

2.5 Strings en paralelo: cuándo y cómo

Hasta ahora hemos visto cómo funcionan los **strings en serie**, cómo se **suman voltajes** y cómo debemos asegurar que el arreglo **entre y permanezca dentro del rango del MPPT**.

Ahora vamos a analizar el **otro tipo de conexión**:

👉 **los strings en paralelo.**

Idea visual fundamental

- Conectar strings en **paralelo aumenta la corriente** del arreglo.
- El **voltaje permanece igual**.

Este concepto es esencial para **aumentar la potencia total del sistema sin alterar el voltaje del MPPT**.

2.5.1 ¿Cuándo conectar strings en paralelo?

Existen **cuatro situaciones típicas** en las que tiene sentido agregar strings en paralelo.

✓ Caso 1 — Cuando el MPPT tiene capacidad suficiente de corriente

Cada MPPT tiene un **límite de corriente**, que normalmente aparece en la ficha técnica como:

- 11 A
- 13 A
- 15 A
- 18 A
- etc.

Ejemplo 1

- MPPT permite **15 A**
- Cada string entrega **10 A**

Intento:

- $10\text{ A} + 10\text{ A} = 20\text{ A} \rightarrow \text{X NO permitido}$

Con este MPPT, **solo un string** es posible.

Ejemplo 2 (más realista)

- MPPT permite **18 A**
- Cada panel tiene **Imp = 9 A**

Entonces:

- $9\text{ A} + 9\text{ A} = 18\text{ A} \rightarrow \checkmark$ **perfecto**

👉 La **corriente máxima del MPPT** define cuántos strings pueden conectarse en paralelo.

✓ Caso 2 — Cuando quiero aumentar potencia sin cambiar el voltaje

El **voltaje del string** ya está dentro del rango MPPT y bien diseñado.

Ahora quiero **más potencia**, pero **no quiero alargar el string**, porque podría:

- superar el **Voc_max** del inversor en invierno,
- superar el **Vmp_max** del MPPT,
- o quedar peligrosamente cerca de alguno de esos límites.

👉 La solución correcta es **agregar más strings idénticos en paralelo**.

✓ Caso 3 — Cuando hay más superficie disponible

Si el techo o la superficie disponible es grande, puedes:

- repetir el mismo string varias veces,
- conectarlos en paralelo,
- y así aprovechar todo el espacio.

Siempre, **verificando la corriente máxima del MPPT**.

✓ Caso 4 — Cuando TODOS los strings son idénticos (punto crítico)

Este es uno de los puntos **más importantes del diseño FV**. Para conectar strings en paralelo **deben ser idénticos** en:

- número de módulos,
- orientación e inclinación
- modelo de panel
- nivel de degradación
- condiciones de sombra

¿Por qué? Porque cuando conectas strings en paralelo el **voltaje es común** a todos y la **corriente total es la suma**. Pero ocurre algo crítico, un MPPT solo puede definir un único punto de operación (un solo V_{mp}) para todos los strings paralelos.

Eso significa que todos los strings deben poder operar correctamente **al mismo voltaje**.

El fenómeno del *mismatch*

Si un string tiene diferente número de módulos, diferente orientación, diferente nivel de sombra, diferente modelo de panel, entonces su **curva I-V será distinta**.

Cuando el MPPT elige un voltaje común algunos strings quedan lejos de su punto óptimo y producen menos energía de la que podrían.

Esto se llama **mismatch**.

Imagina dos personas empujando un coche:

- Persona A puede empujar a **10 km/h**
- Persona B solo a **6 km/h**

Si las amarras juntas:

- el coche irá a **6 km/h**,
- porque la más lenta limita al conjunto.

Así ocurre con el mismatch, el string débil obliga al fuerte a operar más lento.

¿Cuándo NO usar strings en paralelo?

⚠ Caso 1 — Cuando la corriente total excede el MPPT

Este es el error más común de instaladores principiantes.

Ejemplo:

- MPPT = **13 A**
- Cada string = **10.5 A**

Intento:

- 2 strings → 21 A → **✗ NO permitido**

Exceder corriente no destruye inmediatamente el inversor, pero lo **estres a térmicamente** y reduce su **vida útil**.

⚠ Caso 2 — Cuando los strings no son idénticos

Aunque tengan la misma potencia nominal, la misma Voc, si difieren en orientación, número de módulos, modelo o degradación entonces habrá pérdidas por mismatch.

2.5.2 Cómo conectar strings en paralelo (consideraciones prácticas)

En campo, existen **dos métodos principales**:

✓ 1. Conectores tipo Y (MC4-Y)

- Opción más común
- Económicos
- Fáciles de instalar
- Ideales para **2 strings por entrada**

✓ 2. Caja combinadora (*combiner box*)

Se utiliza cuando:

- hay **3 o más strings**,
- se requieren **fusibles gPV**,
- se necesita **DPS DC adicional**,
- se trabaja con arreglos **grandes o comerciales**.

2.5.3 Límites del MPPT

Siempre revisa estos **tres parámetros del MPPT**

✓ 1. Corriente máxima del MPPT

Define cuántos strings paralelos puedes conectar.

Debe cumplirse:

- $I_{mp_total} \leq I_{max_MPPT}$

✓ 2. Rango de voltaje MPPT (V_{mp_min} – V_{mp_max})

El voltaje **no cambia** al agregar strings en paralelo, pero:

- la etapa en serie debe estar bien diseñada,
- el MPPT debe operar correctamente en frío y en calor.

✓ 3. Potencia máxima del MPPT (menos crítica)

Muchos MPPT aceptan **oversizing DC**.

Lo que **NO aceptan**:

- demasiado voltaje,
- demasiada corriente.

Conclusión

Conectar strings en paralelo es sencillo en teoría, pero requiere **disciplina de diseño**:

- El **voltaje** debe quedar correcto en la etapa serie.
- La **corriente** debe respetar los límites del MPPT.
- Los **strings deben ser idénticos** para evitar pérdidas.

