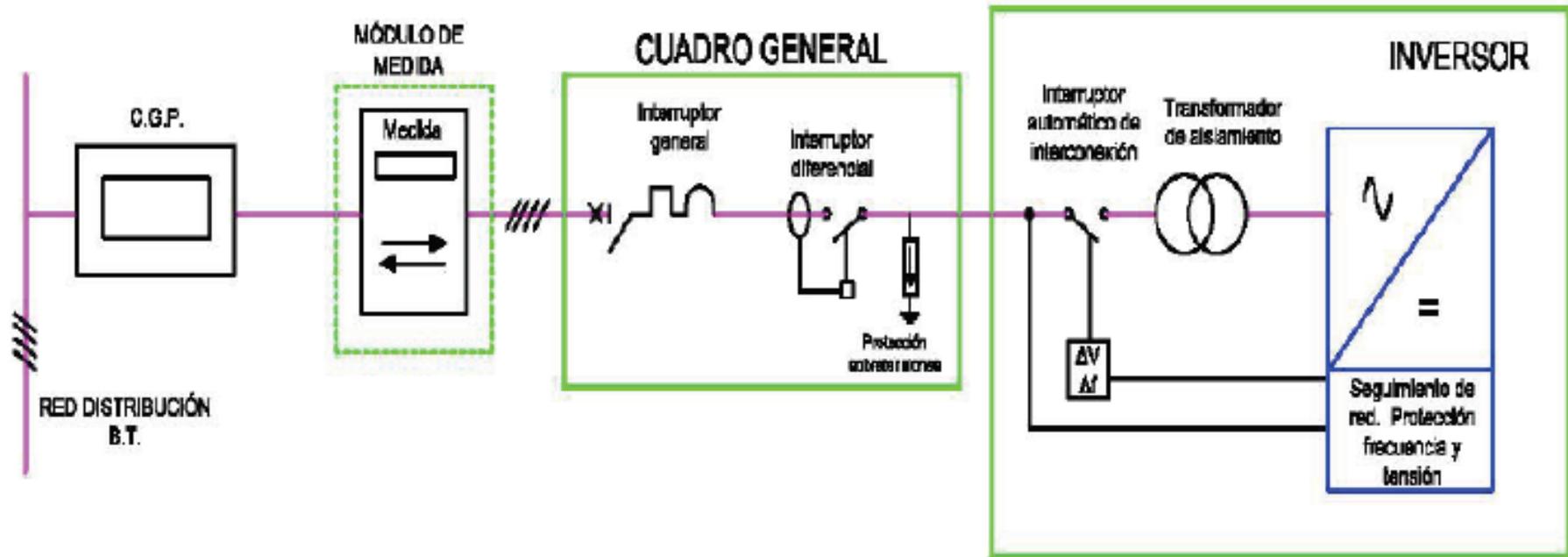
- De acuerdo con la norma IEC 600364-7-712 es obligatoria la instalación de un interruptor principal de continua entre el generador fotovoltaico y el inversor.
- Este interruptor tiene que ser capaz de soportar tanto la **tensión del generador para una temperatura de célula igual a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  como 1,25 veces la intensidad de corto circuito en condiciones STC del generador fotovoltaico.**



# Protecciones en la Red de alterna

- La conexión del generador PV en la red de alterna no deberá provocar averías, ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa aplicable.
- El funcionamiento de la instalación fotovoltaica no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución





# Interruptor general termomagnético

- Protege a la instalación frente a sobrecargas o sobrecorrientes, y además debe separar con todas las garantías la instalación fotovoltaica de la red para trabajos de reparación y/o mantenimiento.
- Para el caso de la microgeneración, según el reglamento de UTE: “el interruptor general termomagnético deberá ser accesible a personal de UTE, bloqueable y precintable en posición abierto con el objeto de poder realizar la desconexión manual de la instalación de micro generación. Deberá ser de una potencia de corto circuito igual o superior a la indicada por UTE en el punto de conexión”.
- Lo usual es elegir una curva C de disparo magnético.



# Interruptor automático diferencial

- Su objetivo es proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento de la instalación.
- Se recomienda la instalación de un **diferencial de 30 mA – OJO CORRIENTES DE FUGA**
- Para evitar paradas de la instalación por disparos intespestivos, también se recomienda un interruptor diferencial de alta inmunidad o con reconexión automática

# Protección externa

- El objetivo es evitar el funcionamiento en isla del generador
- La protección se realiza con los siguientes dispositivos
  - Relé de protección de máxima y mínima frecuencia (48 – 50.5 Hz)
  - Relé de máxima y mínima tensión (0.85 – 1.15  $U_n$ )
  - Interruptor automático de interconexión: desconexión-conexión automática de la instalación PV en caso de actuación de relés
- Transformador de aislación galvánica: para evitar que defectos originados en la red de CC se transfieran a la red de distribución de CA – HA CAÍDO EN DESHUSO.
- En general estas funciones vienen incorporadas en el propio inversor.

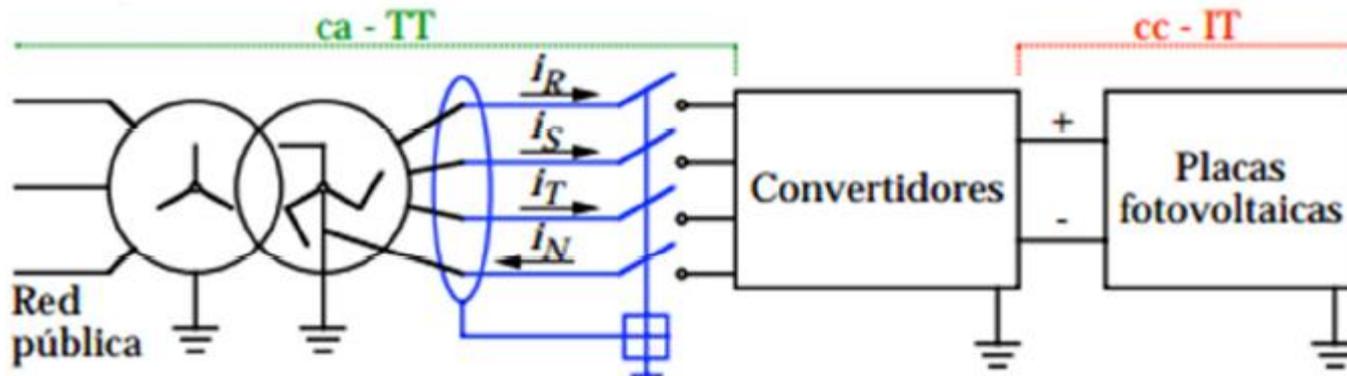


# PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS

- Tres bloques de medidas:
  - Protección por baja tensión: Obligando a que la tensión de generación máxima sea inferior al valor de tensión límite de seguridad
  - Protección por aislamiento: Evitando que las partes activas sean accesibles a las personas y reforzando el aislamiento para impedir contactos indirectos
  - Protección por corte automático de la alimentación, con la instalación de dispositivos que actúen en caso de defecto

# Generador flotante

- Las partes metálicas (bastidores, soportes) del generador fotovoltaico se conectan todas entre sí para que sean equipotenciales y además se conectan a tierra.



- Esta disposición coincide con lo que el Reglamento de Baja Tensión denomina sistema TI, en el que no hay conductores activos puestos a tierra, pero si lo están mediante una conexión específica, las masas y partes metálicas accesibles de todos los aparatos