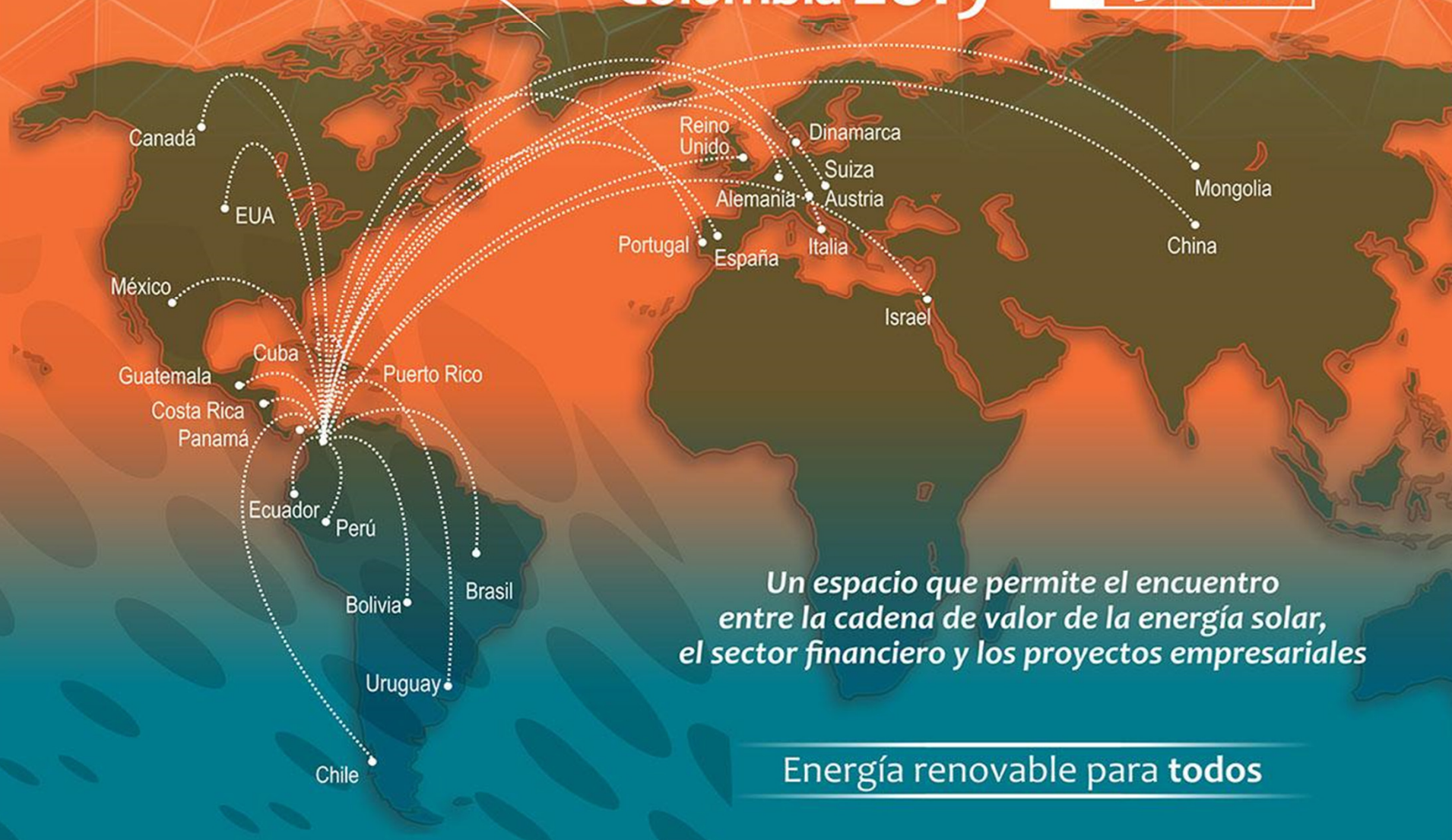


# ExpoSolar<sup>®</sup> Colombia 2019

11 | Plaza  
12 | Mayor  
13 | Medellín  
Colombia



*Un espacio que permite el encuentro  
entre la cadena de valor de la energía solar,  
el sector financiero y los proyectos empresariales*

**Energía renovable para todos**



## La próxima generación de paneles solares



La tecnología fotovoltaica ha evolucionado de forma sostenida desde que adquirió mayor relevancia en el panorama energético a finales del siglo pasado. Los principales agentes del mercado, siempre buscando aumentar la eficiencia y reducir los costes, han propiciado una cascada de desarrollo tecnológico sin igual en los dos últimos años.

Muy probablemente uno de los avances más disruptivos sea el de los **módulos bifaciales**. Esta tecnología innovadora afecta al conjunto total del BoS obligándonos a repensar toda la ingeniería de los proyectos fotovoltaicos.

- Fundada en Ontario en 2001
- Cotiza en NASDAQ (CSIQ) desde 2006
- Más de 12.000 empleados globalmente
- Presencia en 20 países / regiones
- >30 GW de módulos enviados
- >4.1 GWp<sup>(1)</sup> de proyectos propios instalados y conectados (incl. Recurrent)
- **Global Top 5 empresas solares en ingresos en 2018**

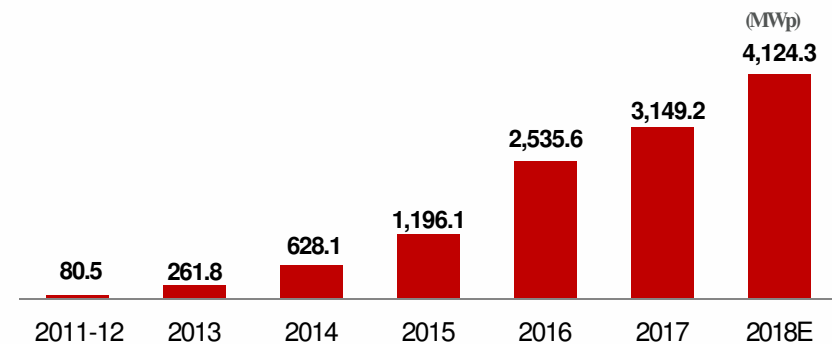
### Marca y presencia global



### Destacados

- ☀ Q3 2018 Ingresos: **\$768.0 million**
- ☀ Q3 2018 módulos enviados: **1.59 GW**
- ☀ 2018 módulos estimados: **6.33 GW to 6.38 GW**
- ☀ 2018 Ingresos estimados: **\$3.5 billion to \$3.6 billion**

### Proyectos solares instalados y conectados



# Evolución de la tecnología solar FV

## Una cuestión de NECESIDAD

Los fabricantes de paneles solares, estimulados por el crecimiento sostenido del mercado fotovoltaico, están constantemente innovando para producir **módulos de mayor eficiencia a un costo menor**.

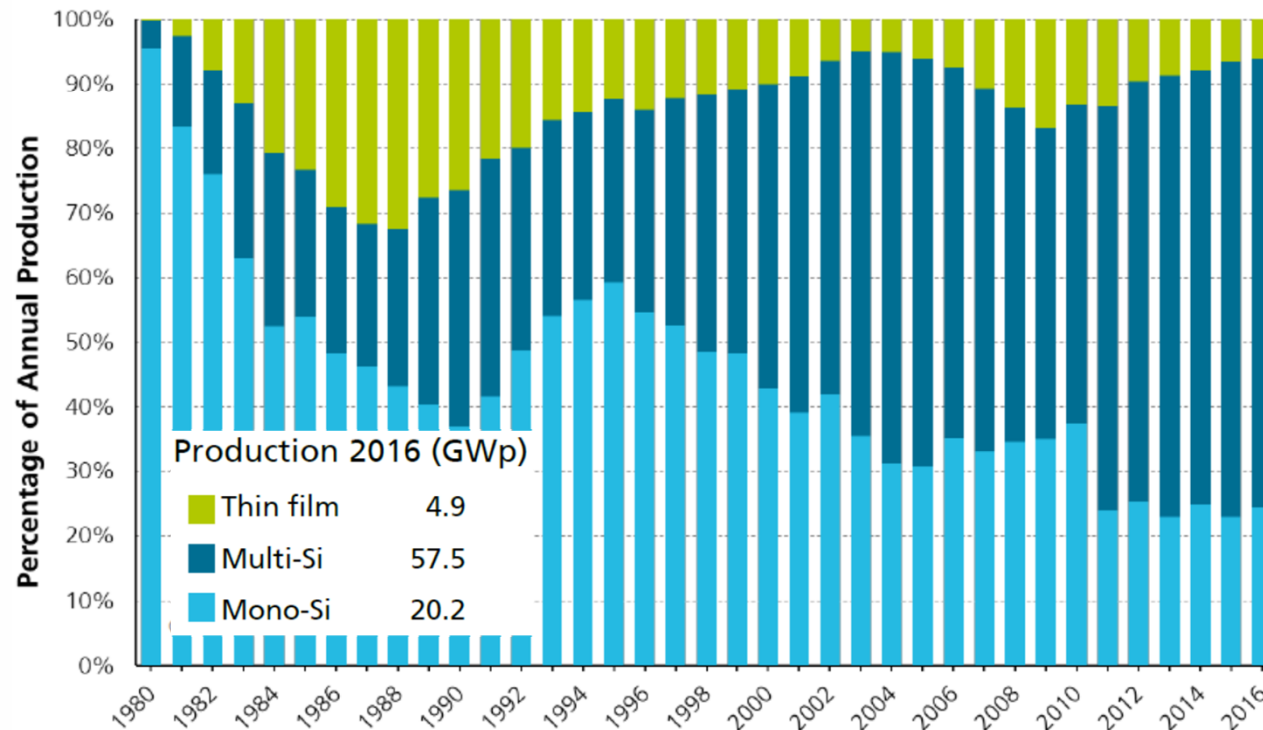
... pero ¿cómo lo consiguen?

- Optimización de los procesos de fabricación (Automatización)
- Mejora en la calidad de los materiales utilizados
- Aumentando la eficiencia de las células
- Rediseñando la arquitectura de los módulos



# Células fotovoltaicas. Mercado actual

Hoy coexisten principalmente tres tecnologías de células fotovoltaicas: dos basadas en el silicio cristalino (mono y multi) y los módulos de capa fina (o filme fino), teniendo las dos primeras una cuota de mercado superior al 90%.



## Células fotovoltaicas. Silicio cristalino

### Silicio Monocristalino

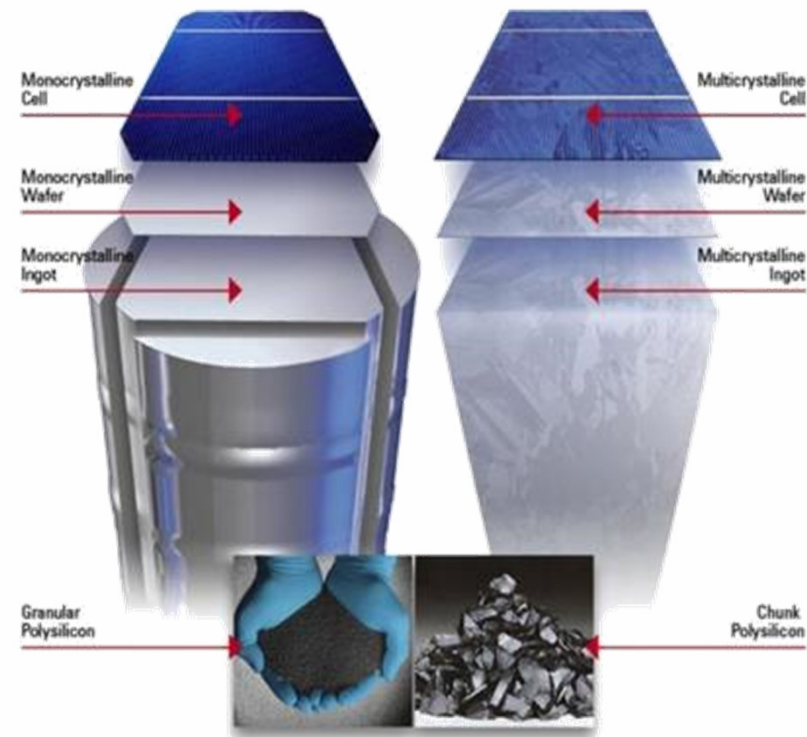
Se sumerge una semilla de cristal en silicio fundido de alta pureza y, a medida que se va solidificando, se va extrayendo y rotando el cilindro.

### Silicio Policristalino

Se derrama el silicio fundido de alta pureza en un molde y se deja solidificar.

### Policristalino vs. Monocristalino

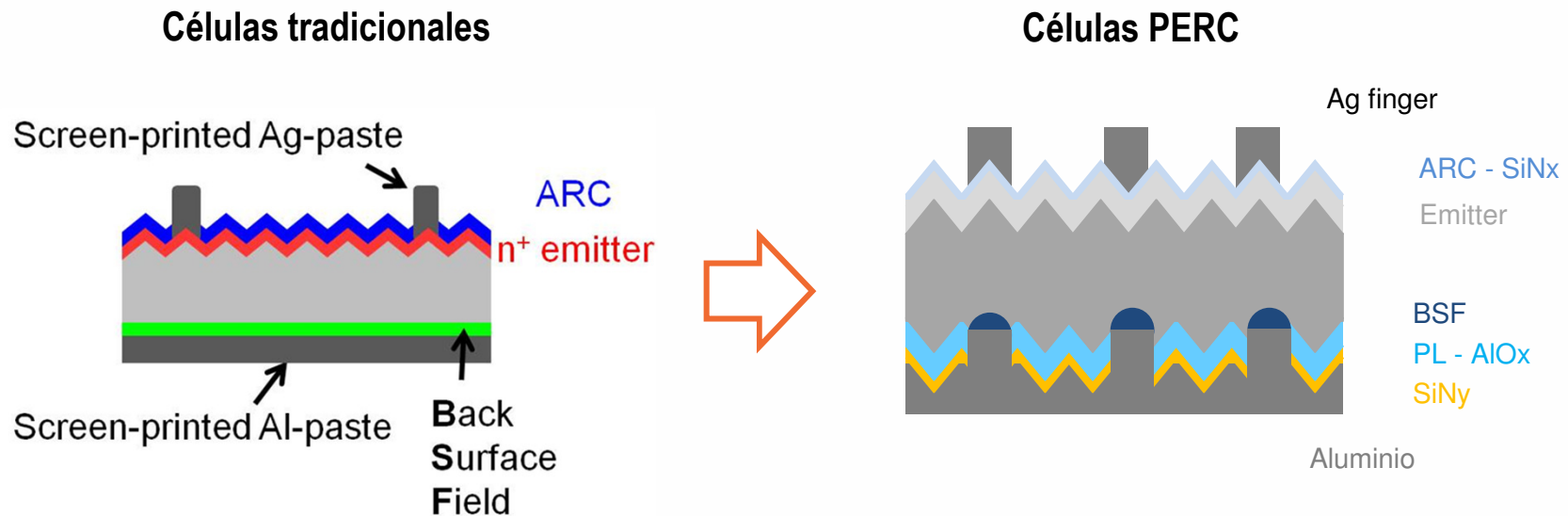
- Las células monocristalinas son más eficientes que las policristalinas.
- ... pero las células policristalinas tienen un coste más bajo que las monocristalinas.



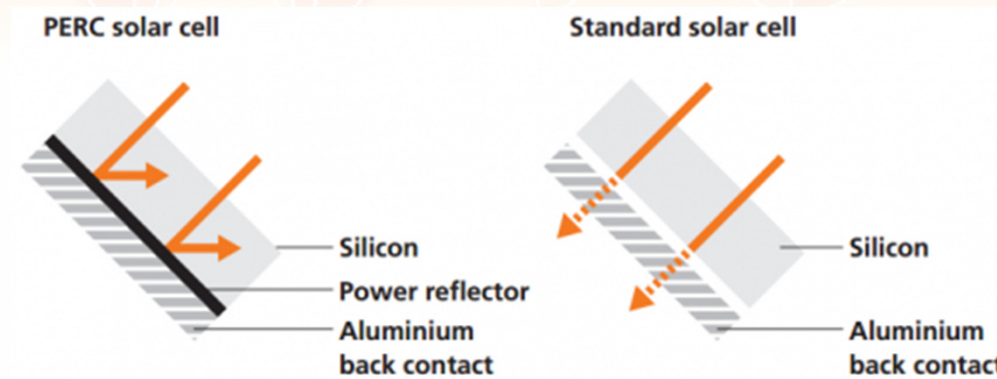


## Células fotovoltaicas. Tecnología PERC

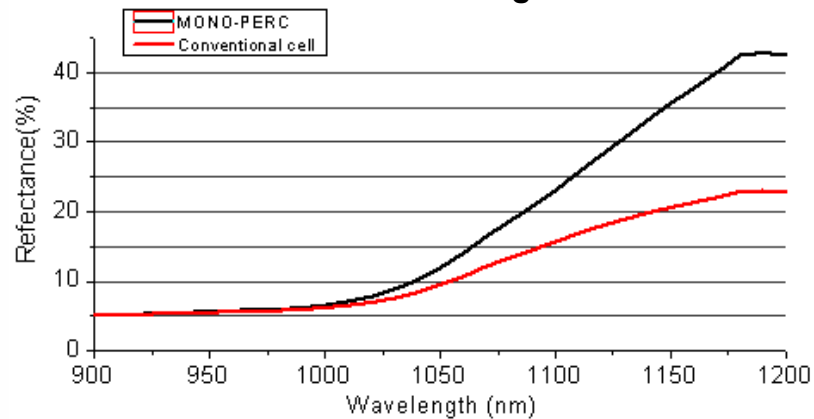
Las células con tecnología PERC, por sus siglas en inglés “Passivated Emitter Rear Cell”, agregan a la parte posterior de la célula fotovoltaica una capa de “pasivación”, aumentando así su eficiencia final en aproximadamente ~5% respecto a las tecnología tradicional (Al-BSF).



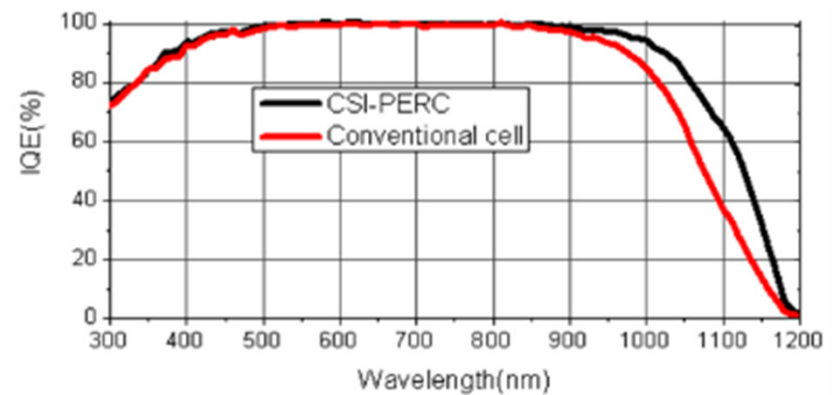
# Células fotovoltaicas. Tecnología PERC



Aumento de la reflexión interna para longitudes de onda larga



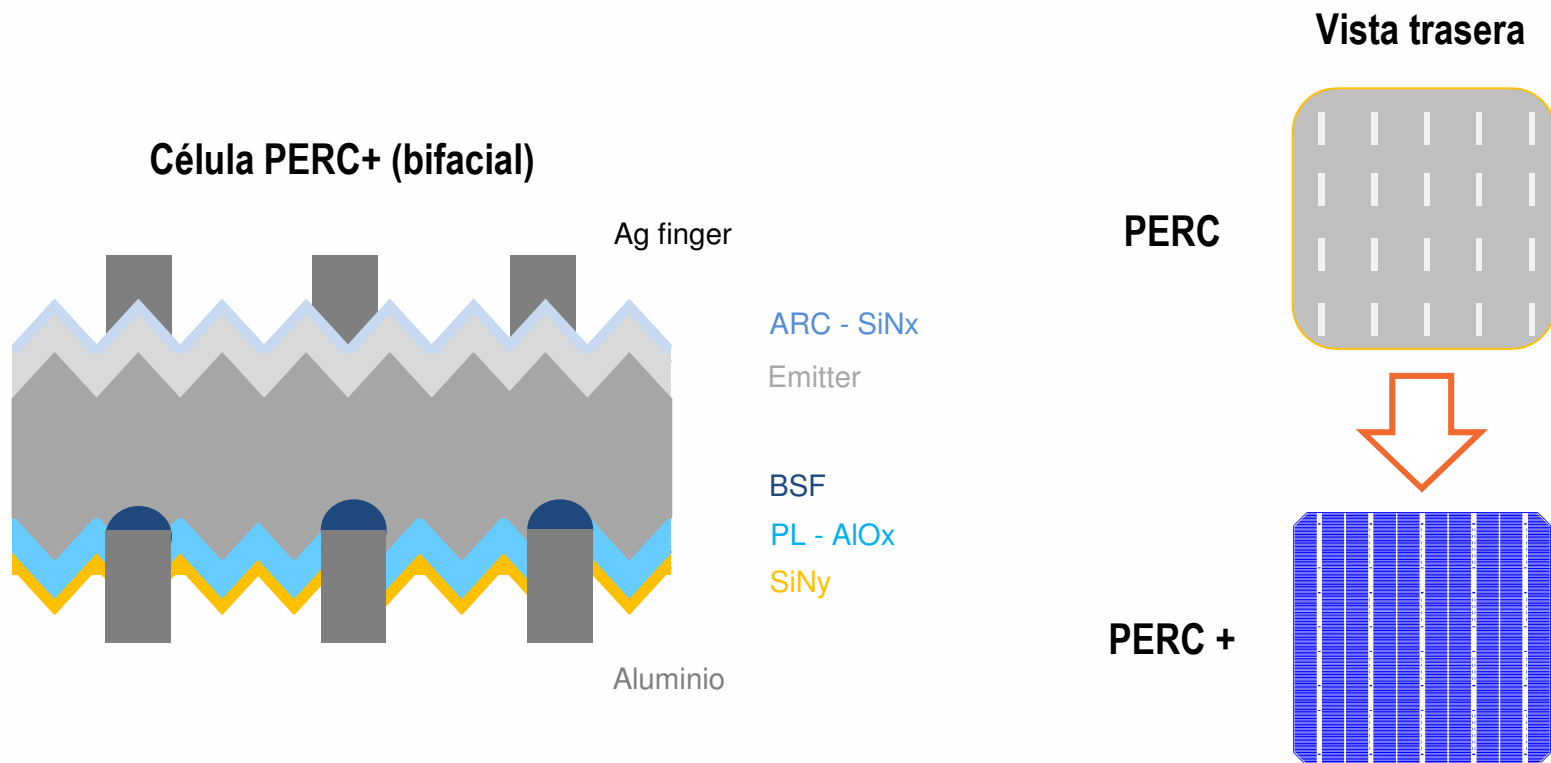
Aumento de la absorción de la luz infrarroja





## Células fotovoltaicas. Tecnología PERC+

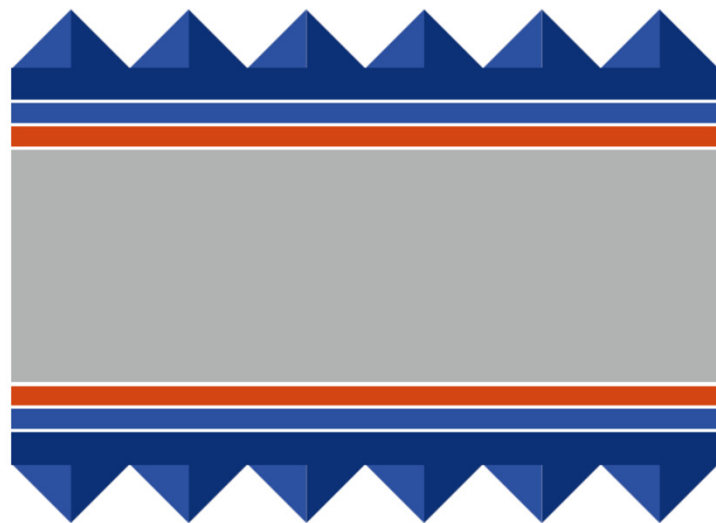
Las células PERC+ tiene una composición similar a las PERC estándar. La diferencia radica en la última capa de la célula (Al), dónde se abren espacios que permiten que la radiación penetre por la parte posterior de la célula, dotándola así de "bifacialidad" (70-80%).



## Células fotovoltaicas. Tecnología HJT

Las células HJT, por sus siglas en inglés “Heterojunction Technology”, combinan la tecnología del silicio cristalino y el silicio amorfo en sus diferentes capas.

Por su estructura, las células HJT son bifaciales y el silicio amorfo funciona proporciona la pasivación de la parte posterior de la célula (comportamiento similar a las células PERC).



1

2

3

4

5

6

7

- 1 Transparent conductive oxide
- 2 N-doped amorphous silicon
- 3 Intrinsic amorphous silicon
- 4 N-type silicon wafer
- 5 Intrinsic amorphous silicon
- 6 P-doped amorphous silicon
- 7 Transparent conductive oxide



## Células fotovoltaicas. Tecnología HJT

### Ventajas de la tecnología

- Aumenta la eficiencia de la célula (~25%)
- Reduce los coeficientes de temperatura (-0,25%/K)
- Aumenta la absorción en condiciones de baja irradiancia
- No presenta degradación por LID ni PID
- Mejora el coeficiente de bifacialidad (~90%)

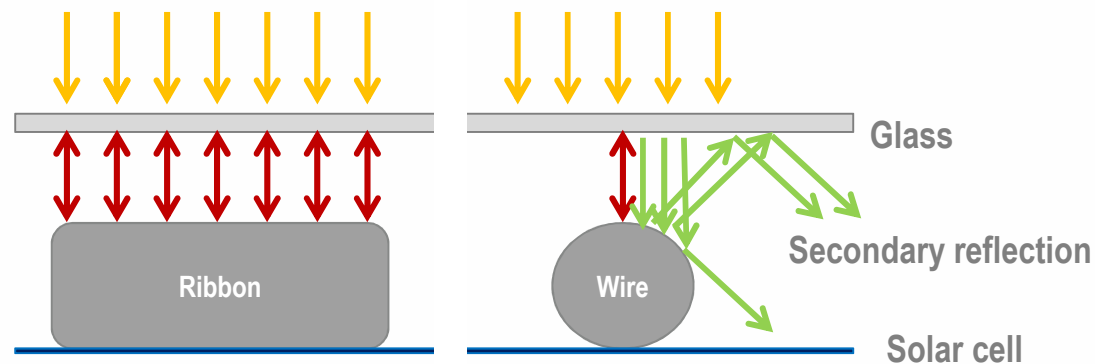
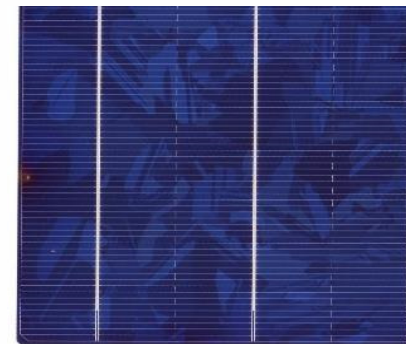


## Células fotovoltaicas. Otras tecnologías

Existen hoy otras tecnologías de célula o tecnologías aplicadas a células que consiguen aumentar la eficiencia de las células en mayor o menor medida.

A continuación sigue una lista de las más destacadas:

- LRF (Light reflective film)
- MBB (Multi Bus Bar)
- MCCE o “Black Silicon”
- Células de mayor tamaño (156 x 156 mm a 166 x 166 mm)
- Células “Quase-mono”

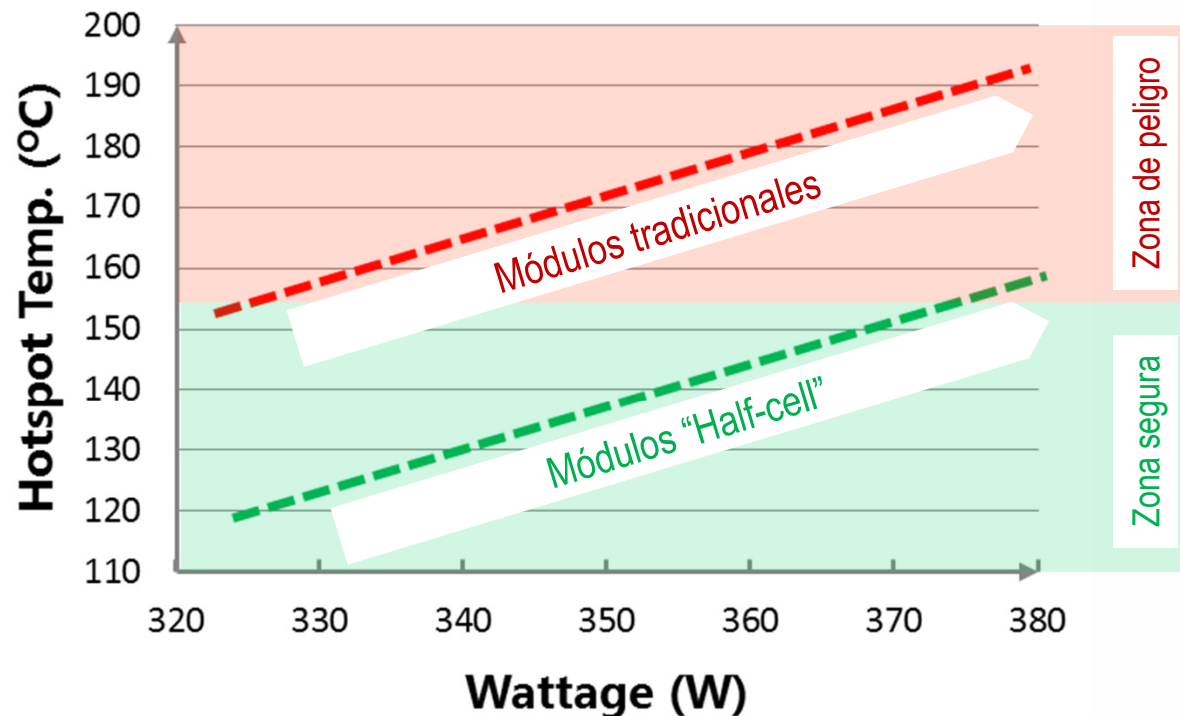




## Módulos FV “Half-cell”

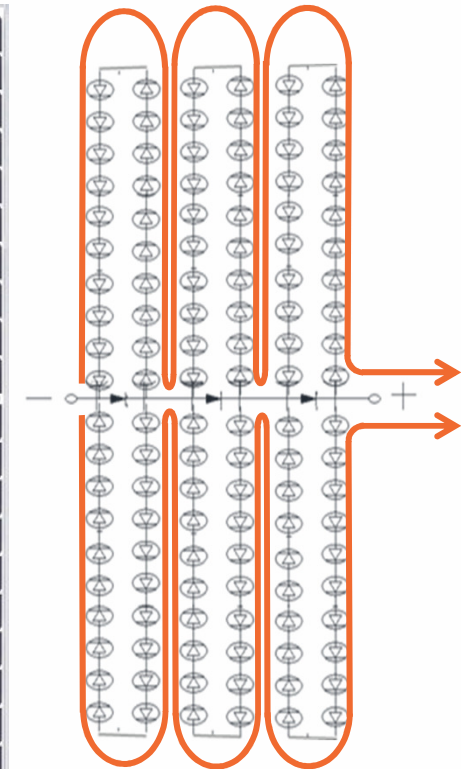
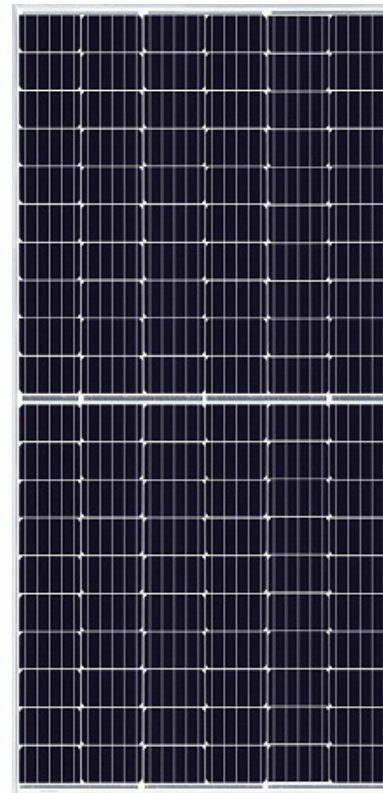
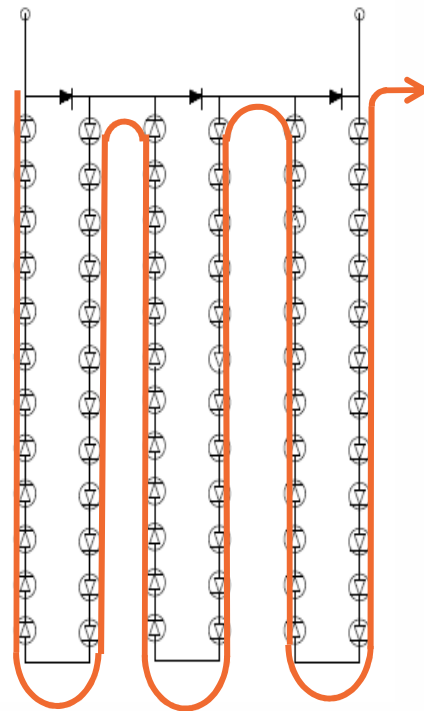
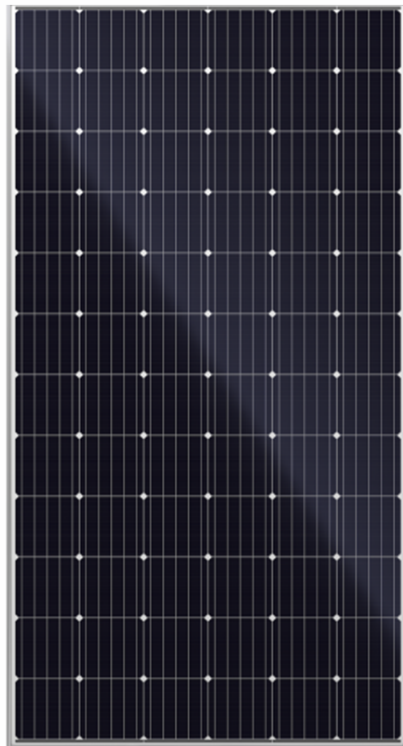
Con el avance de la tecnología solar FV, las células han aumentado su eficiencia/potencia a base de aumentar la corriente generada por las mismas.

La corriente tiene una relación directa con la temperatura de la célula aumentando así el **riesgo de “hot-spot”**.



## Módulos FV “Half-cell”

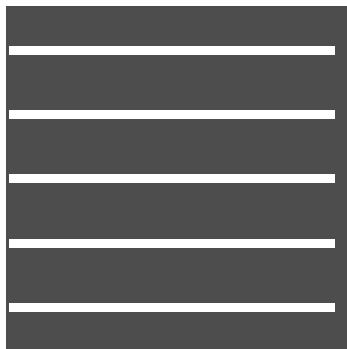
Los módulos fotovoltaicos están formados por células FV conectadas en serie formando así strings internos de 36, 60 o 72 células. Con la tecnología “half-cell”, los circuitos se duplican así como las medias células.



## Módulos FV “Half-cell”

Las medias células generan la mitad de corriente, reduciendo así las pérdidas por temperatura y aumentando la potencia.

**Módulo tradicional**



**Módulo “Half-cell”**



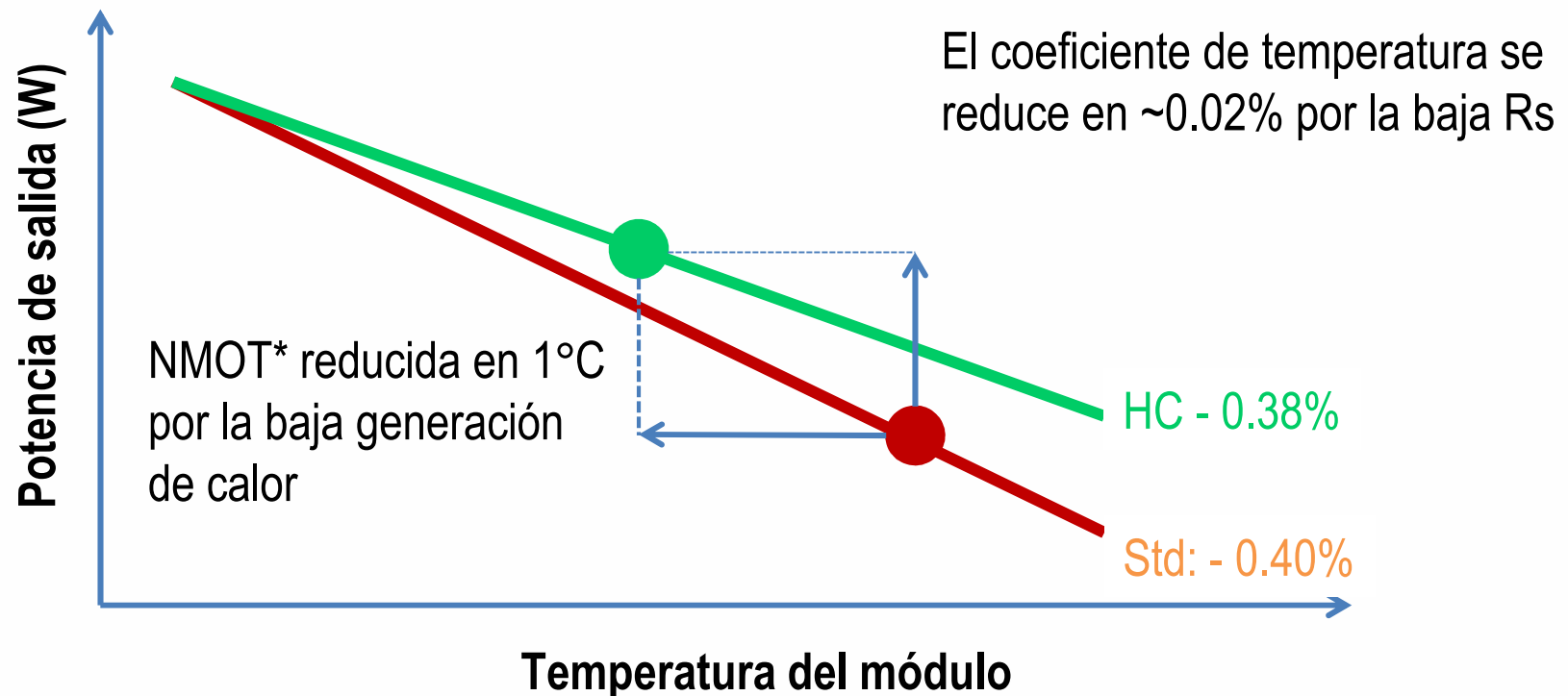
**Reducción de las pérdidas internas de potencia del 75%**

**Aumento de la potencia de salida en ~4%**



## Módulos FV “Half-cell”

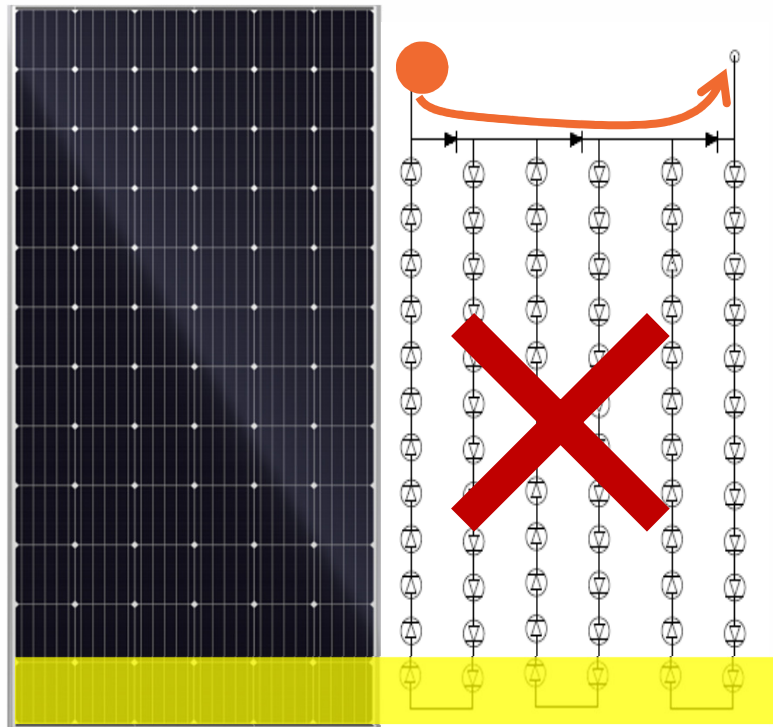
Los módulos half-cell, al disminuir las pérdidas por temperatura mejoran el coeficiente de temperatura sensiblemente, aumentando la producción de energía.



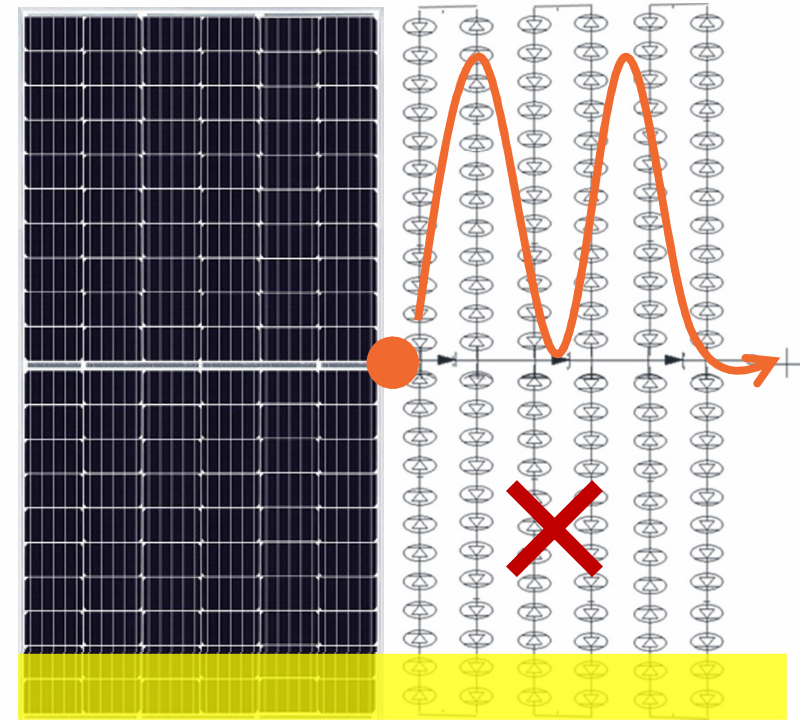
\*NMOT: Nominal Module Operating Temperature

## Módulos FV “Half-cell”

**Módulo tradicional:**  
Potencia de salida del 0%



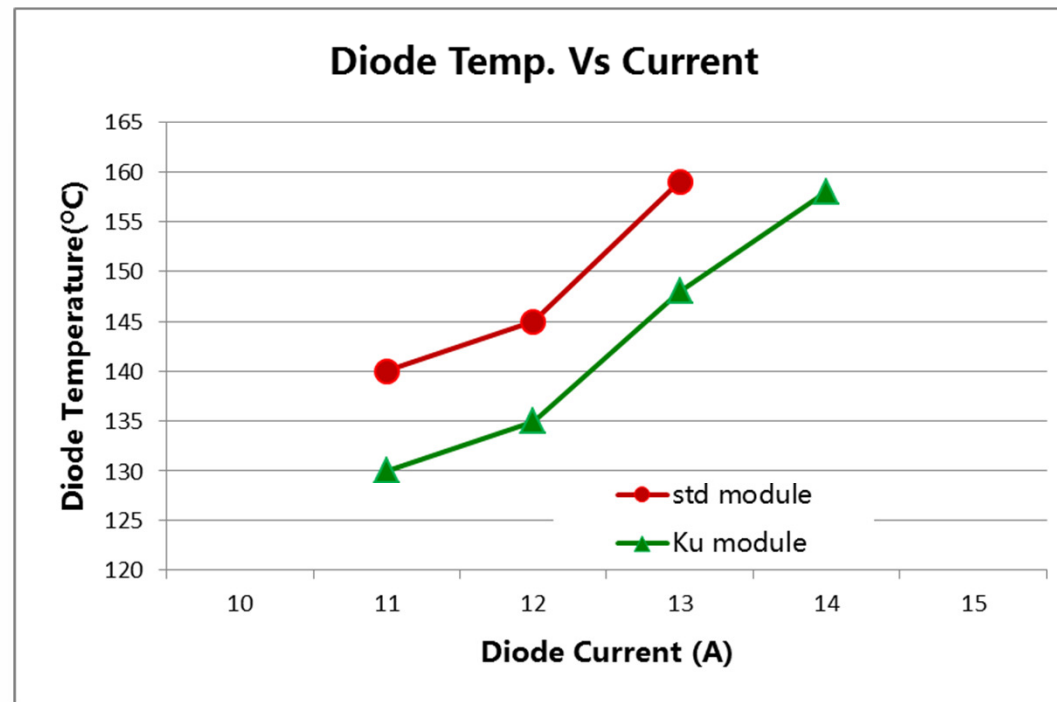
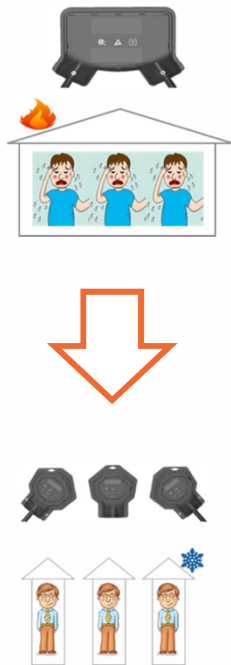
**Módulo HC:**  
Potencia de salida del 50%



Sombra en la primera fila del módulo

## Módulos FV “Half-cell”

Los módulos “half-cell”, por sus características constructivas, incorporan 3 pequeñas “J-Box” que albergan un diodo de bypass cada una, mejorando su confiabilidad.



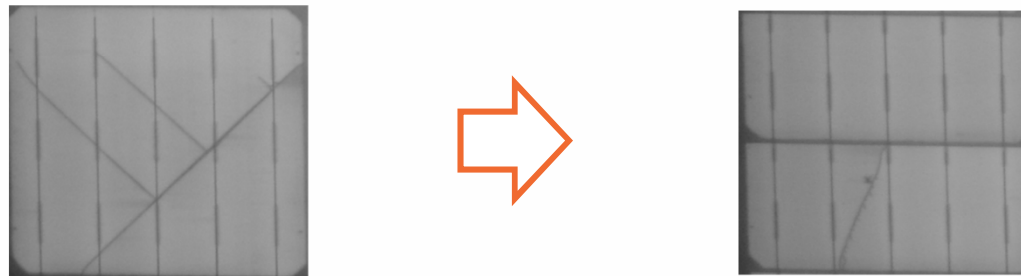
La temperatura del diodo se reduce en 10°C.



## Módulos FV “Half-cell”

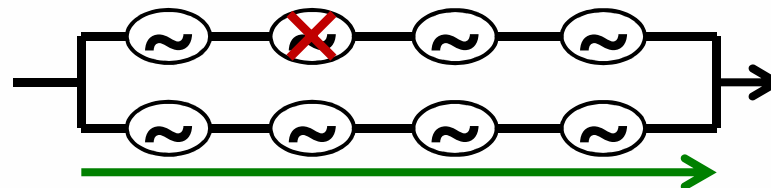
### Menor riesgo de “micro-crack”

Las células partidas por la mitad reducen el área de impacto de los “micro-crack” en 50%.



### Doble circuito interno, módulo más confiable

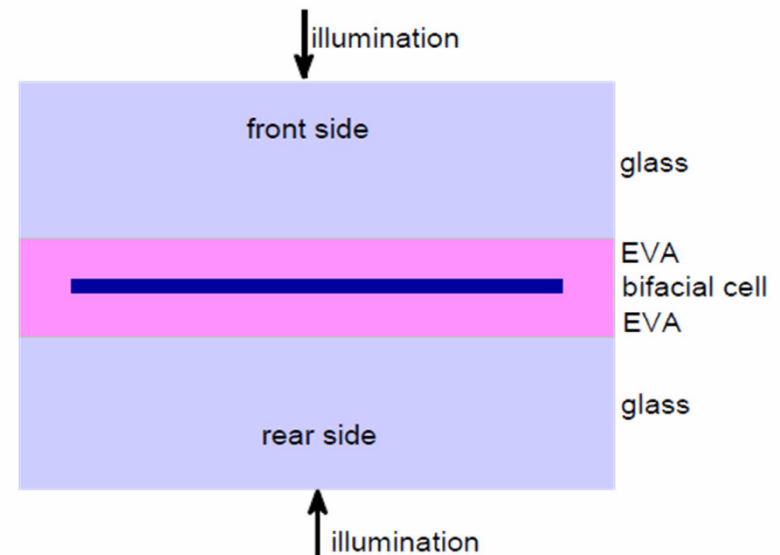
La matriz de interconexión asegura una mejor tolerancia a los fallos.



## Módulos FV Bifaciales

### Principio de funcionamiento

Los módulos bifaciales tienen dos superficies activas. El uso de materiales transparentes como el vidrio permite que la luz penetre por la parte trasera y genere energía por ambos lados.





## Módulos FV Bifaciales



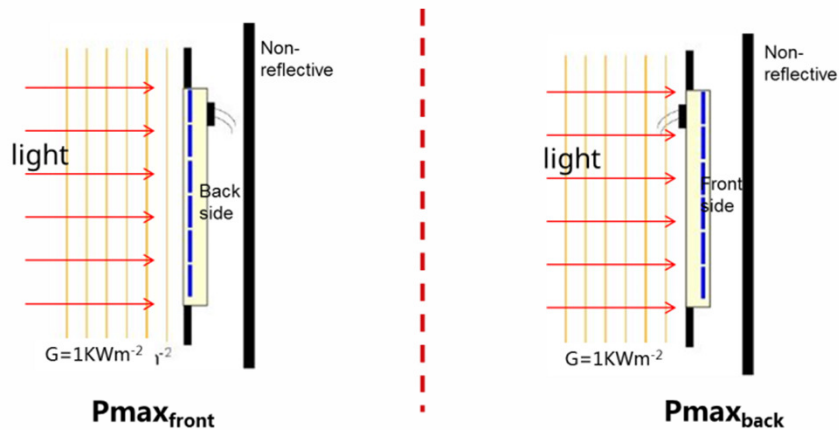


# Módulos FV Bifaciales

## BIFACIALIDAD

Describe la relación de **potencia** entre la parte delantera y trasera del módulo (en condiciones STC).

$$\text{Bifacialidad} = P_{\text{max trasera}} / P_{\text{max delantera}}$$



El valor típico está entre el 70 - 80%

## GANANCIA BIFACIAL

Ratio de la **ganancia energética** de la parte trasera del módulo respecto a la parte delantera

$$\text{Ganancia Bifacial} = \text{Energía trasera} / \text{Energía delantera}$$

## ALBEDO

El **albedo** es la radiación reflejada desde varias superficies respecto a la radiación incidente.

$$\text{Albedo} = \text{Luz reflejada} / \text{Luz Incidente}$$

El valor del albedo es el factor más crítico para determinar la generación de energía de la parte trasera del módulo.

**En las condiciones más favorables (nieve fresca), la ganancia bifacial puede alcanzar hasta el 30%!**

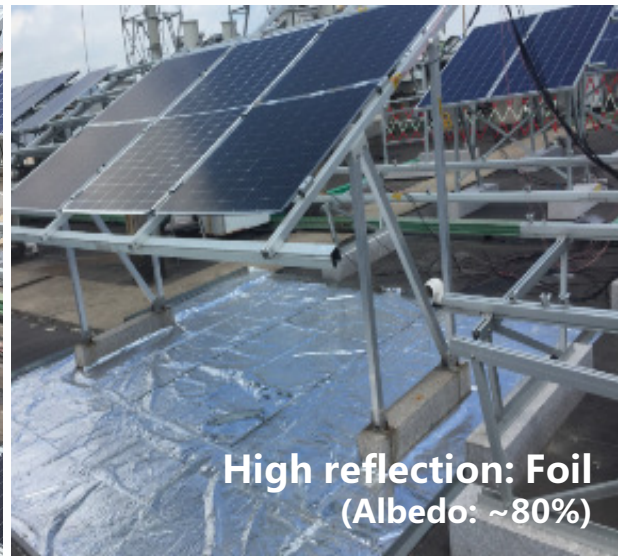
Material	Albedo	G <sub>rear</sub> at 1000W/m <sup>2</sup> front	Bifacial Gain (0.5m height, No shading)
Asphalt	0.1	70W/m <sup>2</sup>	5%
Light soil	0.21	130 W/m <sup>2</sup>	8%
Concrete	0.28	170 W/m <sup>2</sup>	10%
Beige built-up roofing	0.43	250 W/m <sup>2</sup>	15%
White EPDM roofing	0.8	430 W/m <sup>2</sup>	26%
Fresh snow	0.95	500W/m <sup>2</sup>	30%



## Módulos FV Bifaciales



**~7% Power Gain**



**~20% Power Gain**



**~9% Power Gain**

**Planta de ensayo módulos bifaciales CSI (2017.8.6~Actualidad)**



## Módulos FV Bifaciales

Cuál es el albedo de nuestro proyecto?



El albedo es un factor dinámico que cambia a lo largo del año y que puede variar de un año a otro!

## Módulos FV Bifaciales

Otros factores que afectan al albedo



El albedo, dentro de una planta solar, no es constante.



## Módulos FV Bifaciales

Otros factores que afectan al albedo – La estructura utilizada



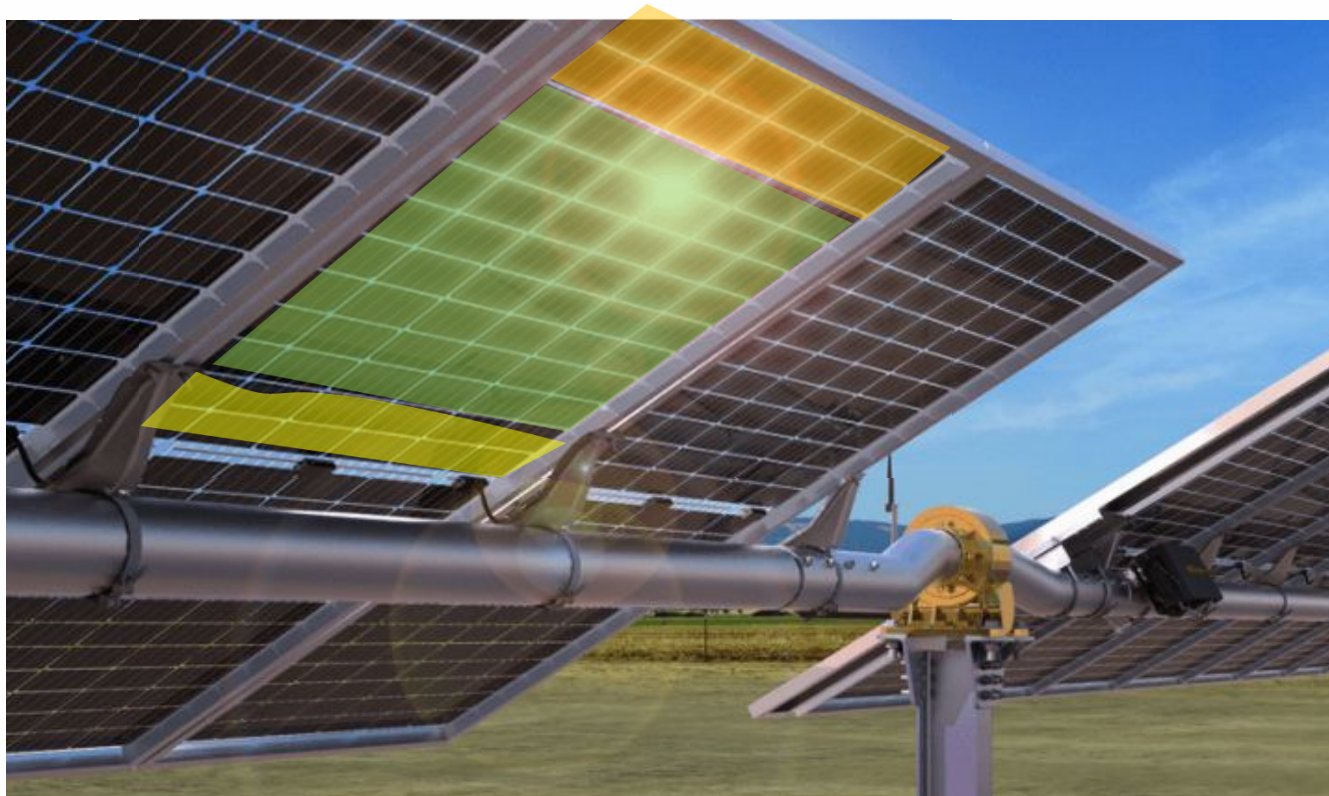
Elementos críticos del  
diseño de la planta:

- **Altura**
- **Inclinación**
- **Pitch**



## Módulos FV Bifaciales

Otros factores que afectan al albedo – La estructura utilizada



Elementos críticos del  
diseño de la planta:

- **Altura**
- **Inclinación**
- **Pitch**

## Módulos FV Bifaciales

### Cómo podemos mitigar los efectos del “mismatch”?

La llegada de la tecnología bifacial está potenciando la utilización de inversores de “string” de menor tamaño para proyectos de gran escala, desplazando así los inversores centrales.



### Inversores de “string”

>100 kW

>= 1 MPPT

1500 V



# Módulos FV Bifaciales

## Qué “overload” debemos considerar para nuestro inversor?

Es necesario considerar el escenario más favorable de albedo para realizar el dimensionado del inversor y del sistema de cableado.

Un “overload” demasiado elevado puede llevar a pérdidas de energía no deseadas en el inversor (clipping).

### ELECTRICAL DATA | STC\*

		Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Efficiency
	CS3W-415PB-AG	415 W	39.3 V	10.56 A	47.8 V	11.14 A	18.57%
	5%	436 W	39.3 V	11.10 A	47.8 V	11.70 A	19.51%
Bifacial Gain**	10%	457 W	39.3 V	11.63 A	47.8 V	12.25 A	20.45%
	20%	498 W	39.3 V	12.67 A	47.8 V	13.37 A	22.29%
	30%	540 W	39.3 V	13.75 A	47.8 V	14.48 A	24.17%



Para dimensionar el sistema deberemos tener en cuenta los parámetros eléctricos en las condiciones más favorables de albedo



## Módulos FV Bifaciales

Módulo con o sin marco de aluminio?



A pesar de ser un producto más caro, la solución completa de módulo con marco de aluminio es más competitiva cuando se contemplan todos los costes.

## Módulos FV Bifaciales







**América Latina**  
se proyecta hacia  
el mercado de las  
energías renovables...

ExpoSolar Colombia  
hace parte de esta  
**transformación!**

**Muchas gracias por  
vuestra atención!**



**Julio** 11 | Plaza  
12 | Mayor  
13 | Medellín  
Colombia

Medellín - Colombia  
[www.feriaexposolar.com](http://www.feriaexposolar.com)

📞 Cel: 300 790 8554 / 300 570 7850

✉ [info@feriaexposolar.com](mailto:info@feriaexposolar.com)