

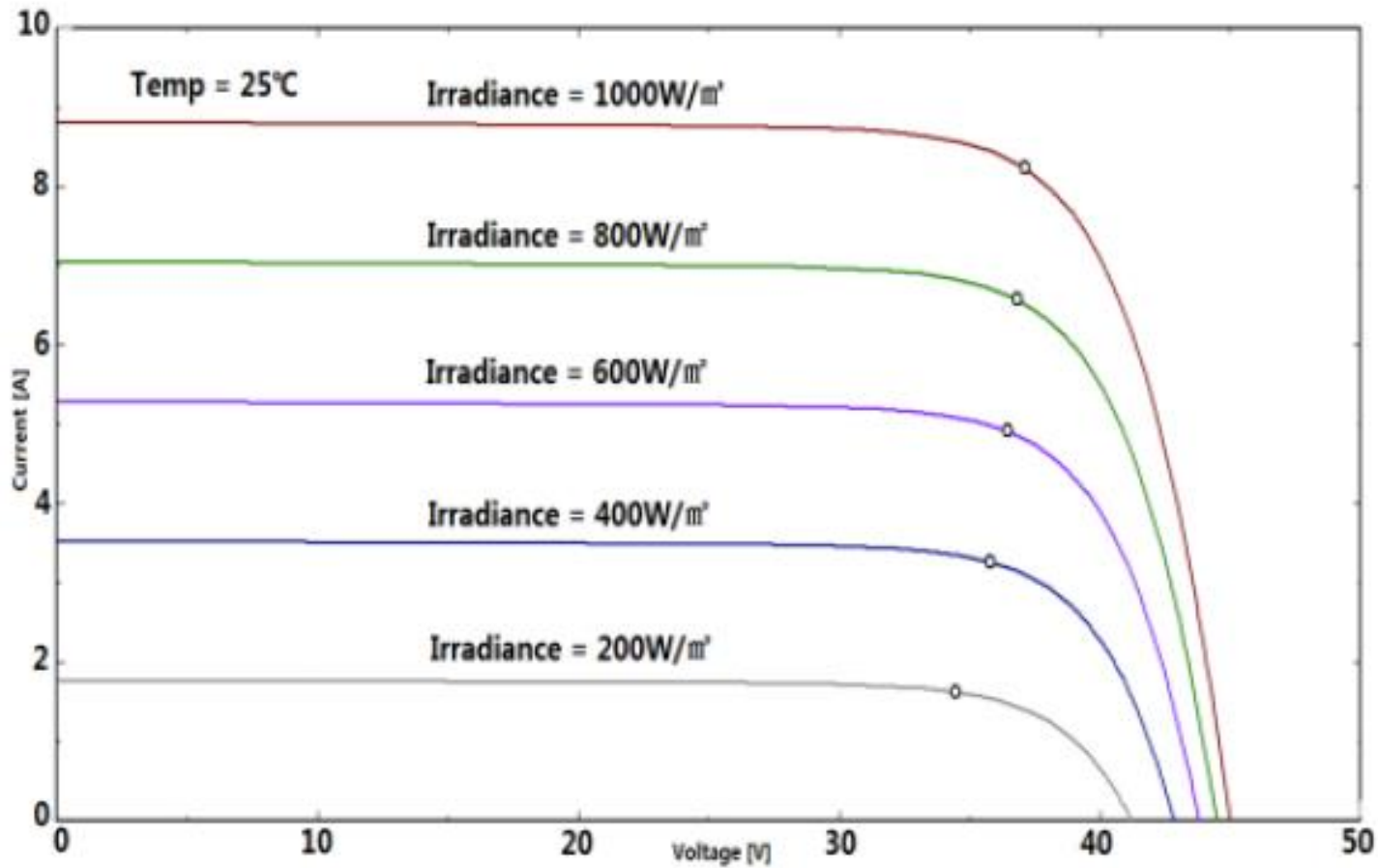
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA –CURSO 2024

COMPONENTES Y CONCEPTOS Parte 3 INVERSORES

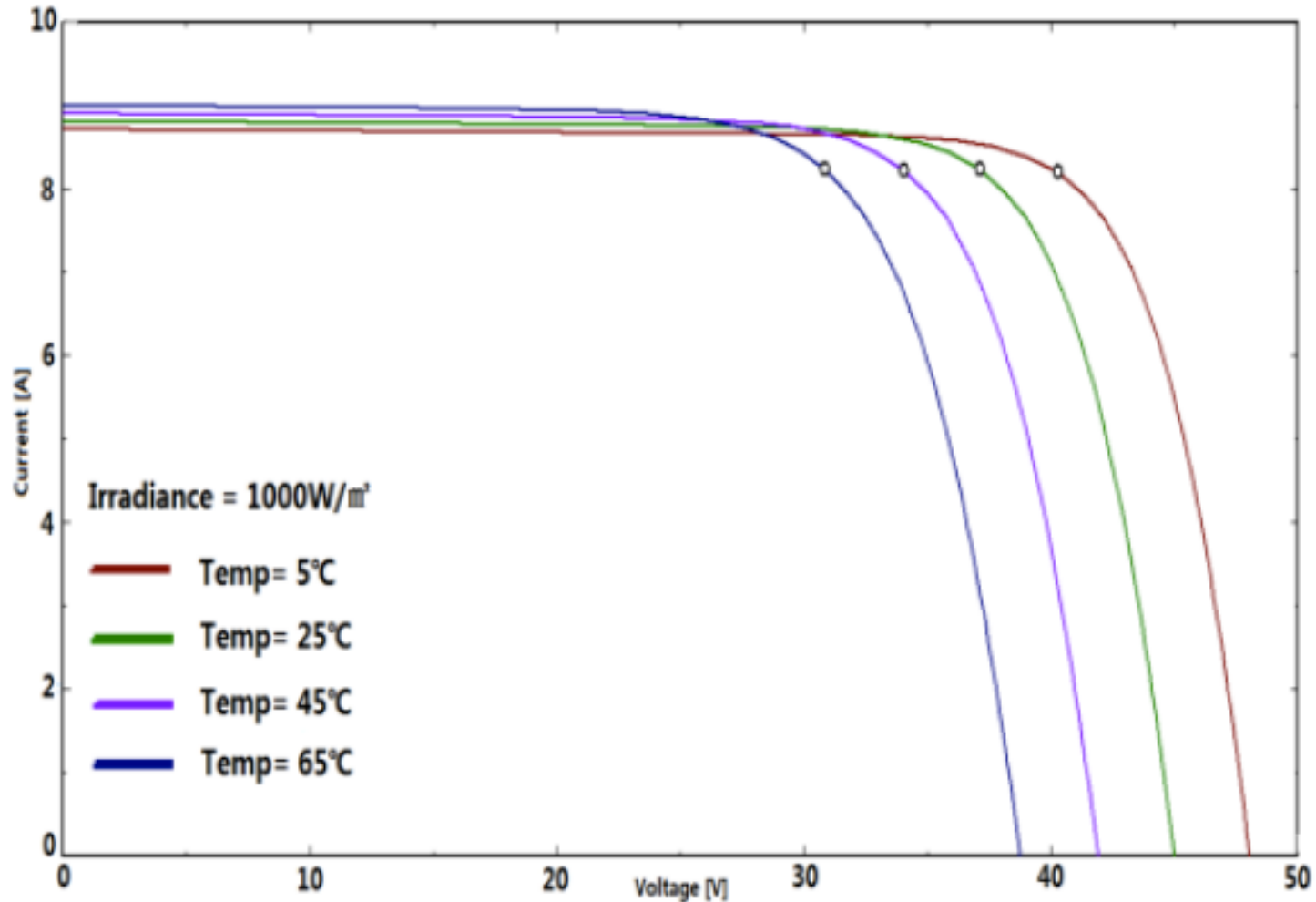
Ing. Diego Oroño
Ing. Gonzalo Hermida



Efecto de la irradiación

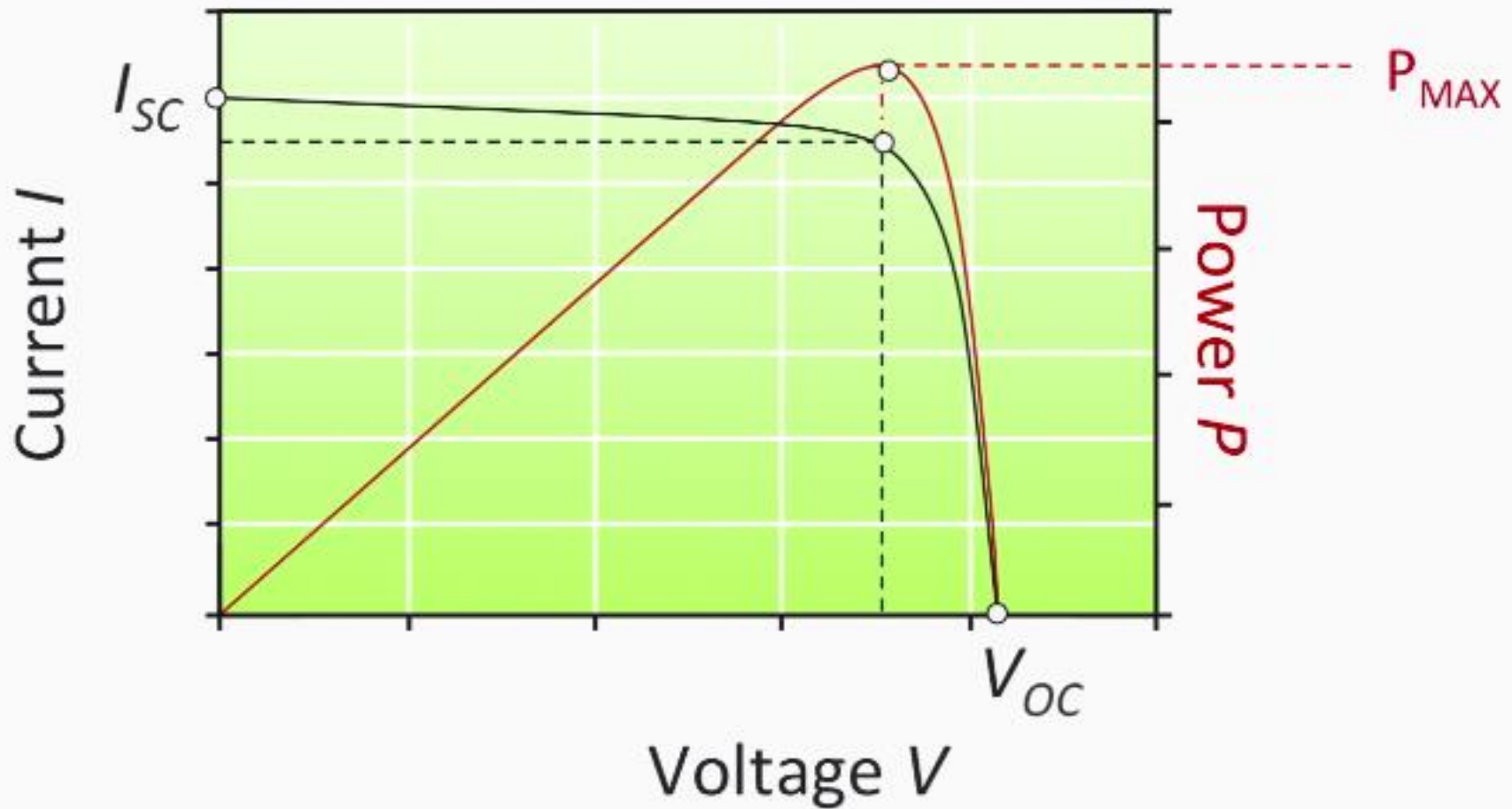


Efecto de la temperatura

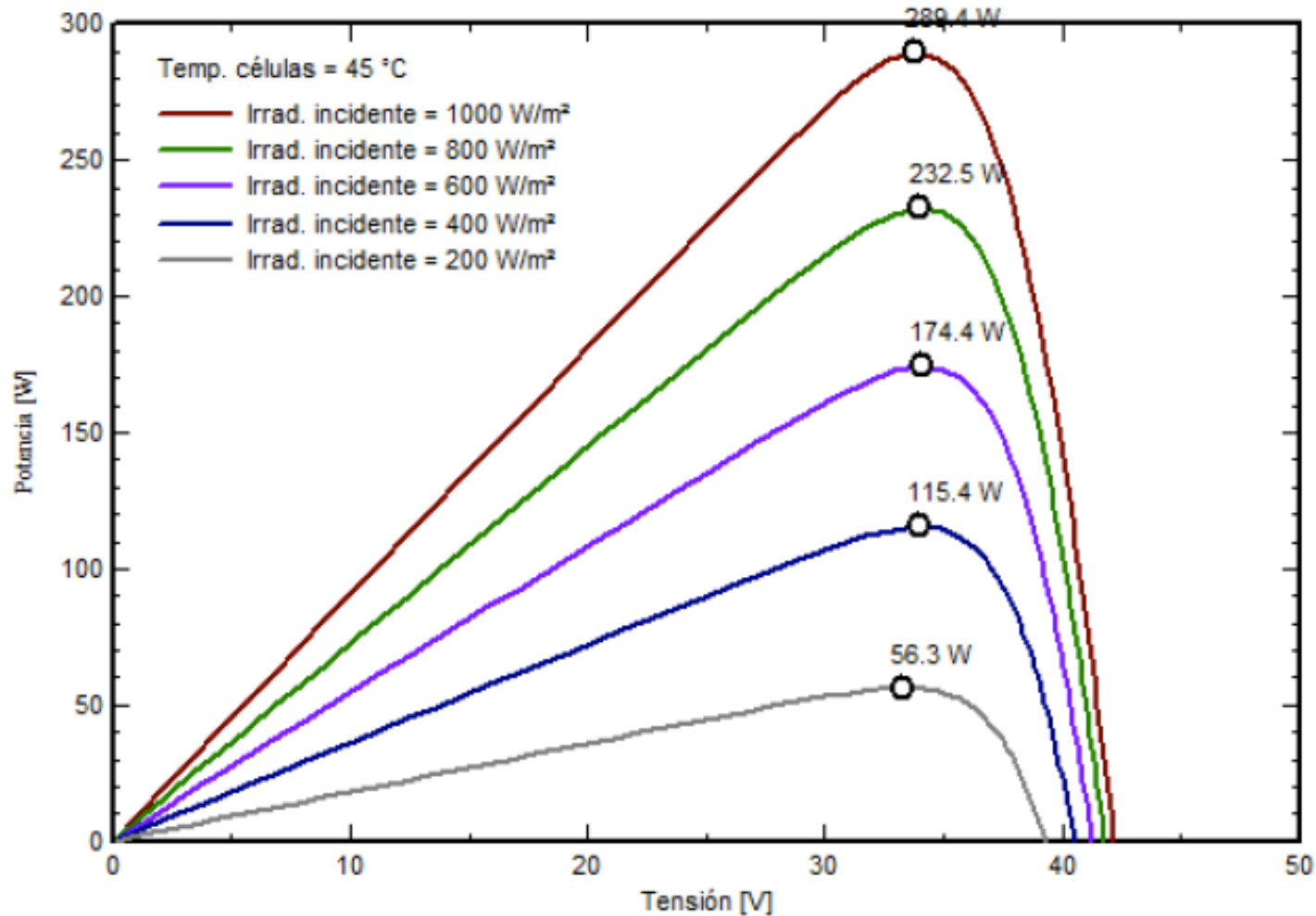


Se puede evaluar el movimiento de la curva a través de los coeficientes de temperatura

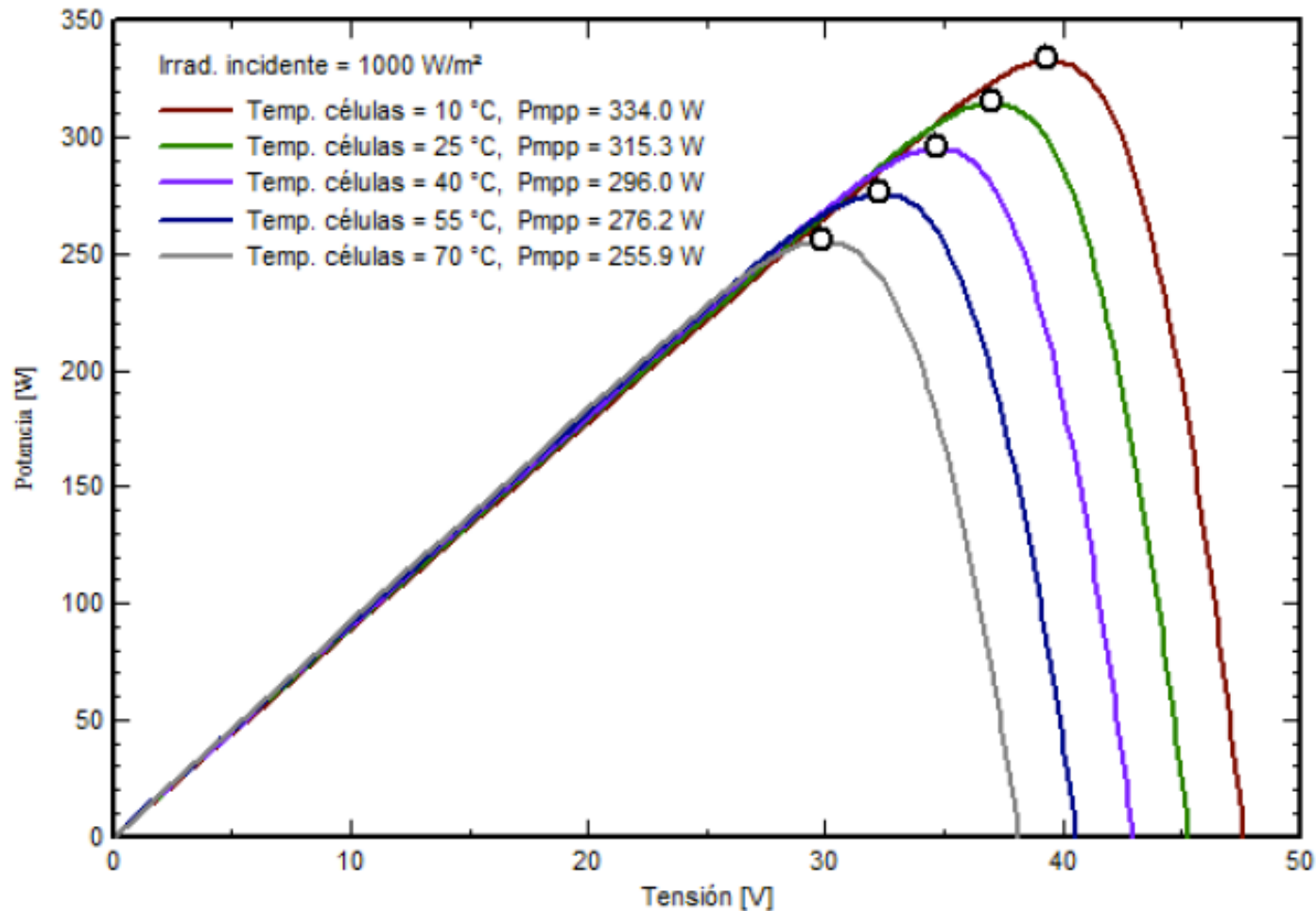
Punto de máxima potencia



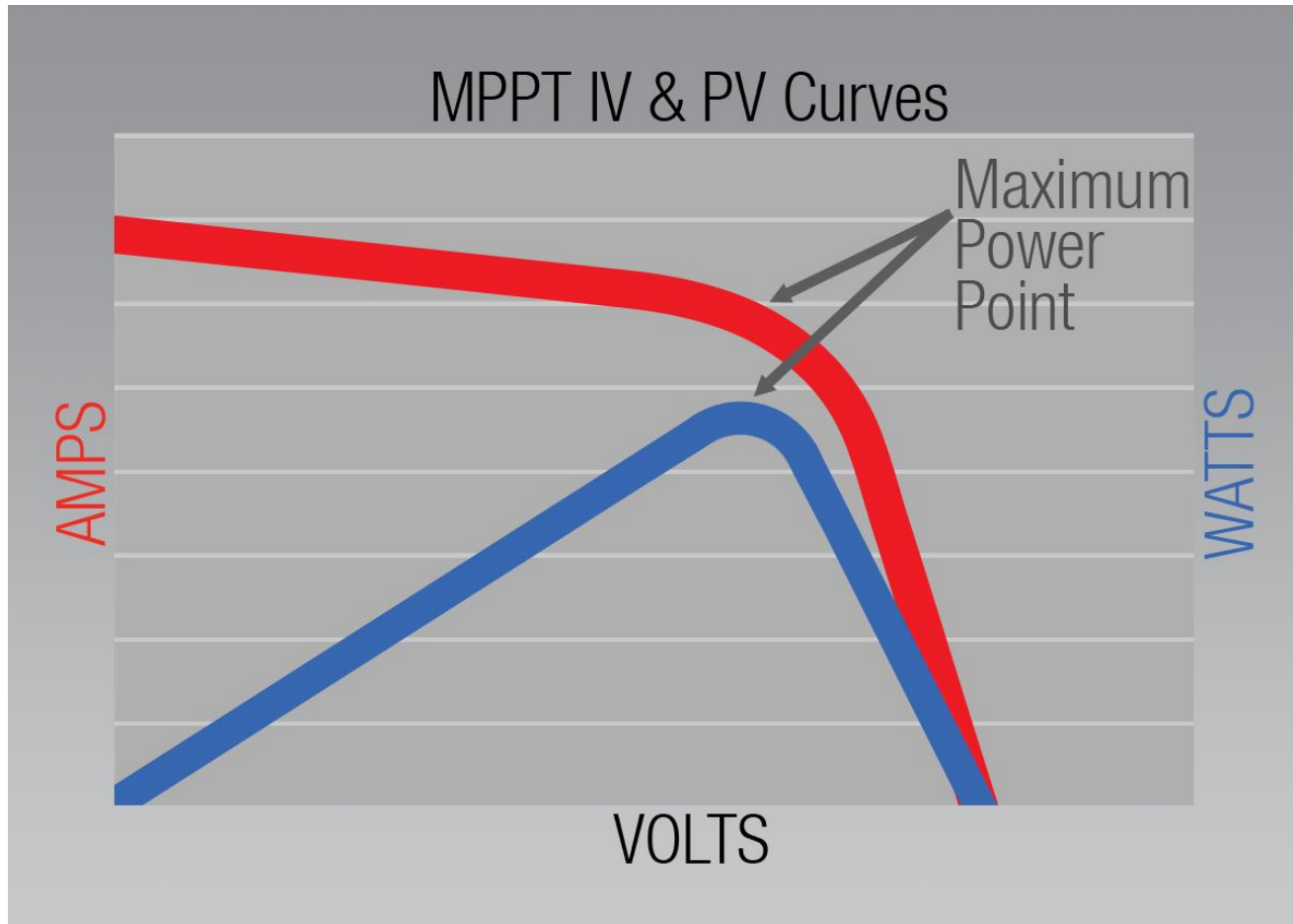
Potencia según irradiancia



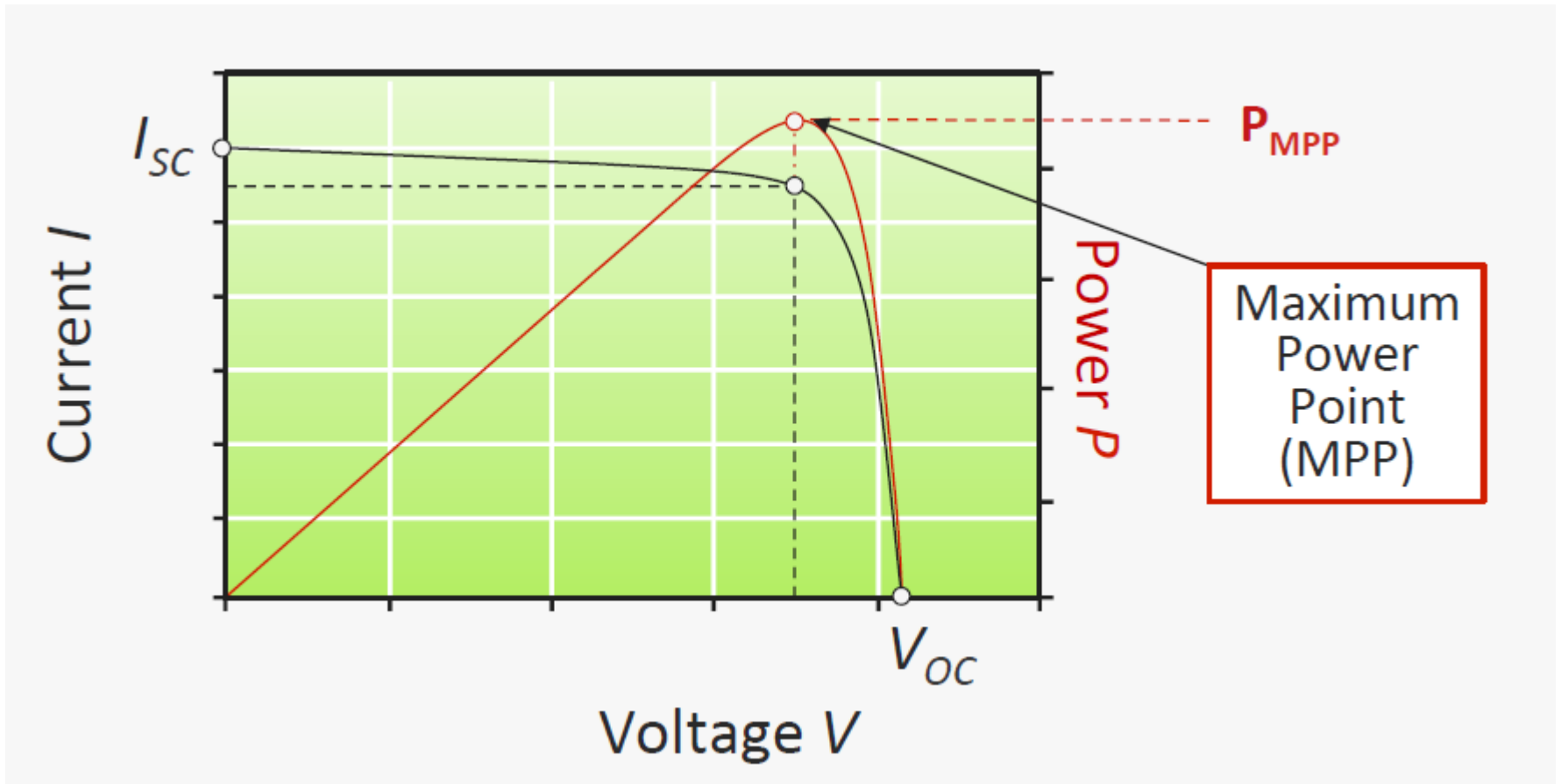
Potencia según temperatura



MPPT



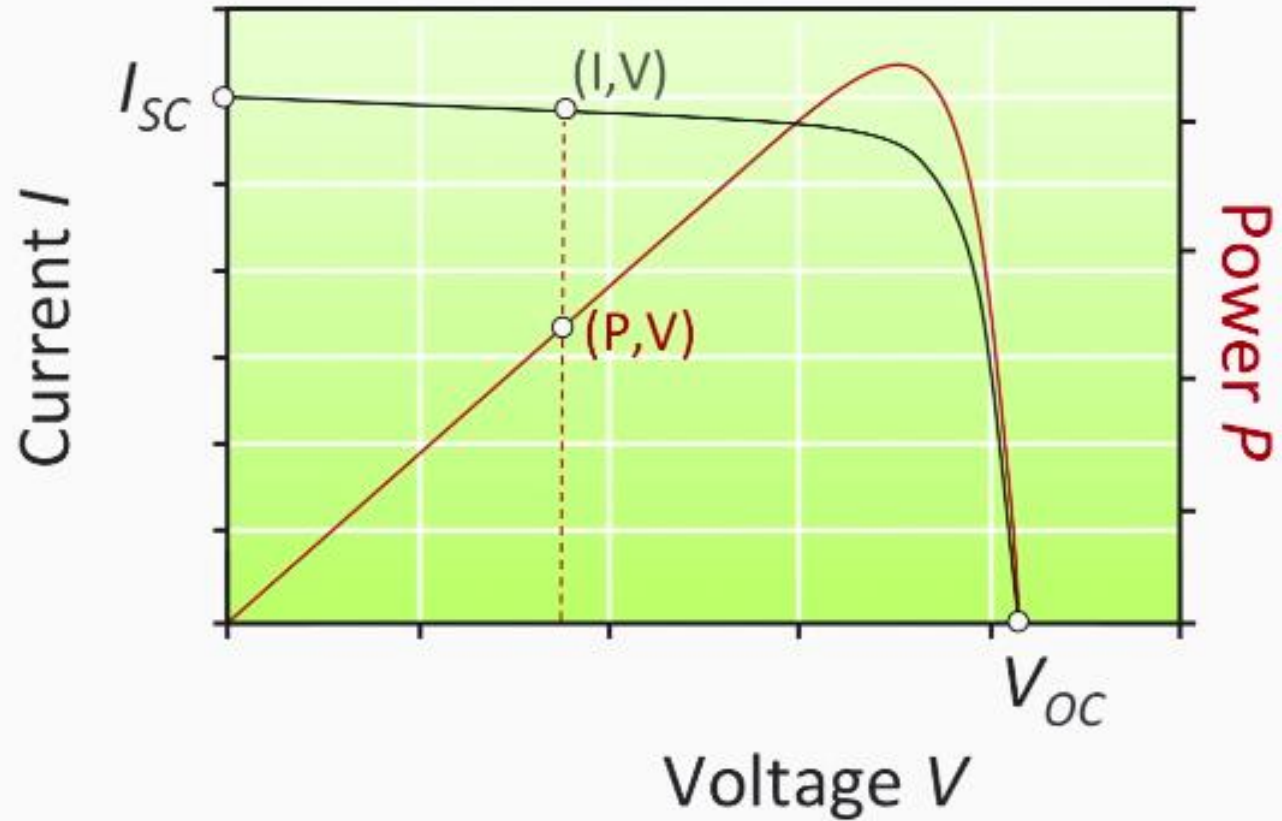
Curva I-V



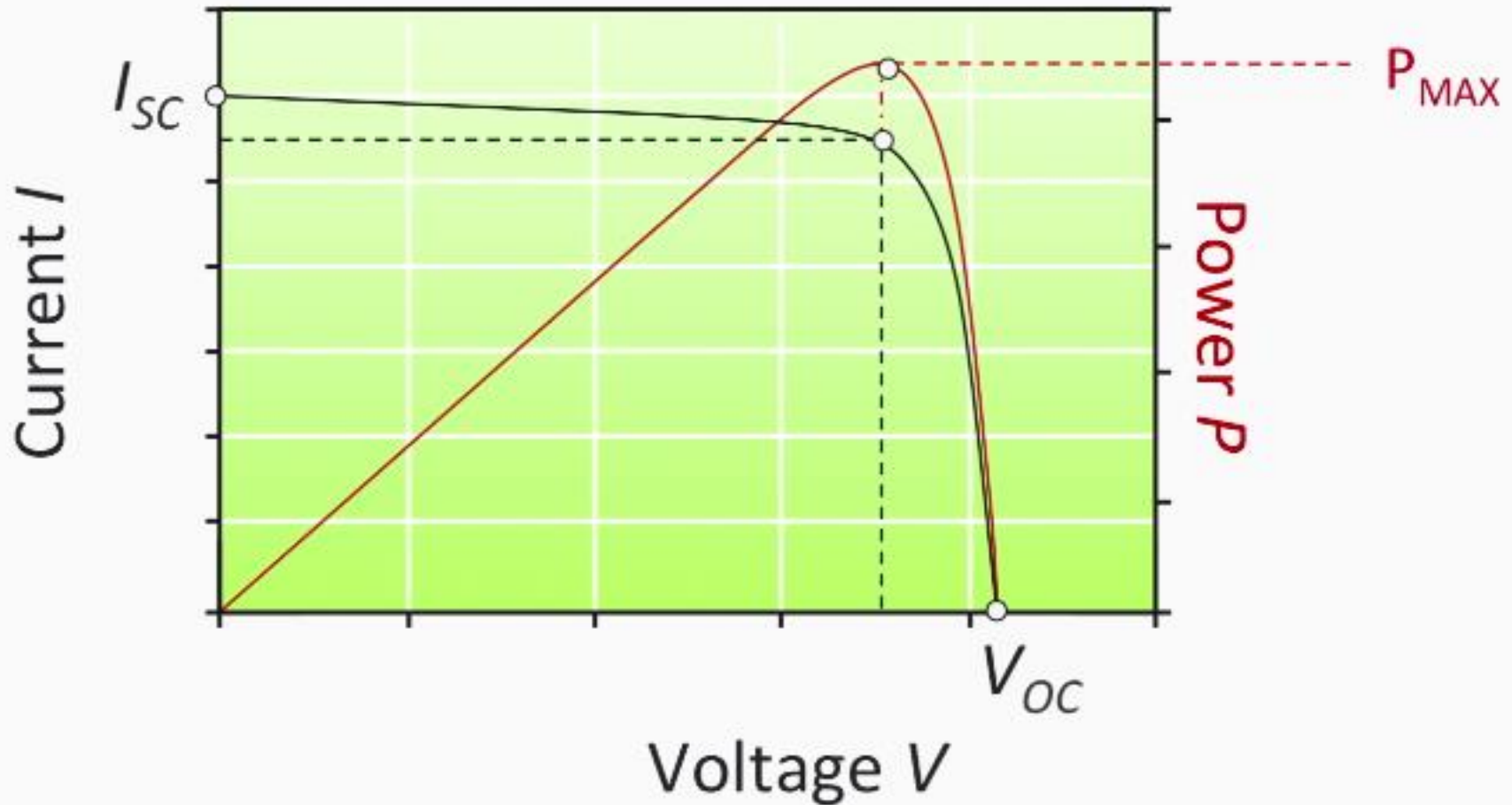
Curva I-V celda solar \longrightarrow Curva I-V de panel \longrightarrow Curva I-V de arreglo de paneles

Punto de operación

$$P = V \times I$$



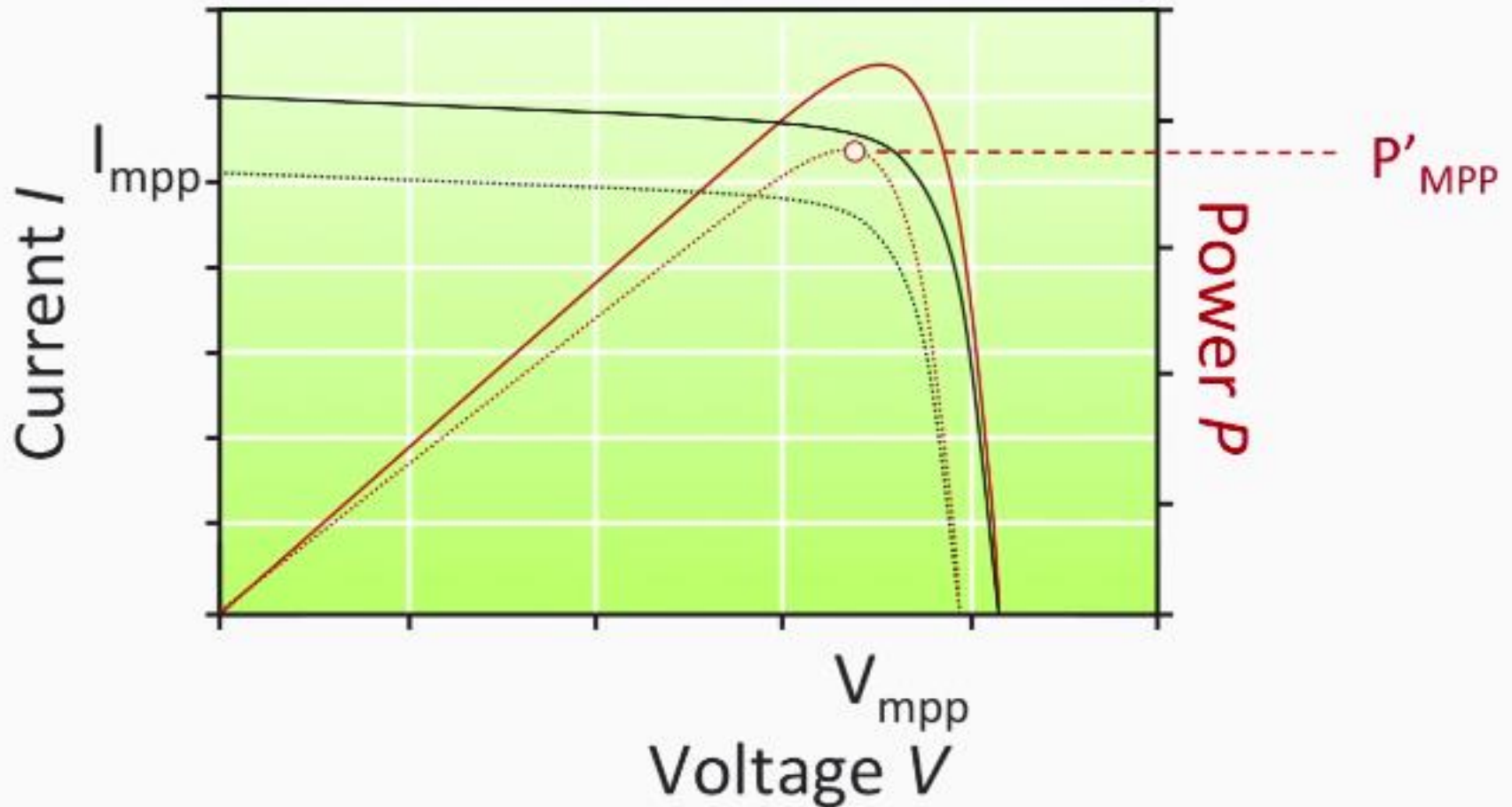
Punto de operación



Punto de operación

- Si no se toma ninguna medida, el punto de operación va a estar dado por la carga eléctrica que vea el módulo a la salida.
- Para obtener la máxima potencia por el sistema es necesario *“forzarlo”* a trabajar en el MPP.
- Este punto corresponde con el codo de la curva I-V
- La manera más sencilla de hacer esto es llevar el voltaje de operación al **V_{mpp}** o regular la corriente al valor de **I_{mpp}**.

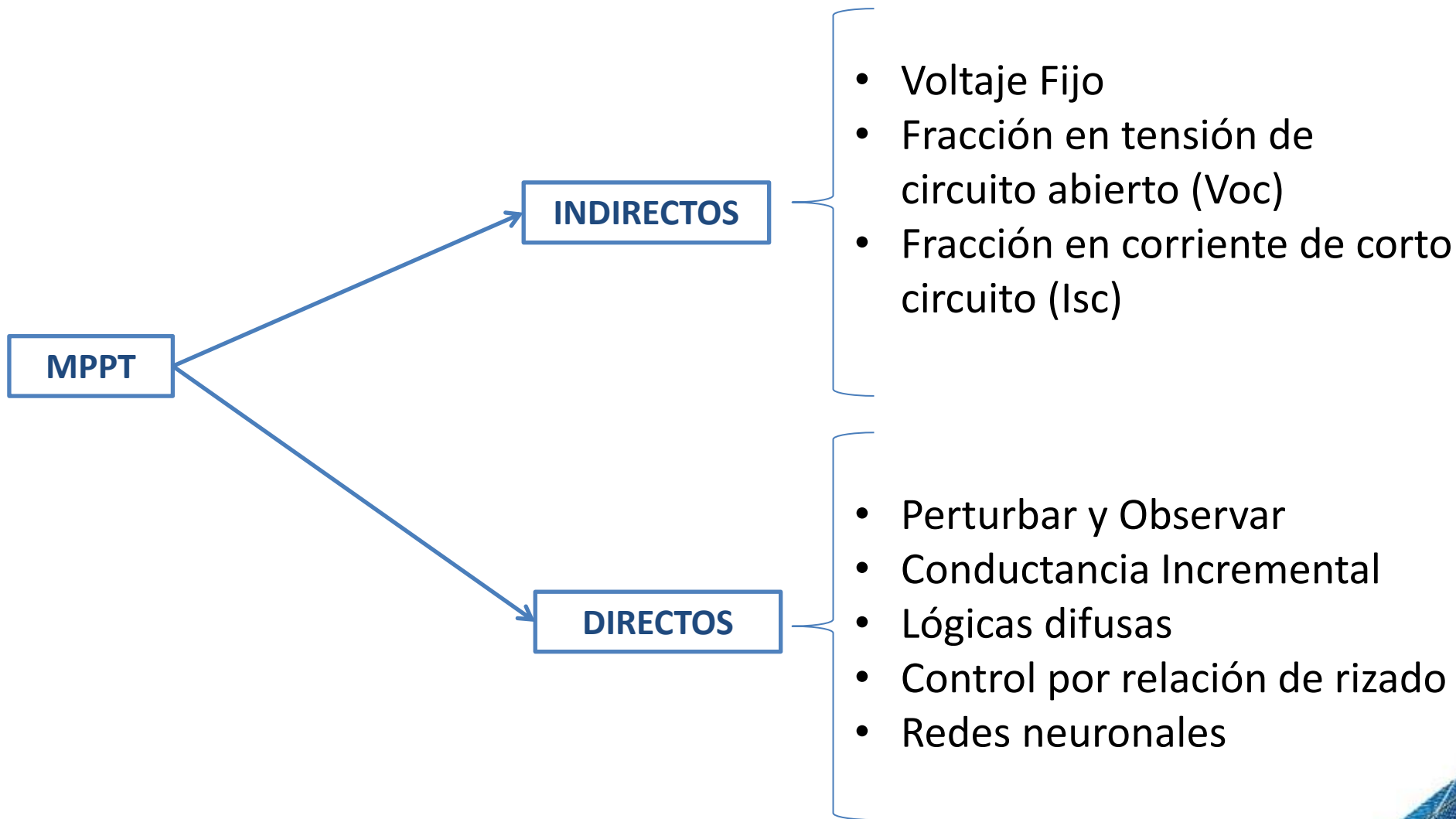
¿Qué pasa si cambia G, T?



NECESIDAD DE **MPPT**

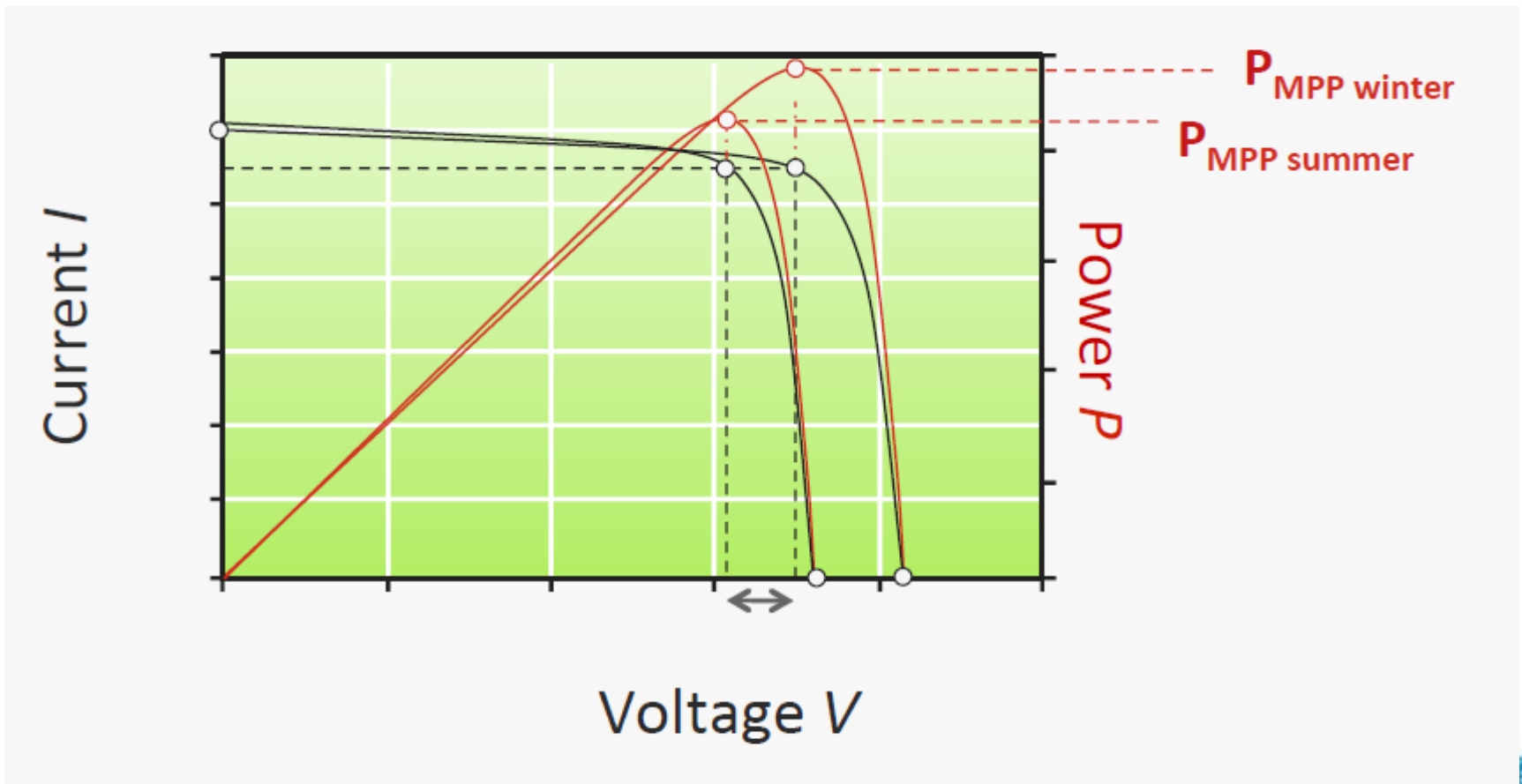


Técnicas de MPPT



Voltaje fijo

- Consiste en ajustar el voltaje de operación basado puramente en consideraciones estacionales



Fracción en tensión de Voc o Isc

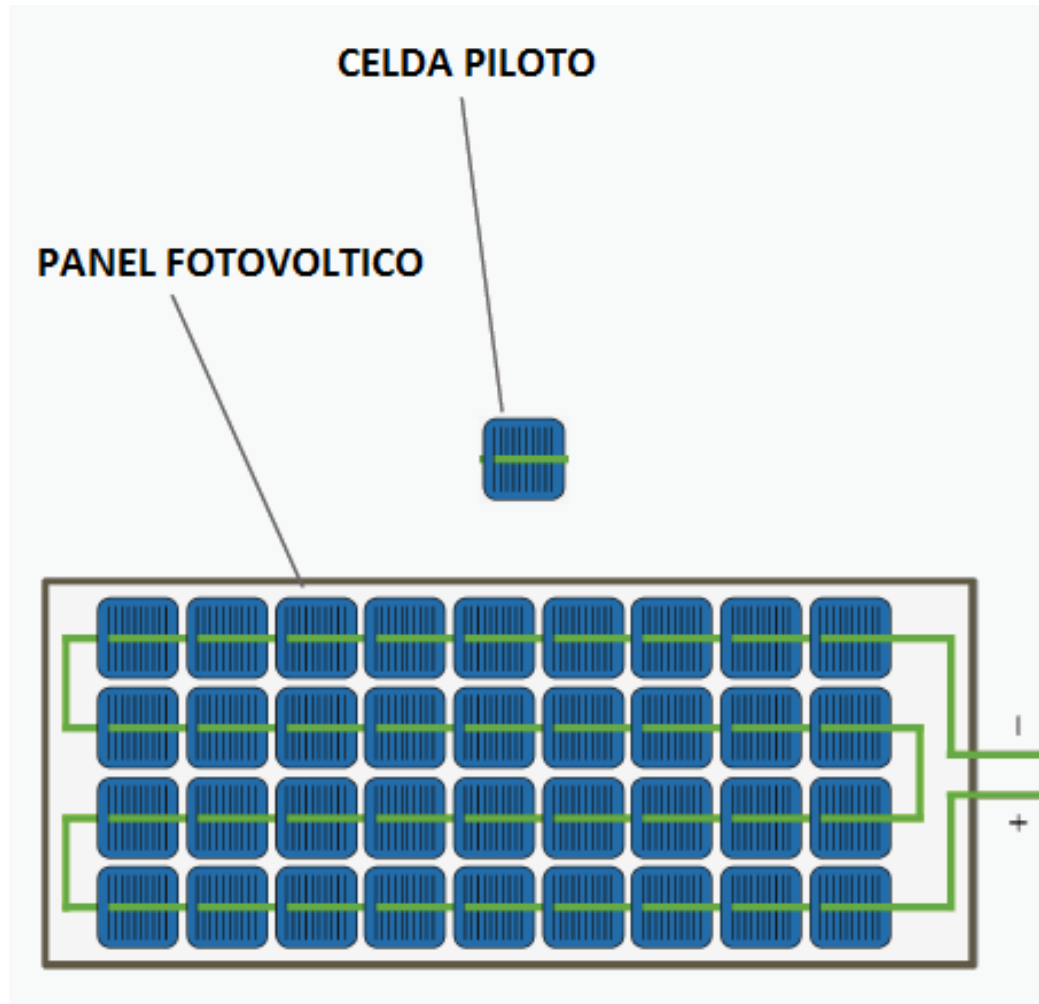
- Estos métodos explotan el hecho de que tanto V_{mpp} como I_{mpp} , se pueden aproximar como una constante de proporcionalidad multiplicada por V_{oc} o I_{sc} respectivamente.

$$V_{MPP} \simeq k_1 V_{OC}$$

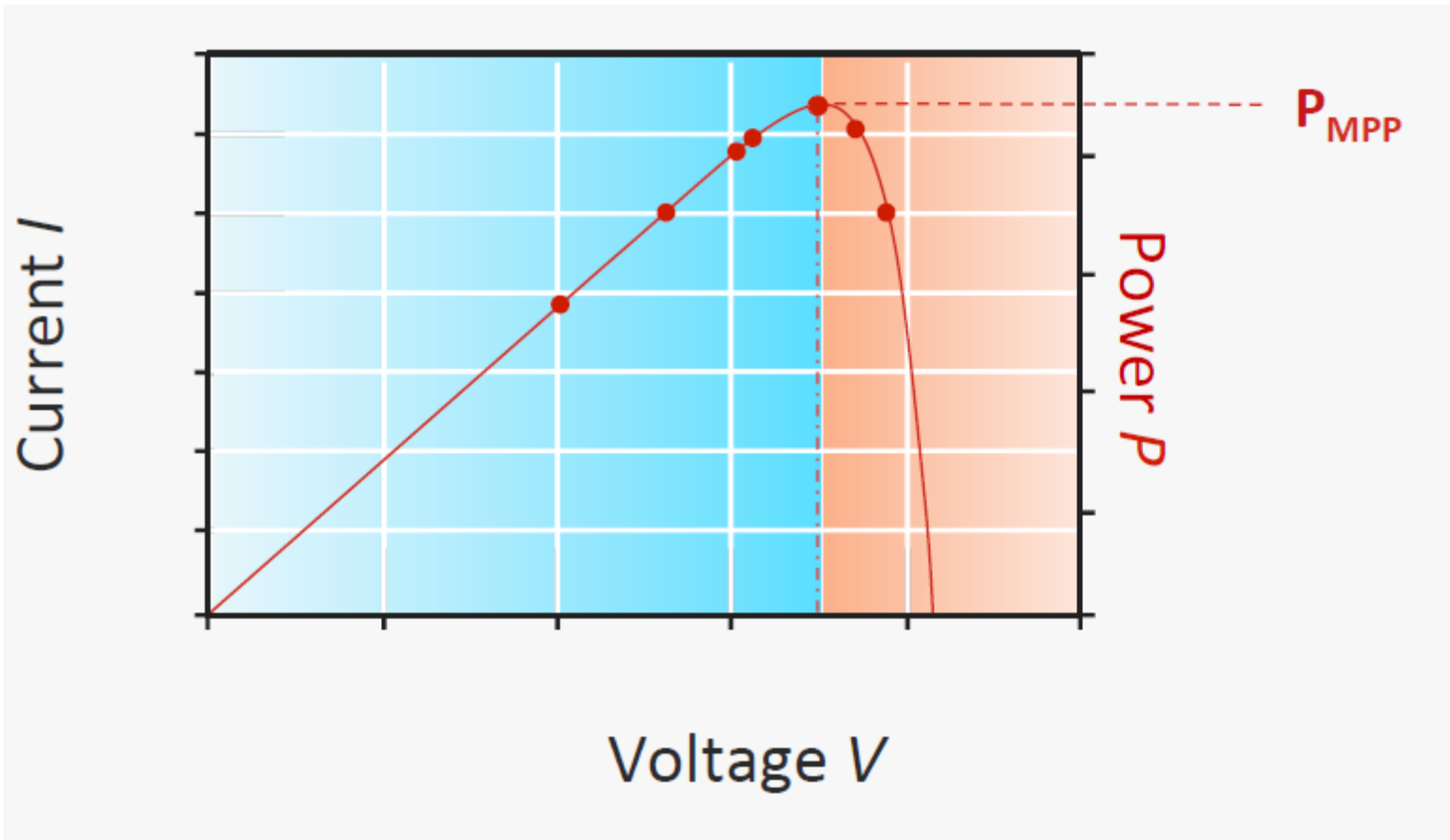
$$I_{MPP} \simeq k_2 I_{SC}$$

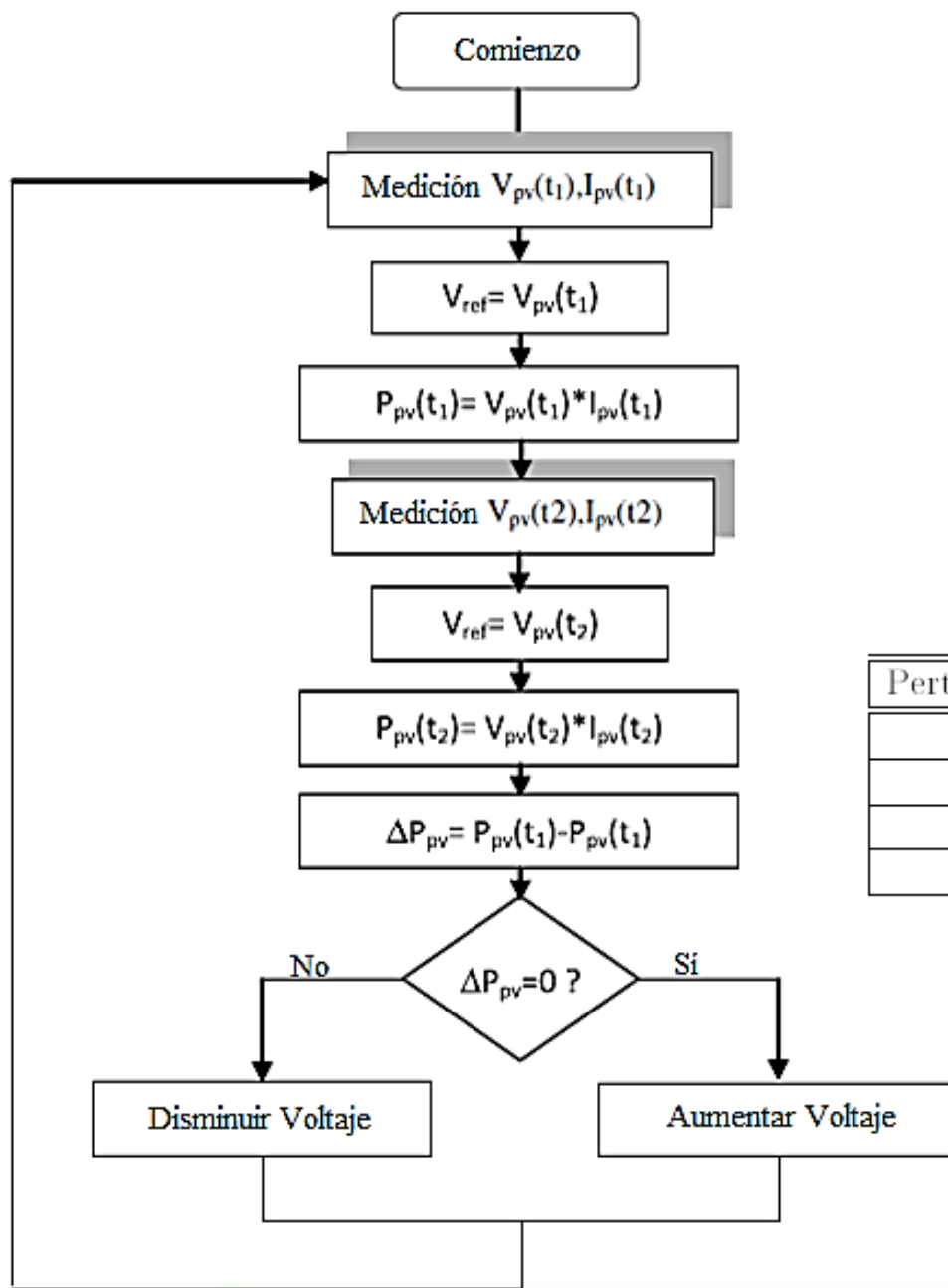
- Para silicio cristalino
 - $k_1 \sim 0.71 - 0.78$
 - $k_2 \sim 0.78 - 0.92$

Modificación – uso de una celda piloto



Perturbar y Observar (P&O)





Perturbación	Cambio en potencia	Siguiente Perturbación
+	+	+
+	-	-
-	+	-
-	-	+

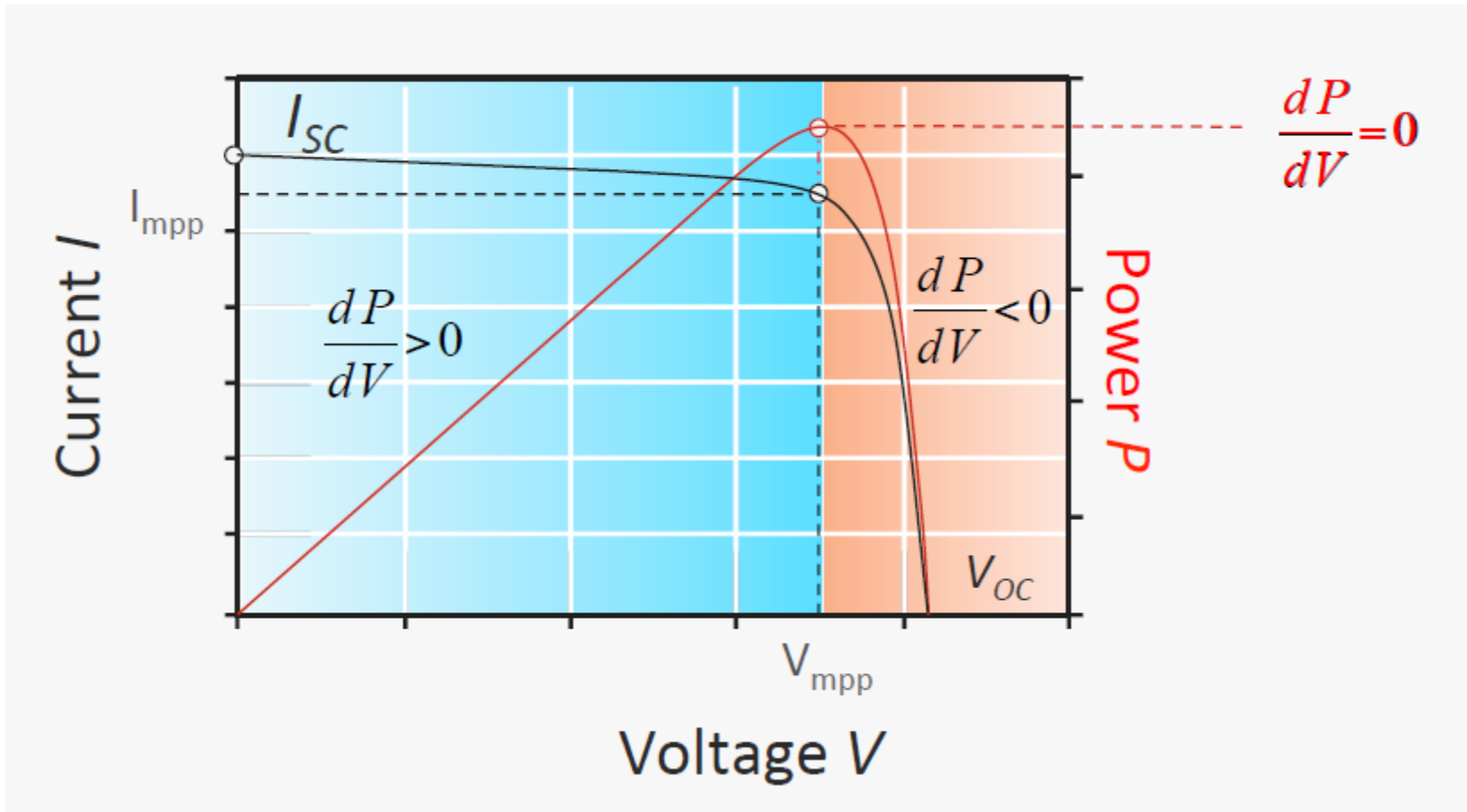


Perturbar y Observar (P&O)

- Ventajas:
 - Implementación sencilla
 - Convergencia rápida en torno al MPP
- Desventajas:
 - Oscilaciones en torno al MPP
 - Cambios en iluminación pueden confundir al algoritmo, afectando la eficiencia de la convergencia.



Conductancia Incremental



CONDUCTANCIA = I/V

Conductancia Incremental

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} = -\frac{I}{V}$$

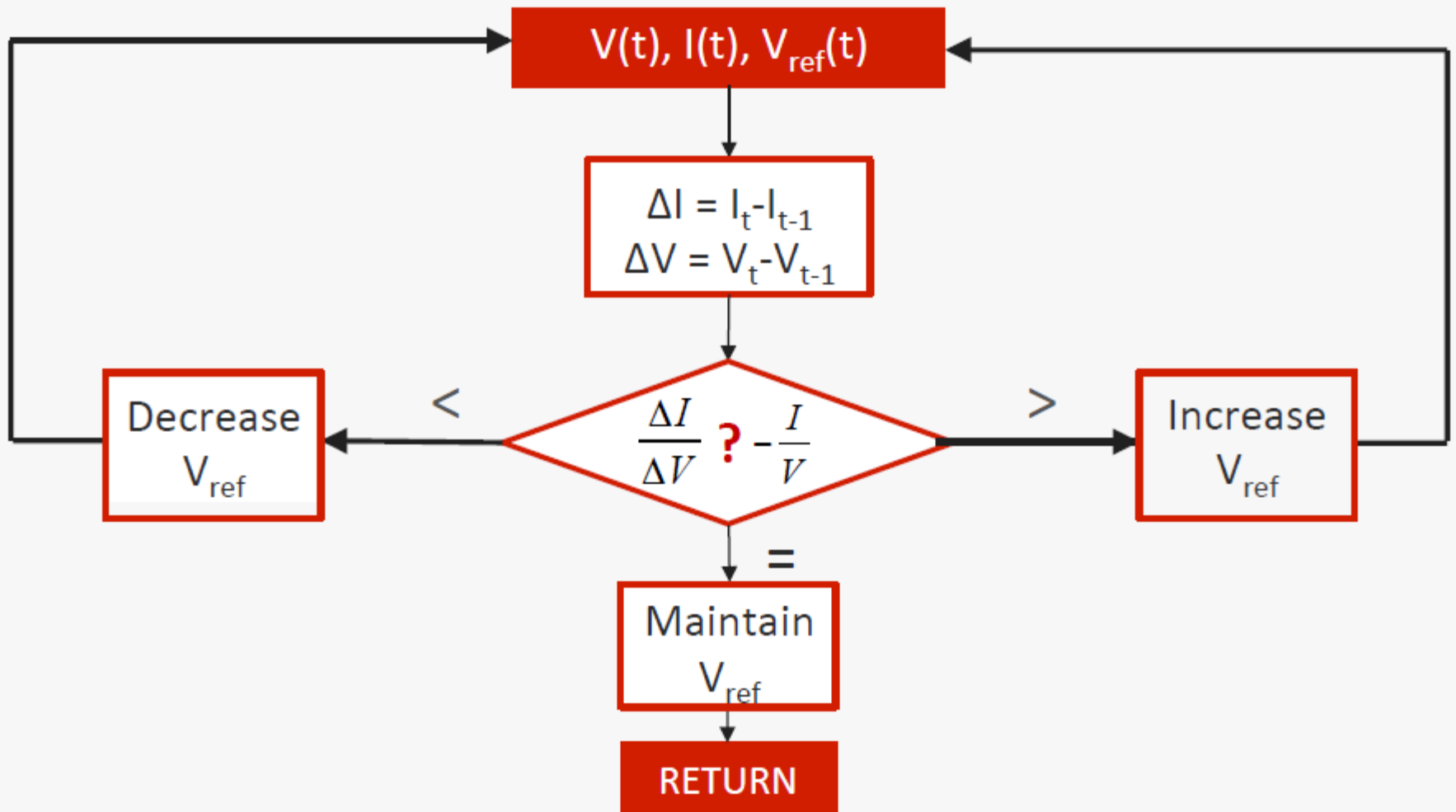
EN MPP

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} > -\frac{I}{V}$$

A LA IZQUIERDA DE MPP

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} < -\frac{I}{V}$$

A LA DERECHA DE MPP



Conductancia incremental

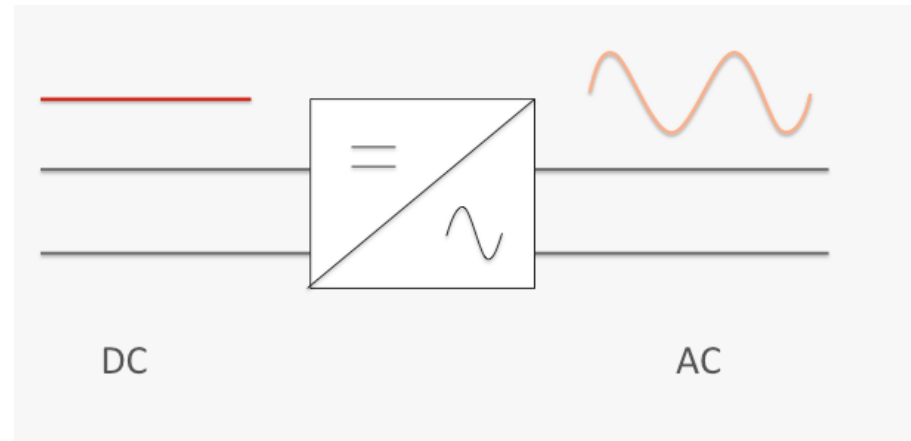
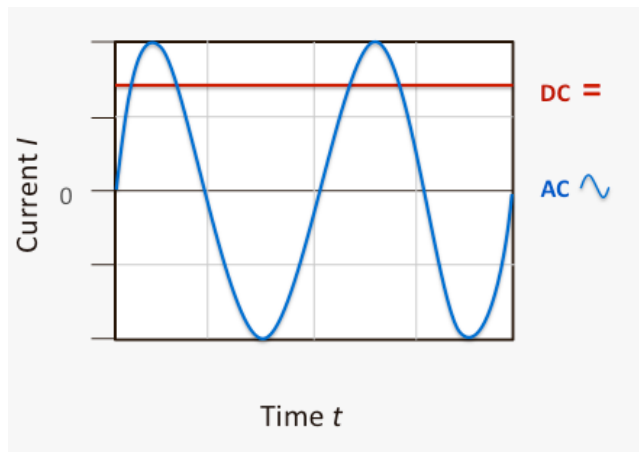
- Ventajas
 - Más eficiencia, el algoritmo no “flota” entorno a la región MPP.
 - Pasos de muestreo pequeños lo hacen más robusto frente a cambios en las condiciones climáticas
- Desventajas
 - La mayor desventaja de este algoritmo es la complejidad de su implementación: no solo mide corrientes y voltajes, sino que también calcula los valores instantáneos e incrementales de conductancia.

Inversores

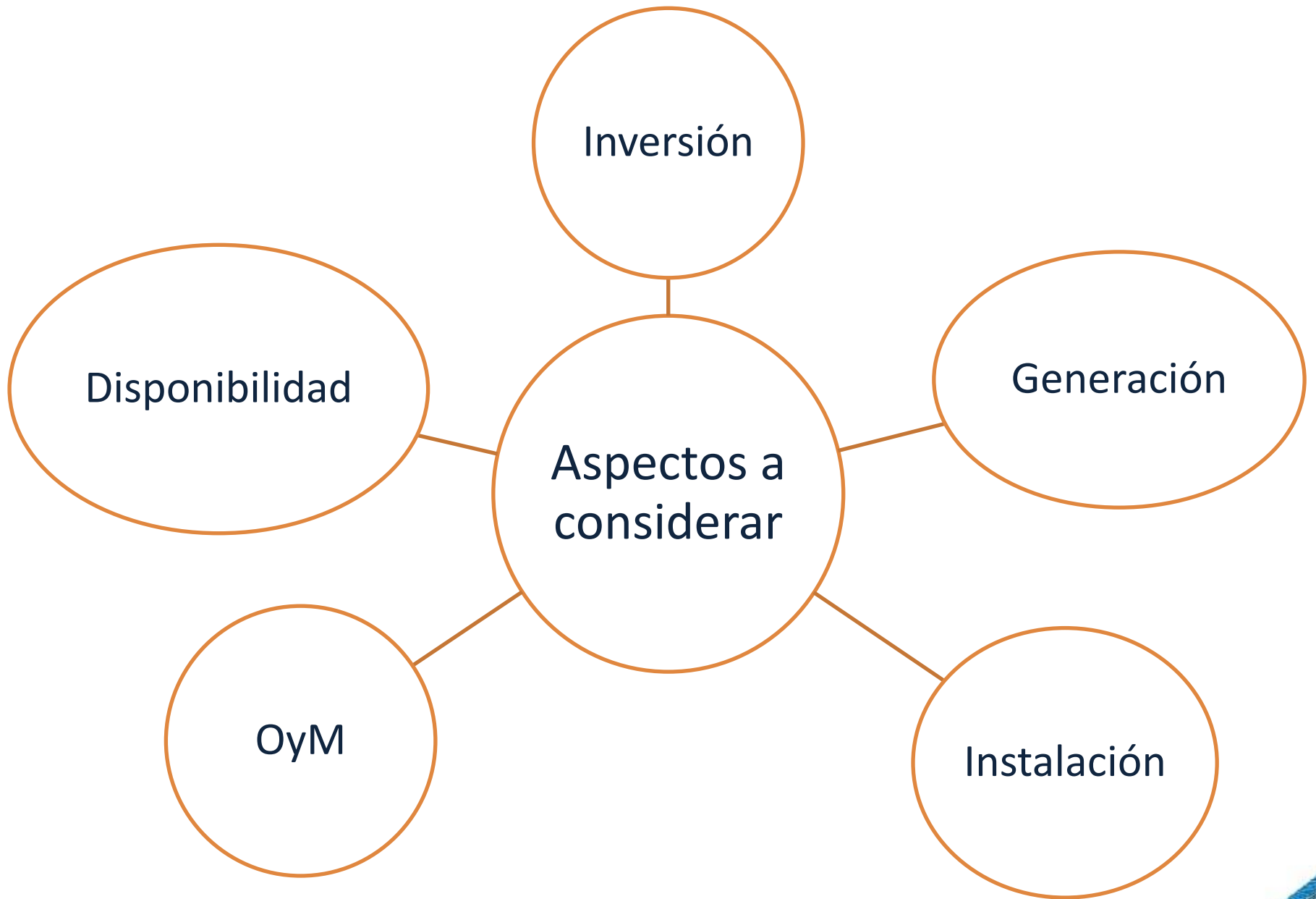


Inversor

- En el inversor es donde se realiza la conversión de corriente continua a corriente alterna



- Define el punto de operación de los paneles FV



Clasificación de inversores

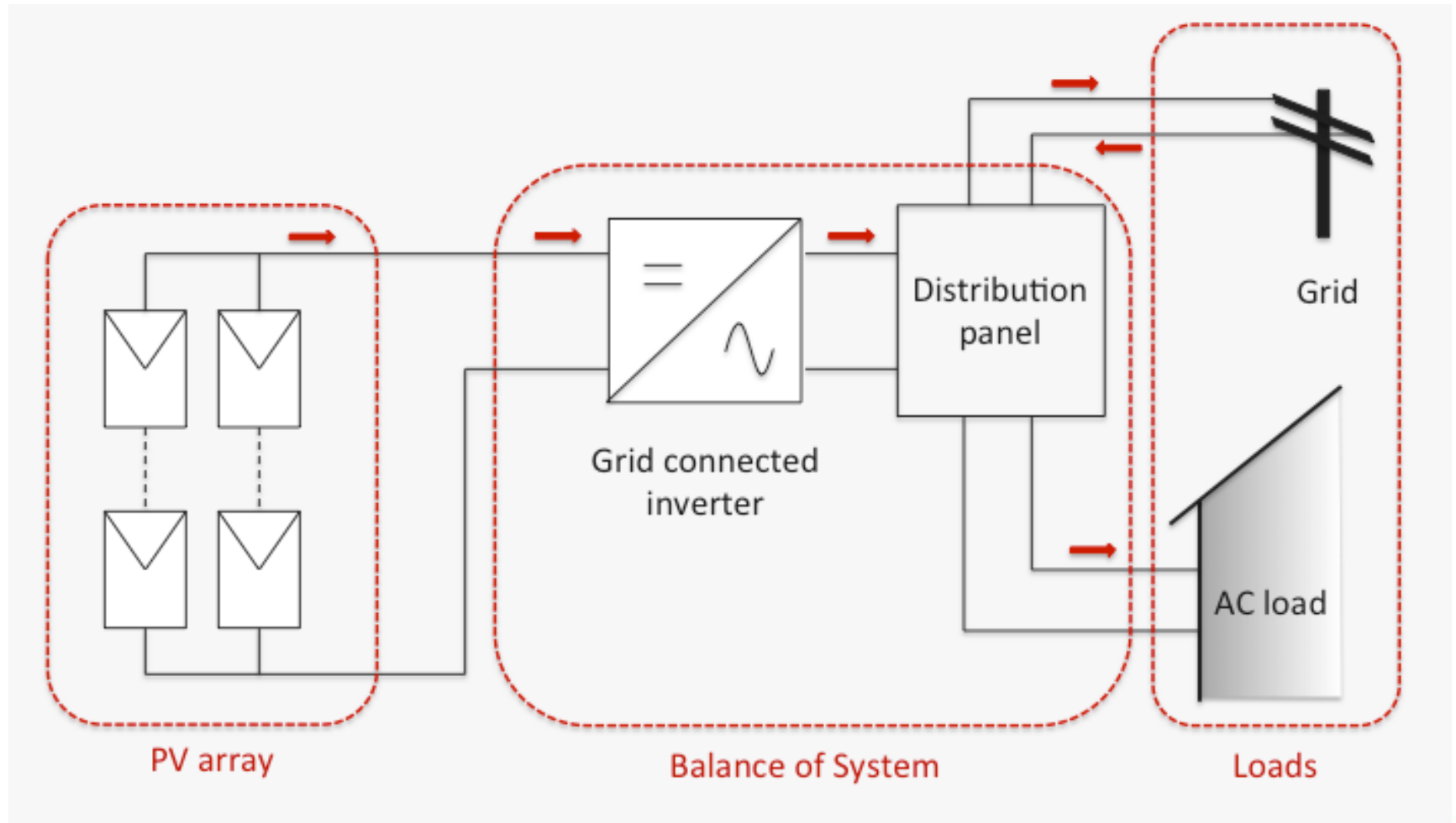
- Existen varias categorizaciones que se le pueden dar a los inversores fotovoltaicos:
 - Por modo de operación
 - Por tamaño o potencia
 - Por topología de implementación

Clasificación por modo de operación

- Inversor para conexión a red
- Inversor aislado
- Inversor bi-modal o híbrido



Sistema Conectado a Red

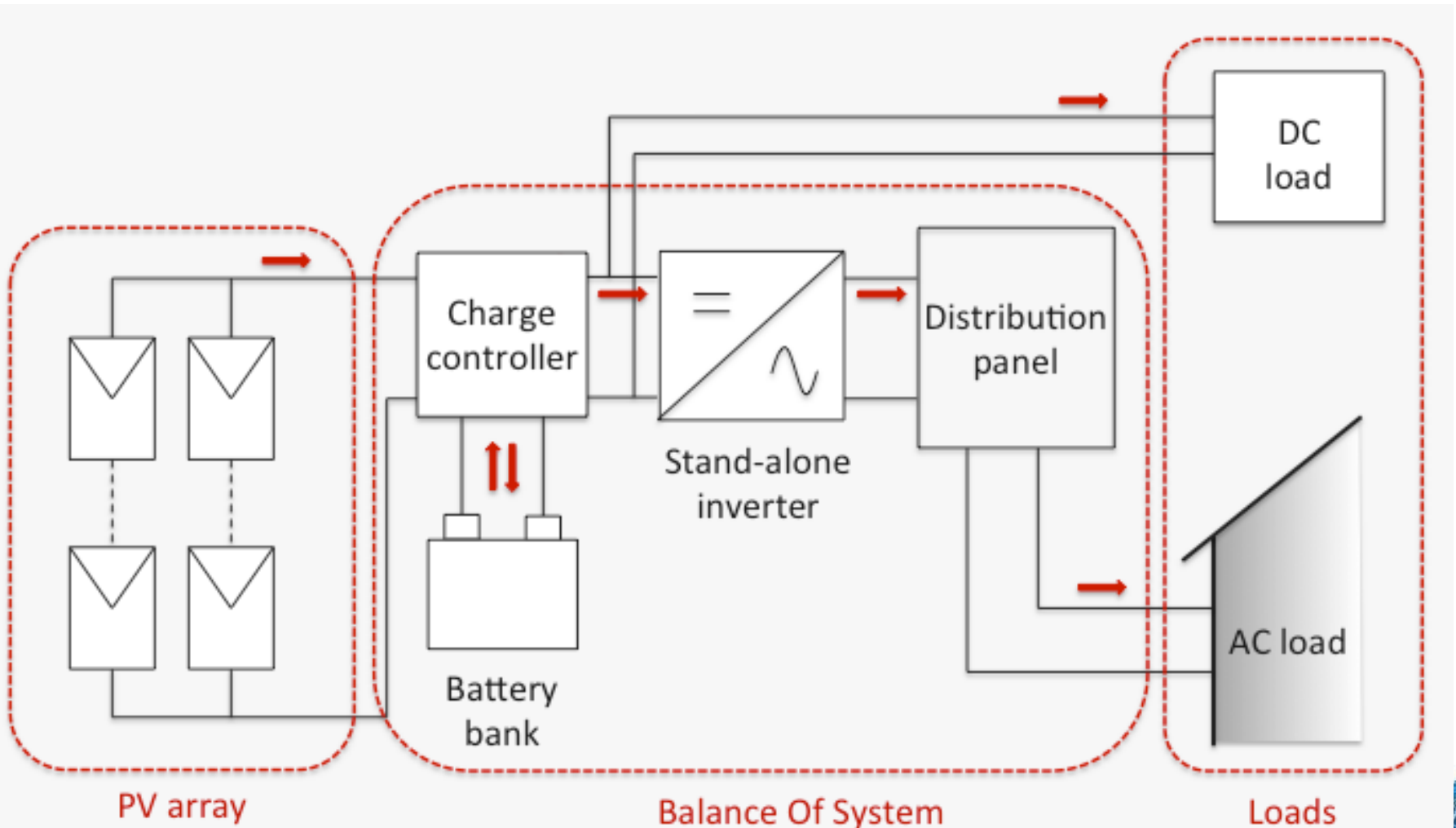


Sistema Conectado a Red

- En este caso la carga puede ser suministrada tanto por el sistema PV como por la red.
- El inversor se conecta a la tensión y frecuencia impuestas por la red.
- El inversor entonces se debe comportar como una **fuentes de corriente** con tensión y frecuencia definidas por la red eléctrica



Sistema Aislado

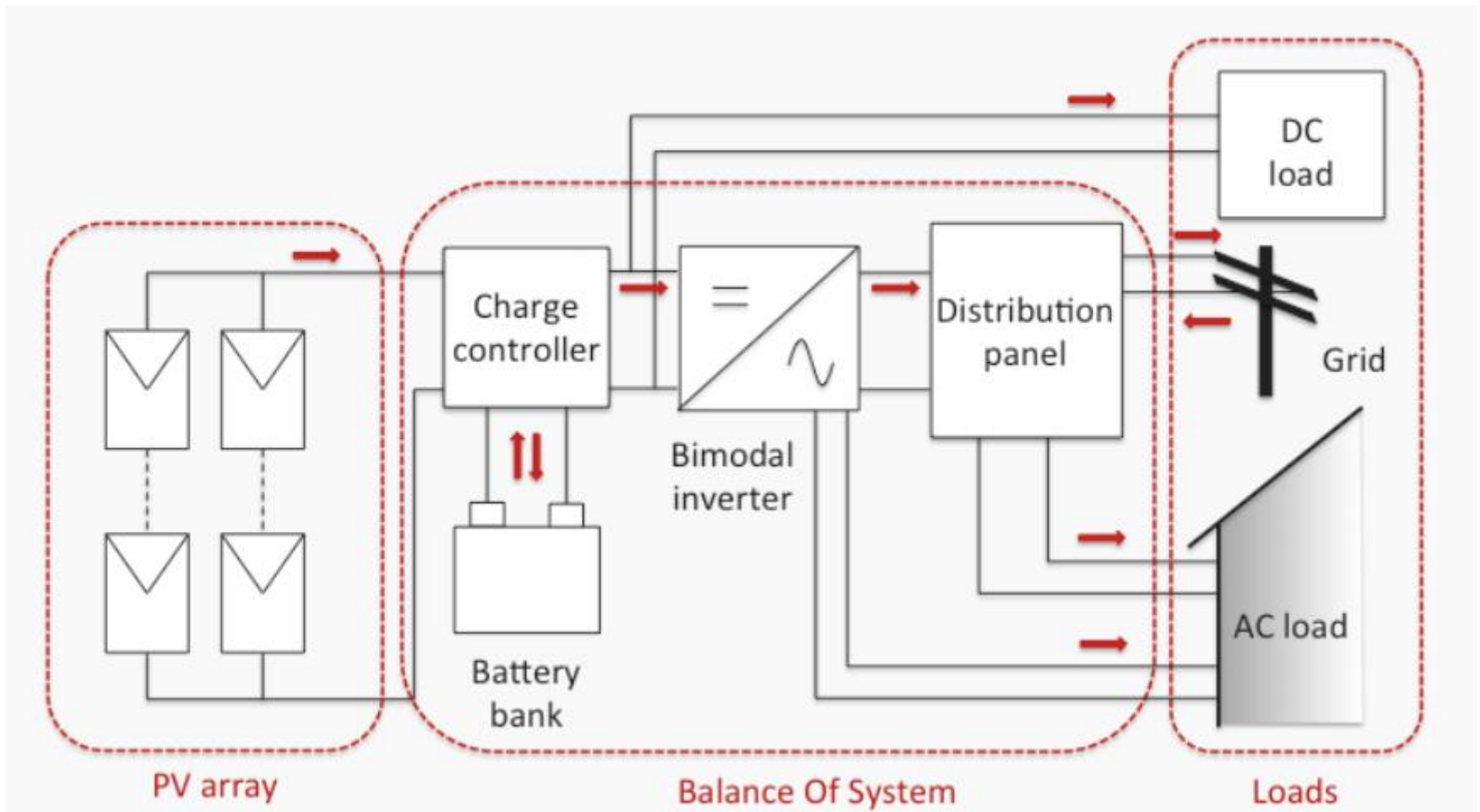


Sistema Aislado

- En este caso la carga depende únicamente del sistema PV para su requerimiento de potencia.
- El inversor entonces se debe comportar como una **fente de voltaje**, con tensión y frecuencia de salida estables.



Sistema Híbrido

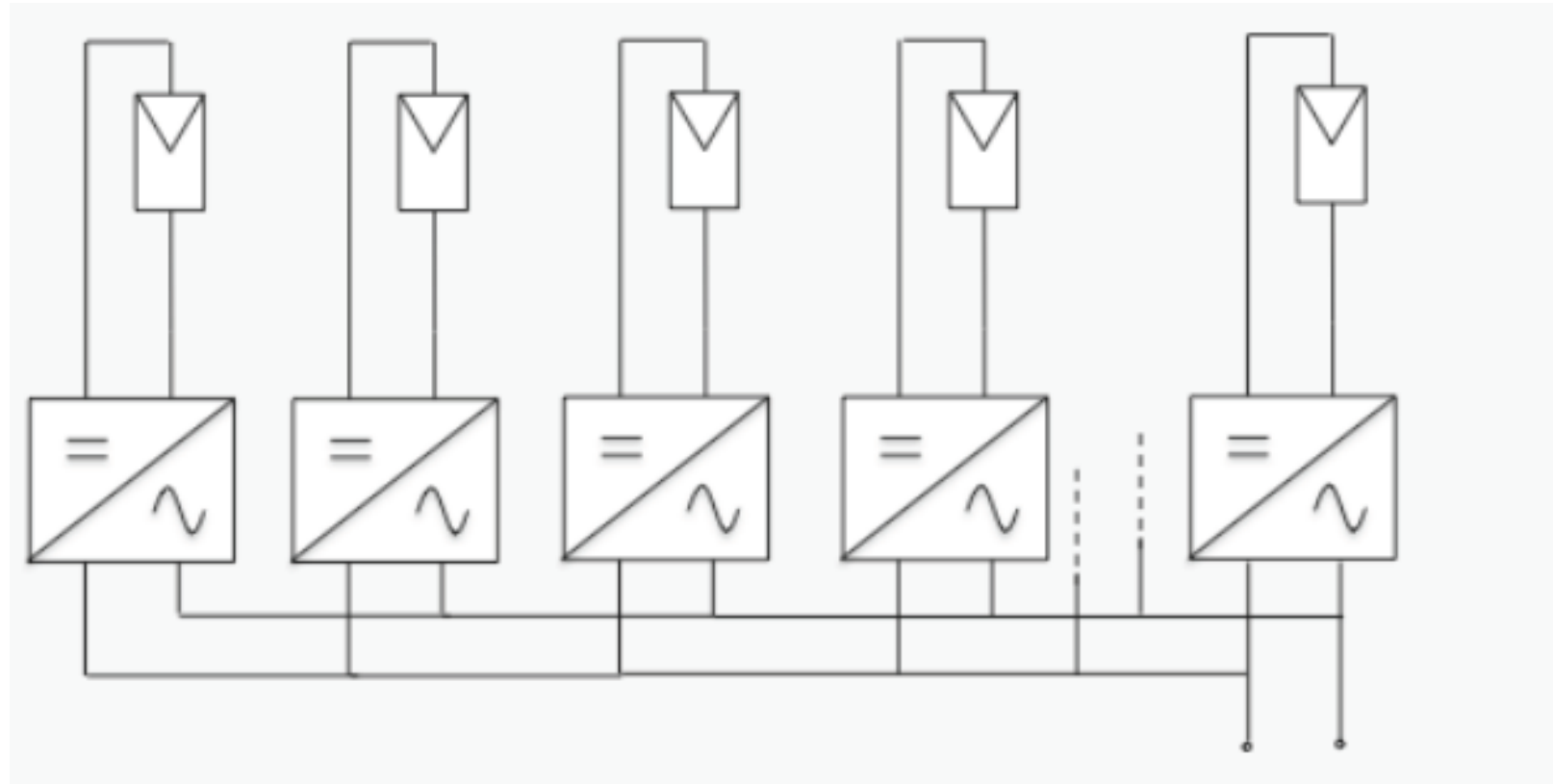


Clasificación por topología de implementación

- Microinversores o inversor módulo
- Inversor central
- Inversor string:
 - mono-string
 - multi-string



Microinversores



Microinversores

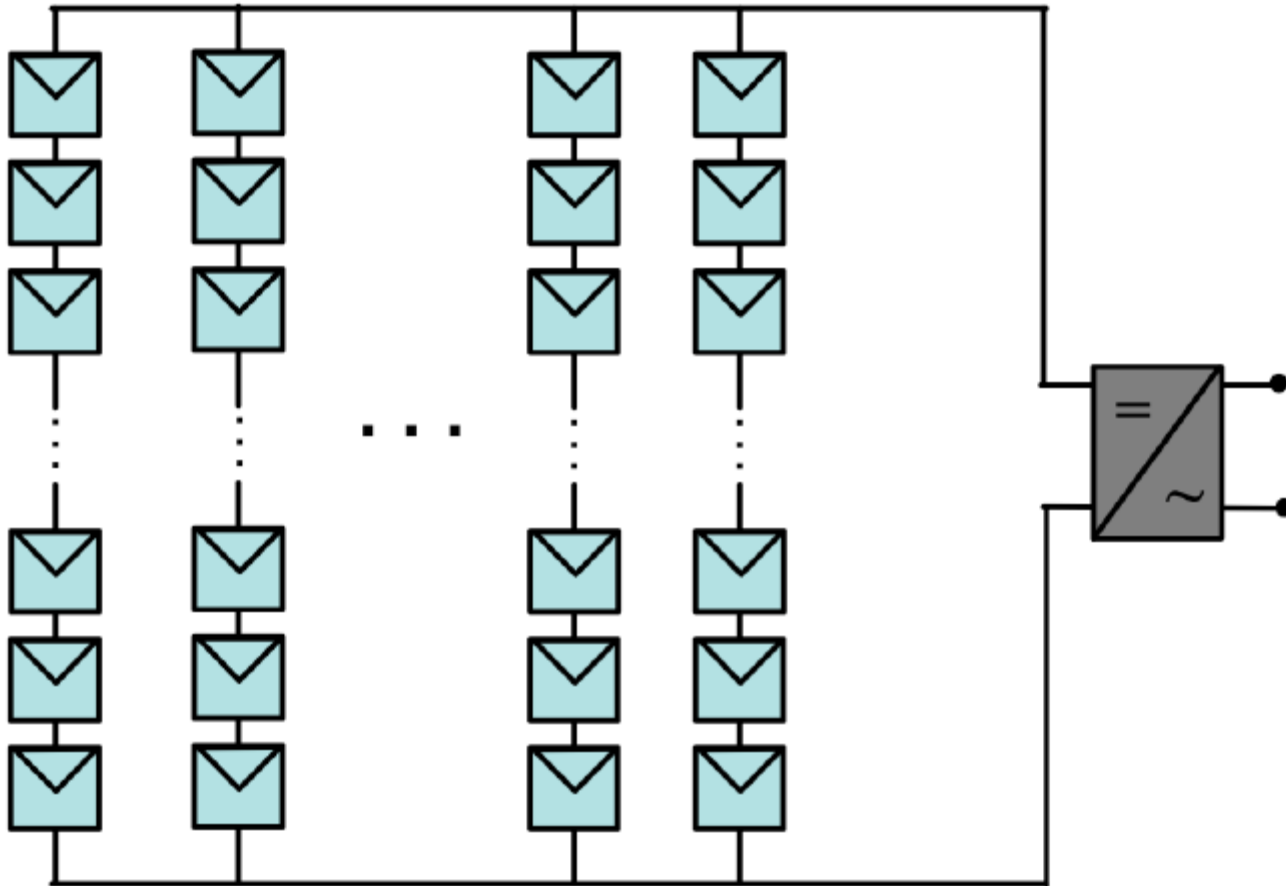


Microinversores

- Ventajas
 - MPPT independiente por panel
 - Inexistencia de cableado en continua
 - Gran modularidad
 - El fallo de uno no es crítico
 - Reducen la pérdida de potencia en caso de sombras
- Desventajas
 - Alto costo incluso para instalaciones de pequeña escala
 - Para instalaciones de gran escala: inviable



Inversor central



Inversor central

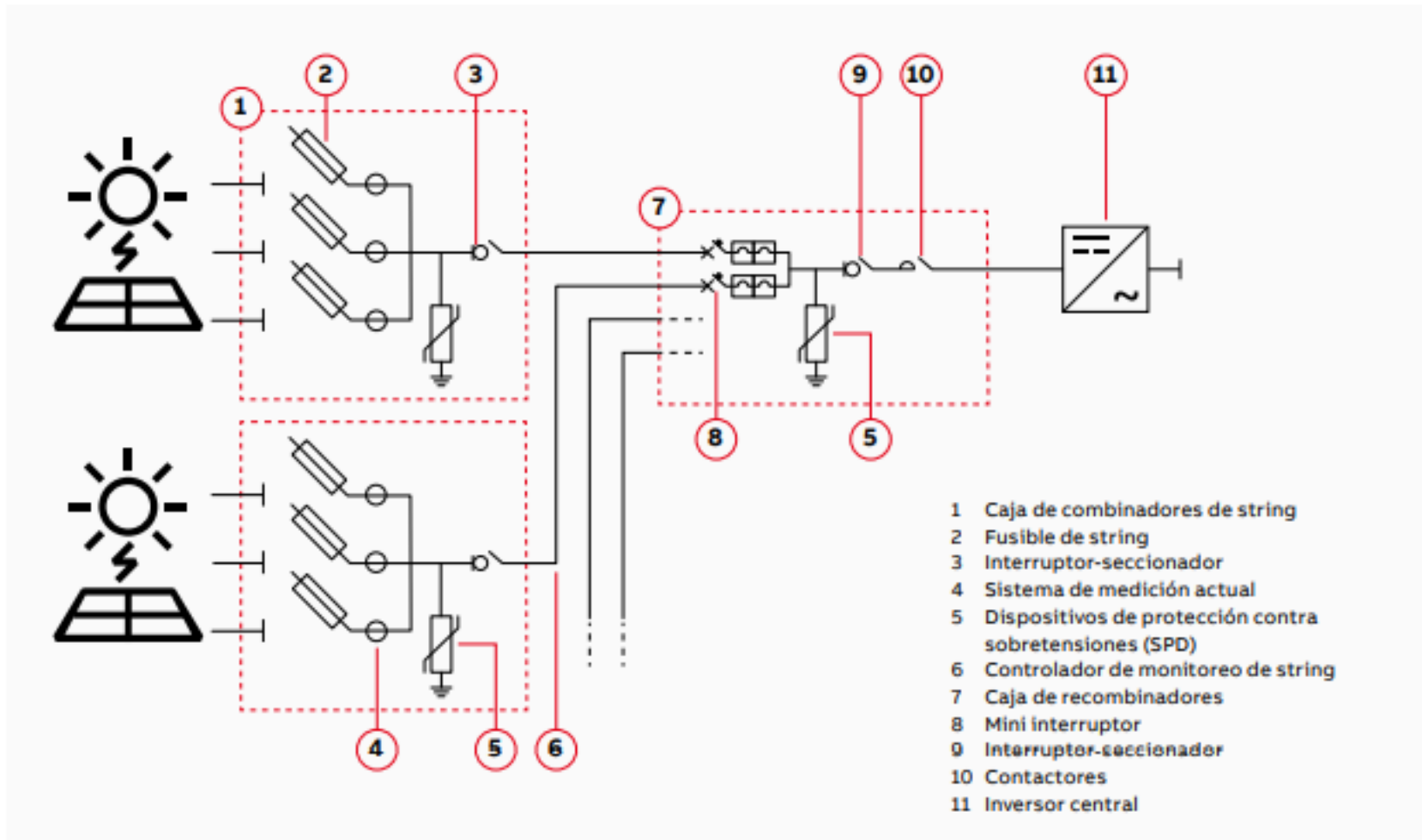


Inversor central

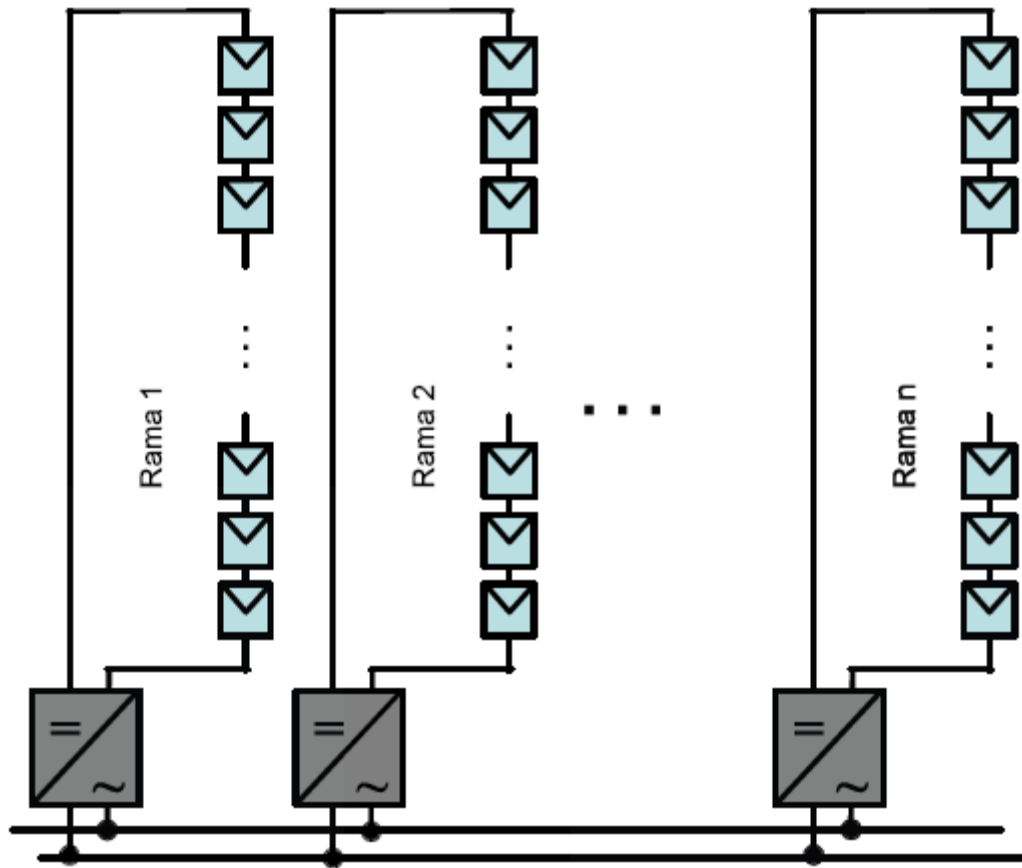
- Potencias usuales: desde 50 kW a 500 kW
- Ventajas
 - Topología más tradicional
 - Diseño e implementación sencilla
 - Costo
- Desventajas
 - Dificultades en MPPT
 - Imposibilidad de crecimiento en potencia
 - Compleja instalación
 - Personal especializado para mantenimiento
 - Enfriamiento activo del equipo



Inversor central



Inversor string (mono-string)



Inversor string (mono-string)

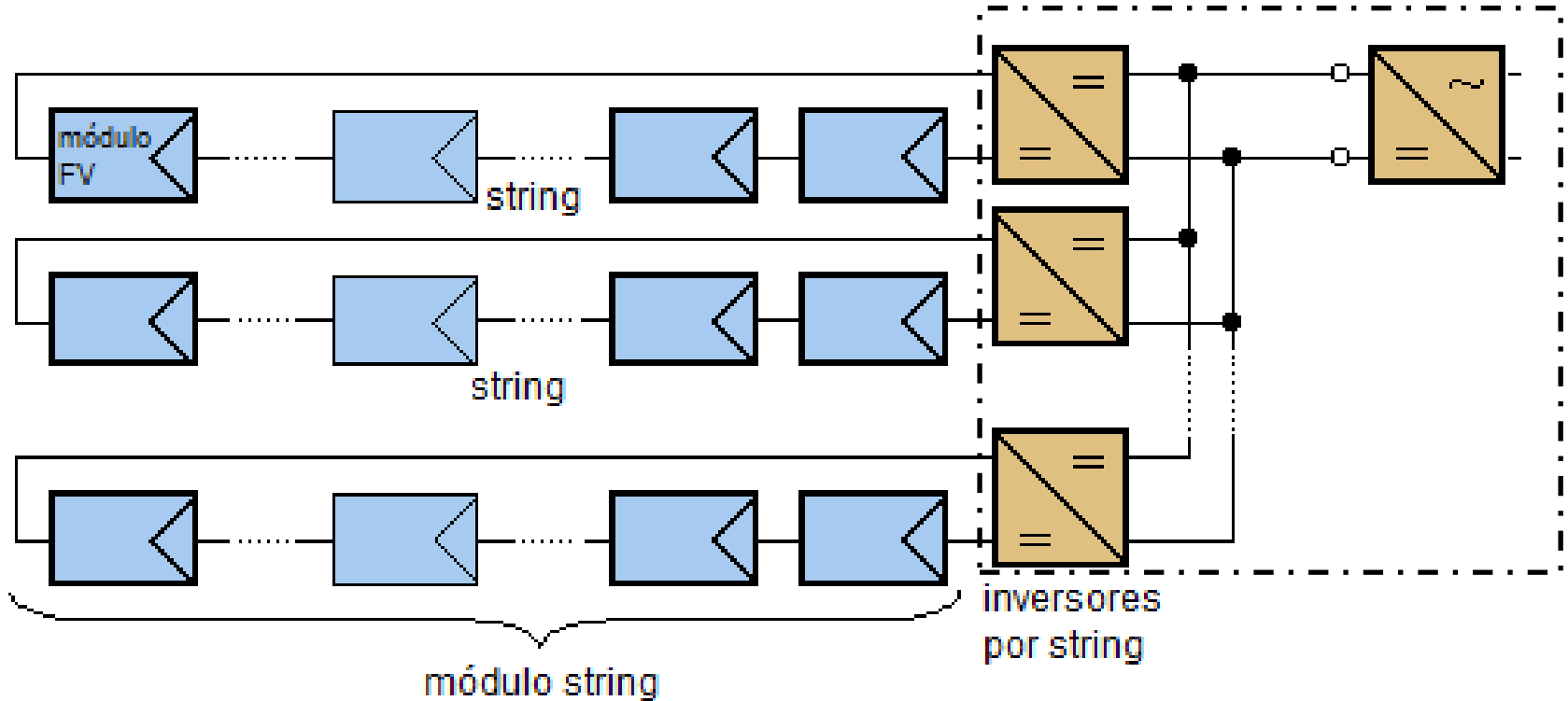


Inversor string (mono-string)

- Ventaja
 - La búsqueda del MPP se realiza para cada cadena en forma independiente (Búsqueda eficiente)
 - Mejora eficiencia con condiciones dispares
 - Factor de disponibilidad mayor
 - Instalación
- Desventaja
 - Mayor cantidad de componentes a lo largo de la superficie complejiza la implantación.



Inversor string (multi-string)



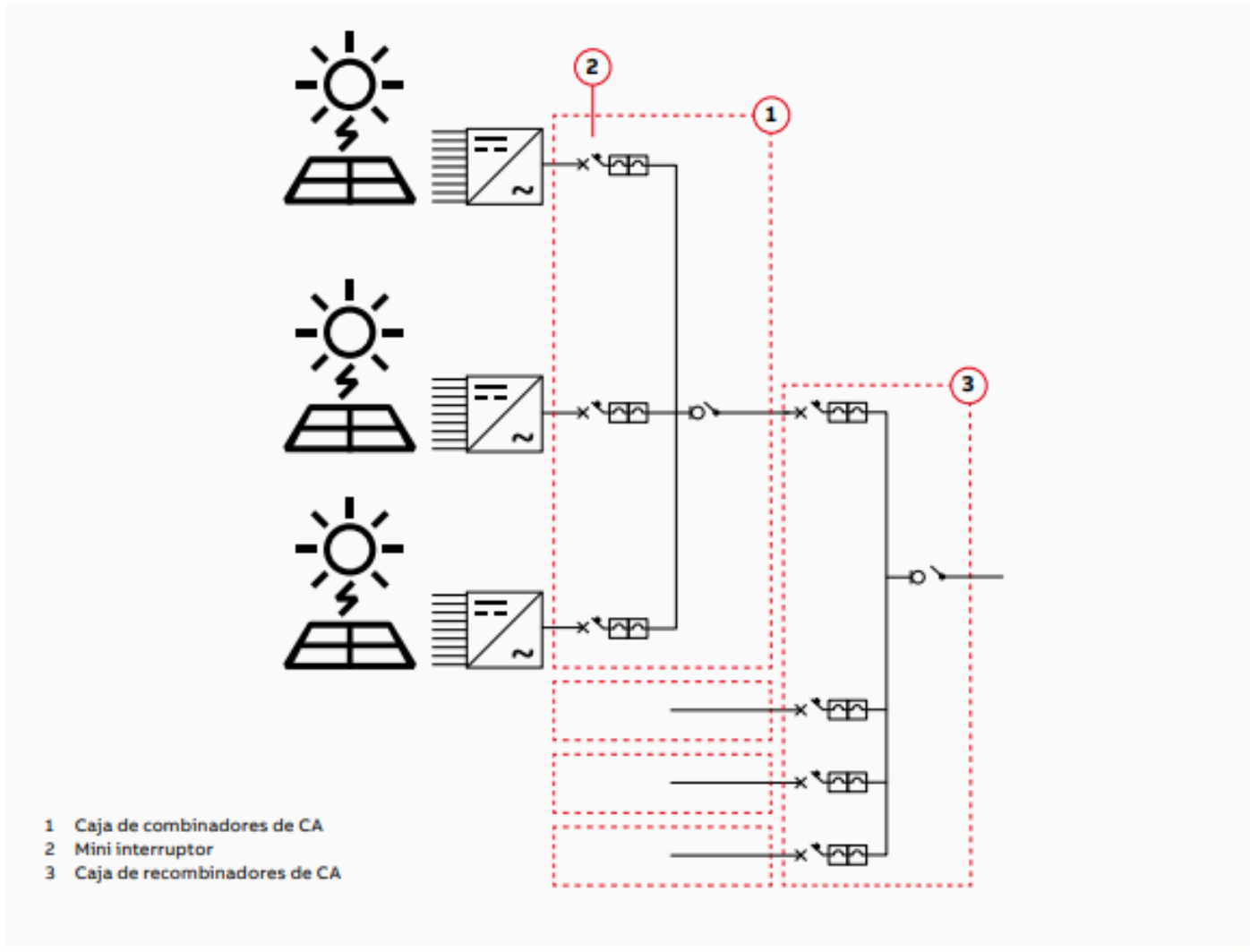
Inversor string (multi-string)



Inversor string (multi-string)

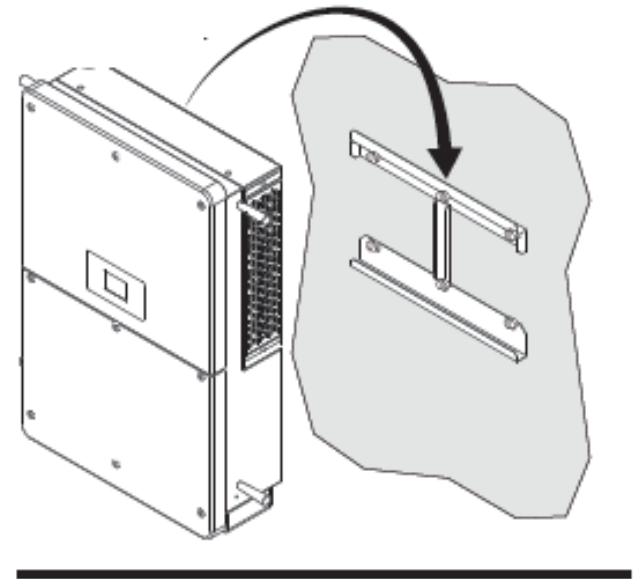
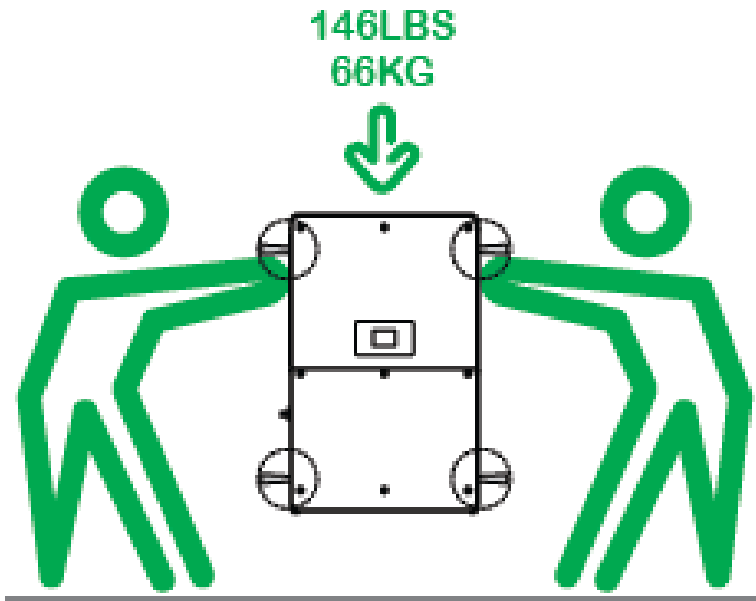
- Potencias usuales: desde 1 kW a 200 kW
- **Ventaja**
 - Combina mayor generación de energía
 - Búsqueda eficiente MPP
 - Confiabilidad (eliminar los posibles puntos de falla)
 - Instalación
 - Conexión directa de los strings al inversor
 - Enfriamiento pasivo del equipo
- **Desventaja**
 - Agregar otra etapa de conversión aumenta pérdidas

Inversor string (multi-string)



Instalación de un String Inverter

1° MONTAJE



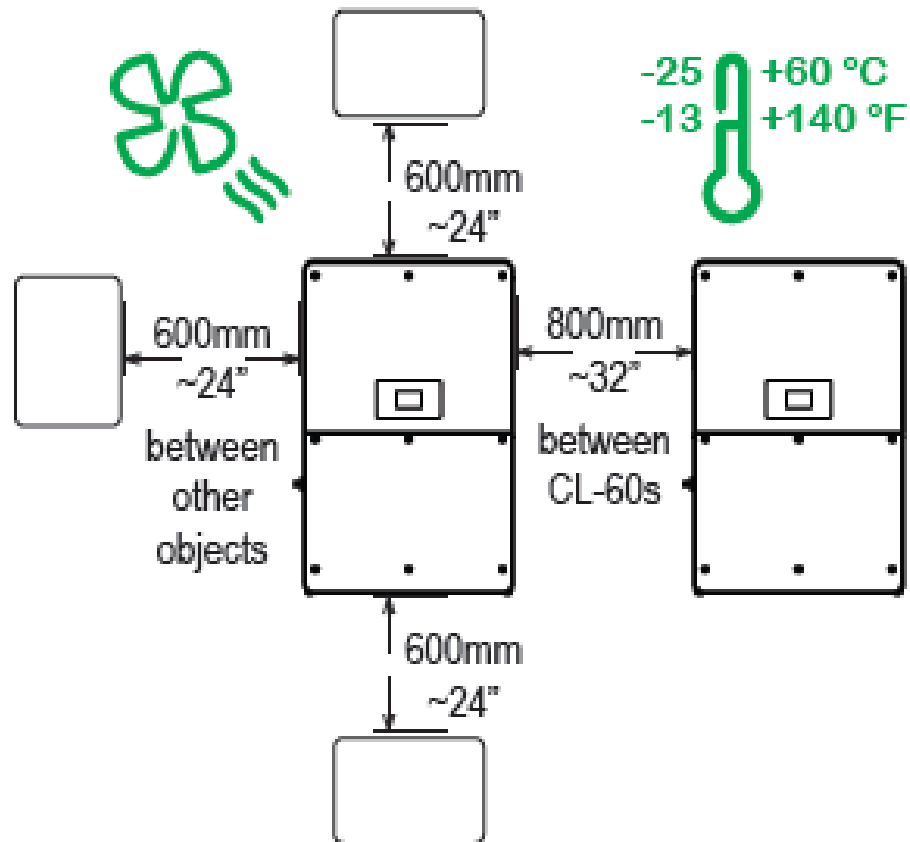
95 cm x 65 cm x 25 cm



Instalación de un String Inverter

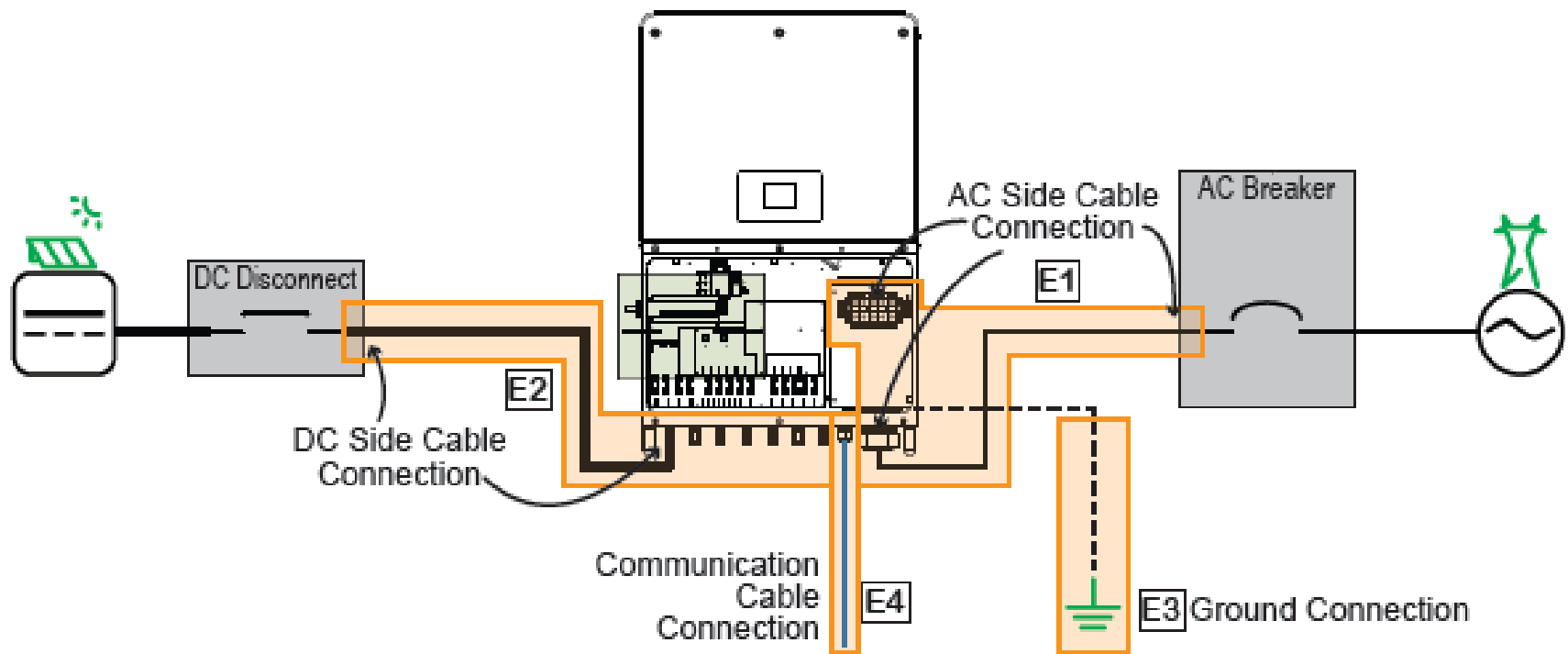
1° MONTAJE

**CONSIDERAR
ESPACIO PARA
VENTILACIÓN!**



Instalación de un String Inverter

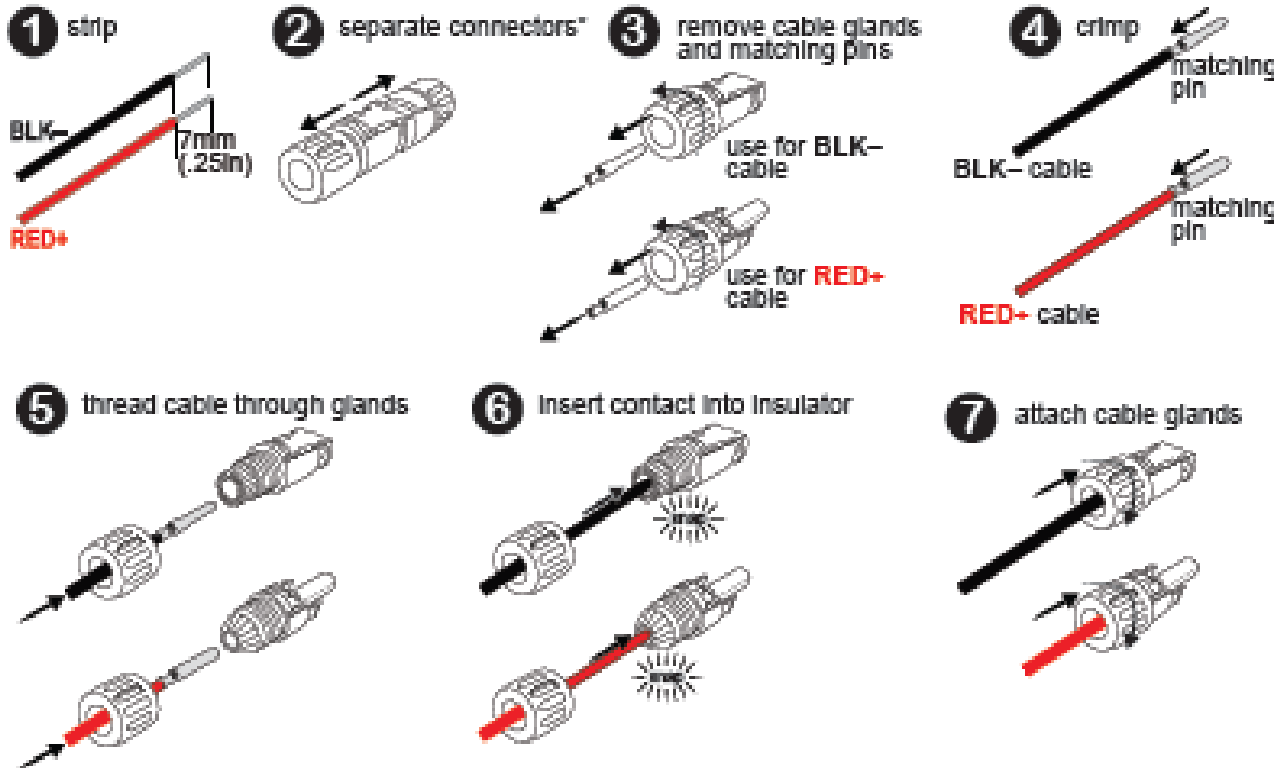
2° CONEXIÓN CABLEADO



Instalación de un String Inverter

2° CONEXIÓN CABLEADO

CABLEADO DC



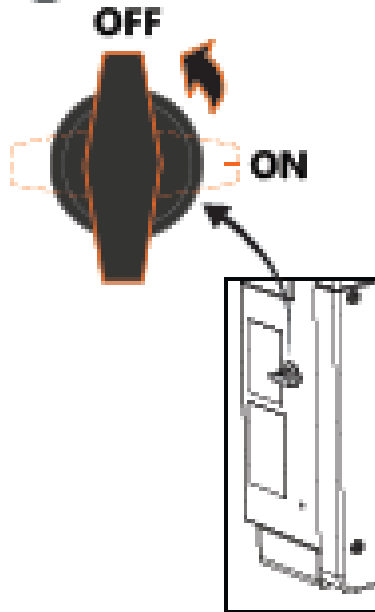
**ARMADO DE
TERMINALES
MC4**

Instalación de un String Inverter

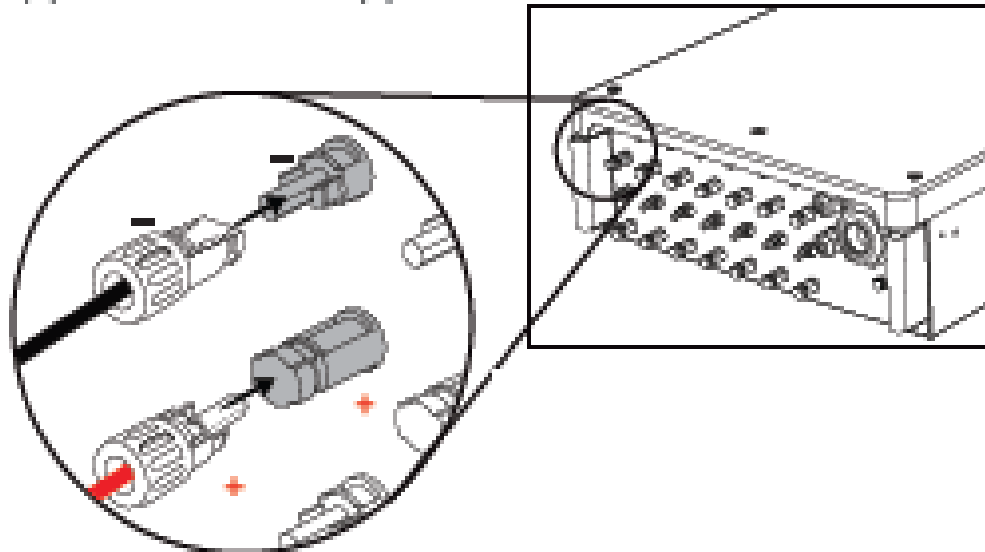
2° CONEXIÓN CABLEADO

CABLEADO DC

8 turn OFF DC switch



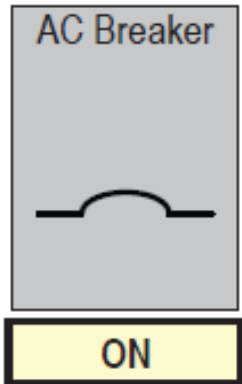
9 attach (-) MC4 connectors* to (-) terminals and (+) MC4 connectors* to (+) terminals



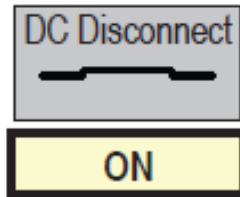
Instalación de un String Inverter

3° COMMISSIONING

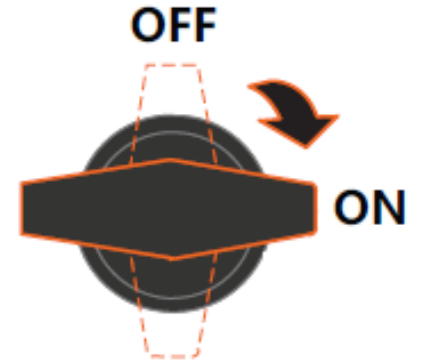
1 close (turn On)



2 close (turn On)



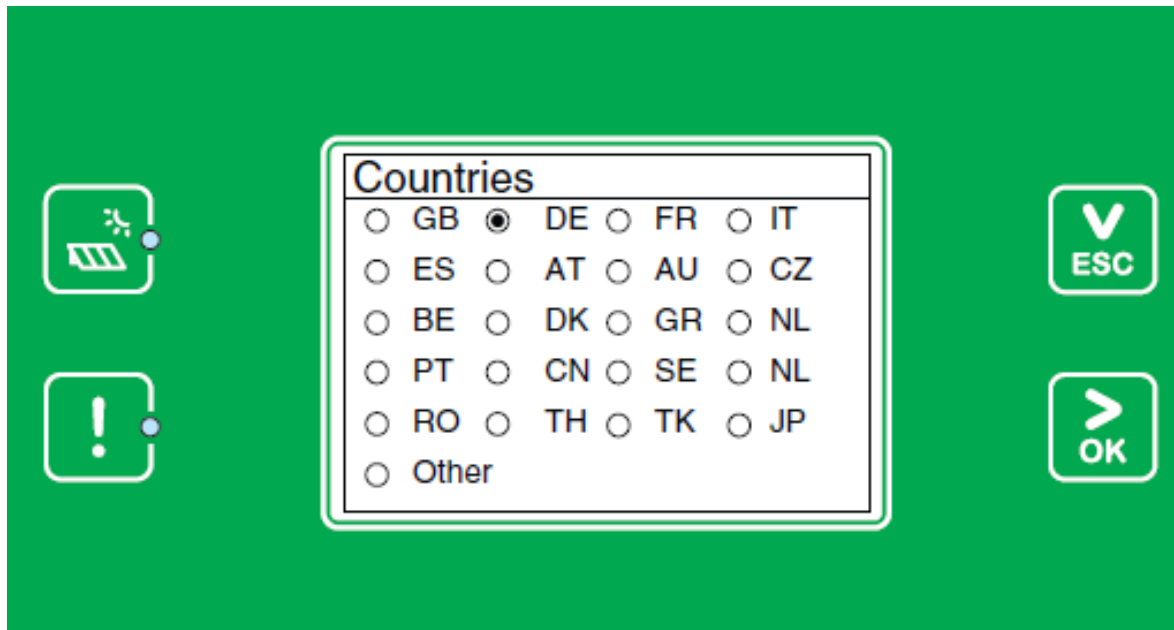
3 turn ON DC switch



Instalación de un String Inverter

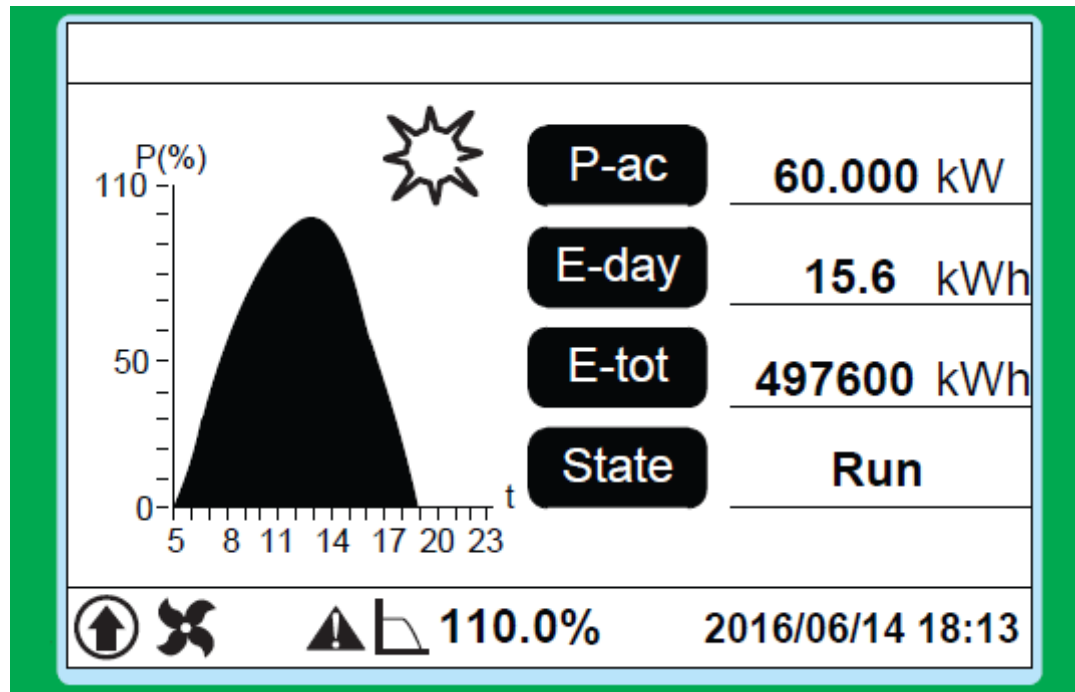
3° COMMISSIONING

4



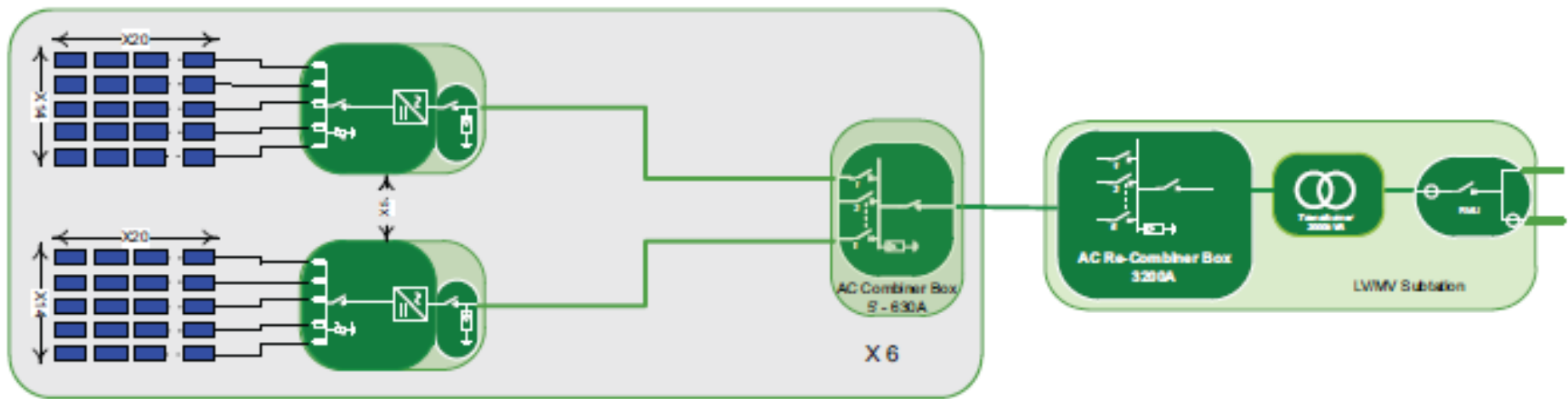
Instalación de un String Inverter

4° MONITORIZAR GENERACIÓN



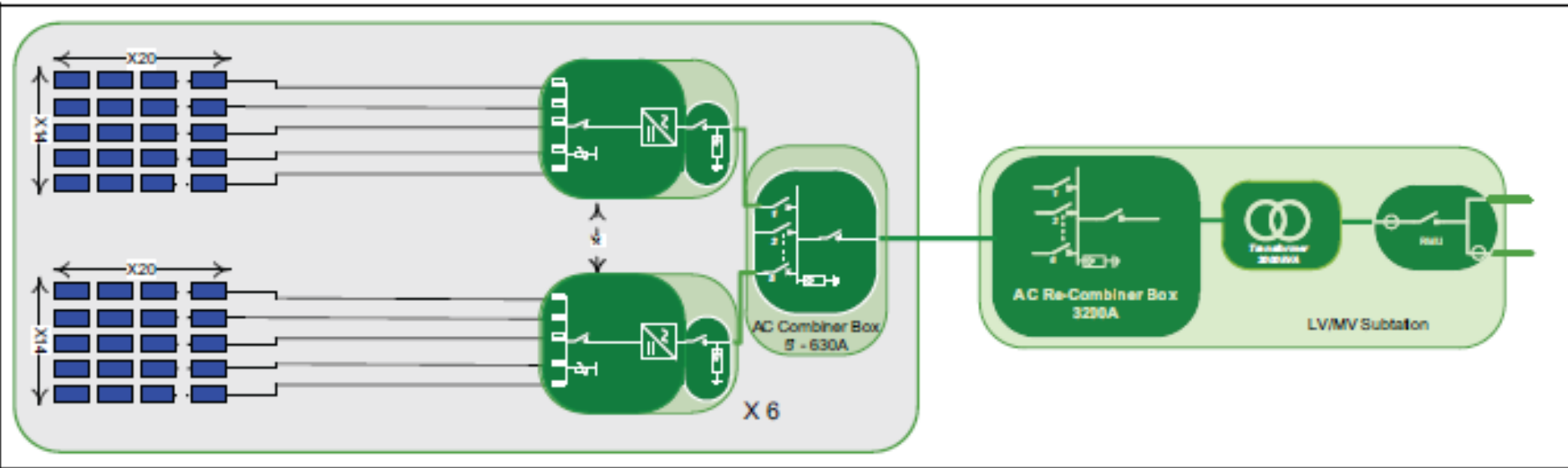
¿Dónde instalar el inversor string?

OPCIÓN 1



¿Dónde instalar el inversor string?

OPCIÓN 2



Algunas fotos



Algunas fotos



Algunas fotos



Algunas fotos



Algunas fotos



Algunas fotos



Conclusiones

INVERSORES CENTRALES

Antiguamente más económicos

Personal cualificado, movimiento de carga pesada, obra civil

Topología más simple

Para grandes instalaciones mejor eficiencia

Falla de equipo, gran pérdida de potencia

Repuestos específicos, personal altamente cualificado

INVERSORES STRING

Precios a la baja

Sencillo de instalar

Mayor cantidad de equipos , tecnología modular

Útil en condiciones dispares

Factor de disponibilidad mayor

Remplazo sencillo, uso casi como caja negra

Conclusiones

INVERSORES CENTRALES

La distribución centralizada se suele utilizar en plantas de gran tamaño o donde los módulos se encuentran orientados uniformemente. Usualmente todos los paneles trabajan en el mismo punto de operación pudiendo tener pérdidas si se encuentran en distintas condiciones.

En este tipo de instalaciones el cableado en CC es mayor que en otros casos pudiendo ser una ventaja por la tensión de operación.

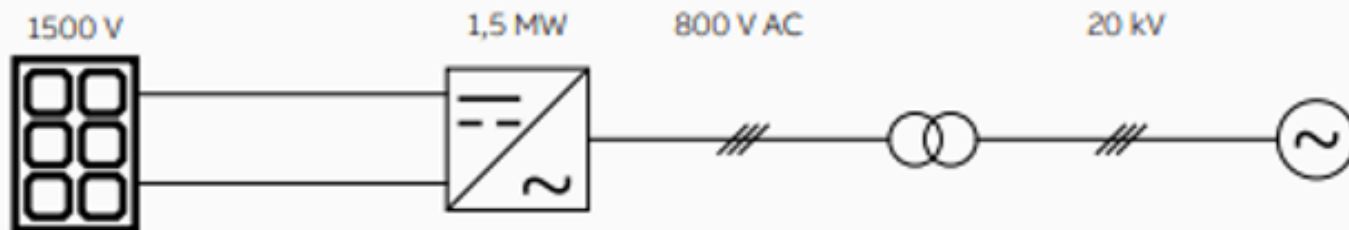
INVERSORES STRING

La distribución descentralizada se suele usar en plantas FV donde existen disparidad de condiciones en los módulos (Orientación, Inclinación, Sombreado, Temperatura, etc.) al contar con múltiples entradas MPPT se mitigan el la pérdida de potencia.

El uso de estos inversores conlleva utilizar más tableros y cableado en AC.

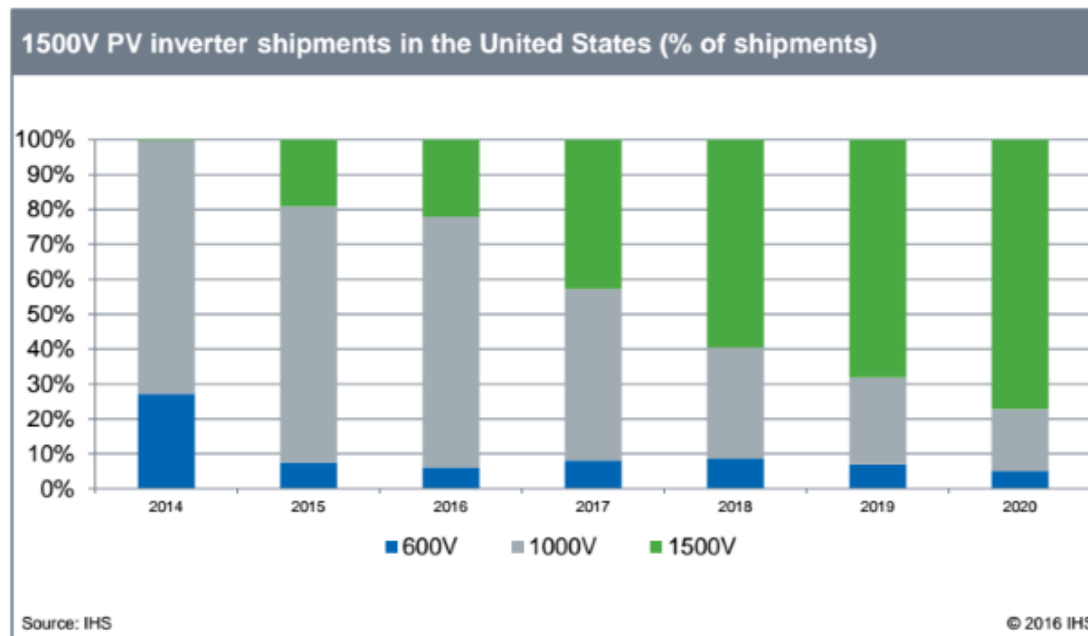
Inversores de mayor tensión

- Hace unos años se está empezando a utilizar inversores de mayor tensión como puede ser 1500 Vdc y 800 Vac.
- Al bajar los costos de los paneles fotovoltaicos empieza a tomar mayor peso el costo BOS.

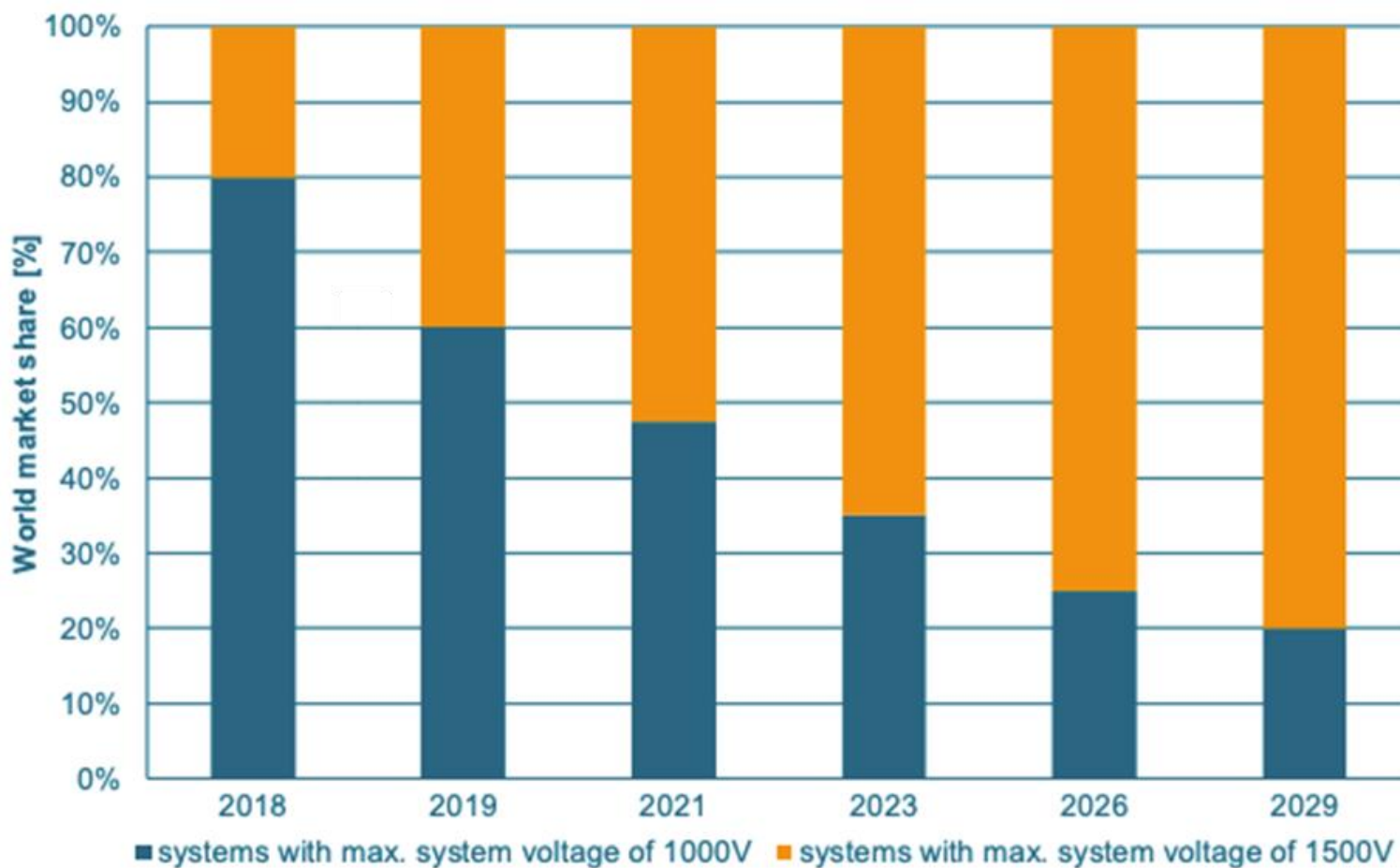


Inversores de mayor tensión

- Hace unos años se está empezando a utilizar inversores de mayor tensión como puede ser 1500 Vdc y 800 Vac.
- Al bajar los costos de los paneles fotovoltaicos empieza a tomar mayor peso el costo BOS.



Maximum system voltage of new PV systems



¿Qué le pedimos a la hoja de datos de un inversor?

Hoja de datos

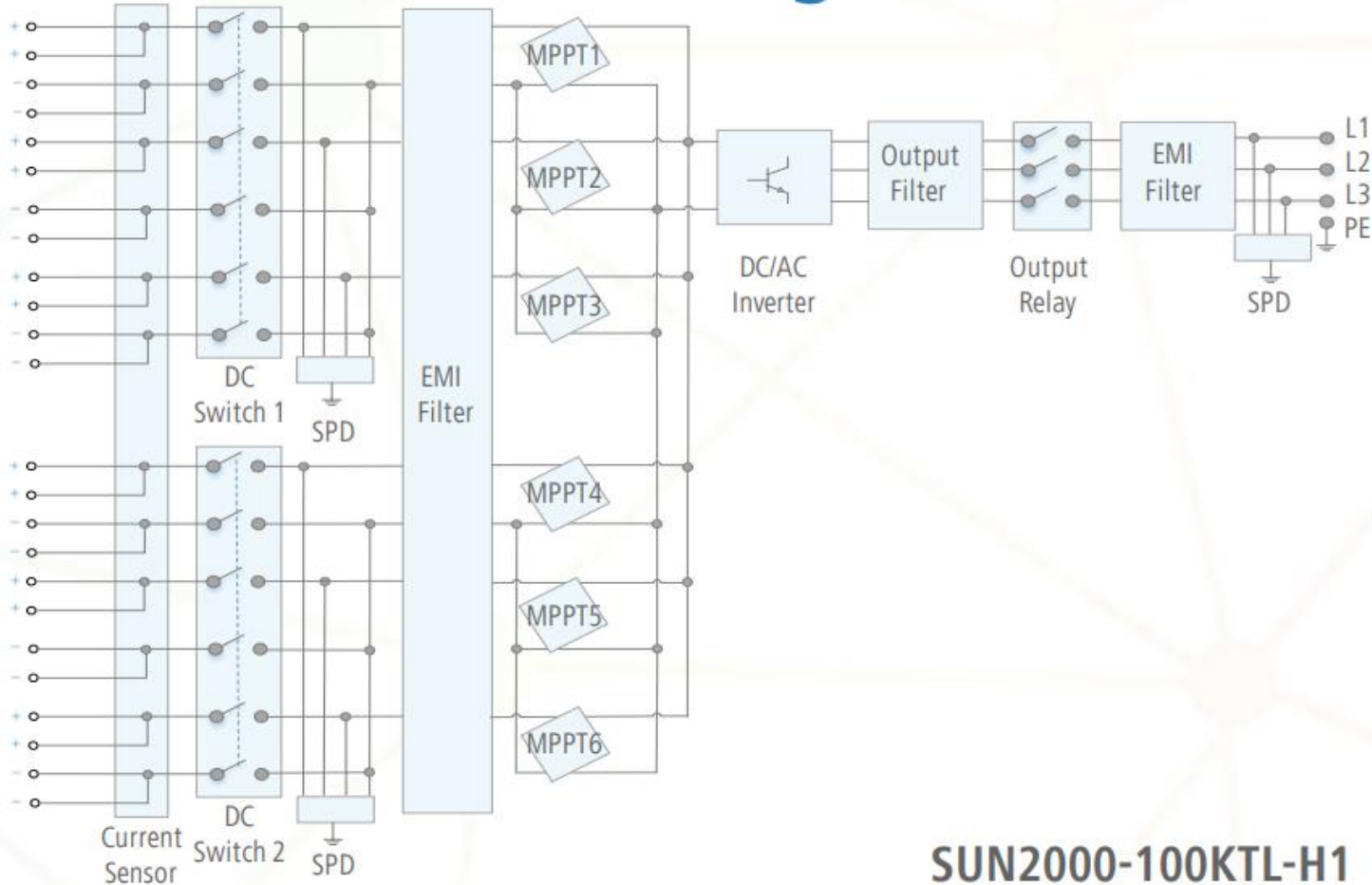


Smart String Inverter (SUN2000-100KTL-H1)

Technical Specifications	SUN2000-100KTL-H1
	Efficiency
Max. Efficiency	99.0%
European Efficiency	98.8%
	Input
Max. Input Voltage	1,500 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	33 A
Start Voltage	650 V
MPPT Operating Voltage Range	600 V ~ 1,500 V
Rated Input Voltage	1,080 V
Number of Inputs	12
Number of MPP Trackers	6
	Output
Rated AC Active Power	100,000 W
Max. AC Apparent Power	105,000 VA
Max. AC Active Power (cos ϕ =1)	105,000 W
Rated Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	72.2 A
Max. Output Current	80.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%

Hoja de datos

Circuit Diagram



SUN2000-100KTL-H1