



# BiTEC: Cómo diseñar proyectos fotovoltaicos bifaciales

Resultados de los test en el 'Bifacial Tracker Evaluation Center' para medir cuál es el impacto en la producción bifacial teniendo en cuenta factores como la altura de instalación, el albedo, la temperatura de los módulos o la distancia entre filas.

**Javier Guerrero, Ph.D.**  
R&D Manager US



# Soltec

Soltec es una empresa internacional especializada en la **fabricación y el suministro de seguidores solares a un eje**. Soltec cuenta con oficinas en todo el mundo y más de 750 personas dedicadas a la innovación.

## 15 años

De experiencia

## 6+ GW

Capacidad de producción

## 6.4+ GW

Track-record





# BiTEC

## Bifacial Trackers Evaluation Center



### Objetivos del estudio:

#### 1. Criterios de diseño

- Altura Optima
- Diferente color y textura de fondo
- Distancia entre incas
- Configuración

#### 2. Rendimiento Energético= $f(G, h, \text{Pitch}, \text{color del suelo})$

#### 3. Optimización de los algoritmos de seguimiento para bifacial

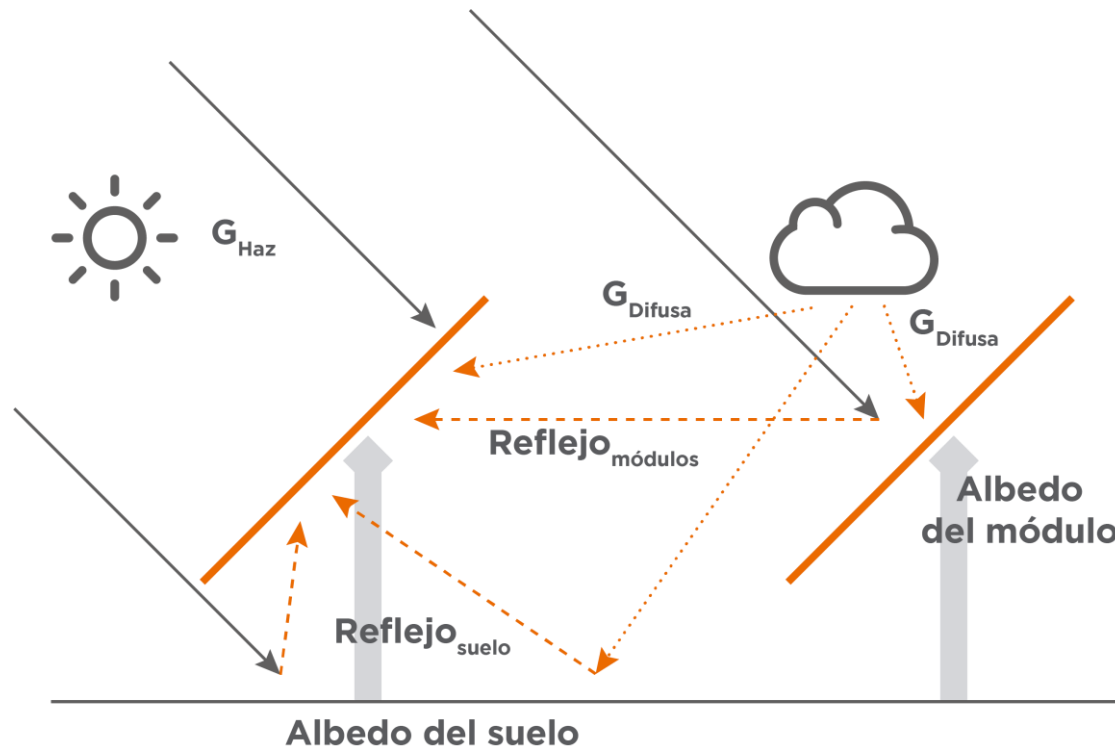
### Variables:

- Medición del albedo en diferentes suelos
- Medición de diferentes GCR
- Medición en diferentes alturas
- Medición en condiciones naturales
- Perdidas por interferencias a la sombra
- Impacto de la temperatura en el módulo
- TeamTrack® Backtracking

# Ganancia bifacial

Ganancia bifacial

$$E_{bifacial} = E_{monofacial} \times (1 + \text{Ratio bifacial} \times \text{bifacialidad})$$



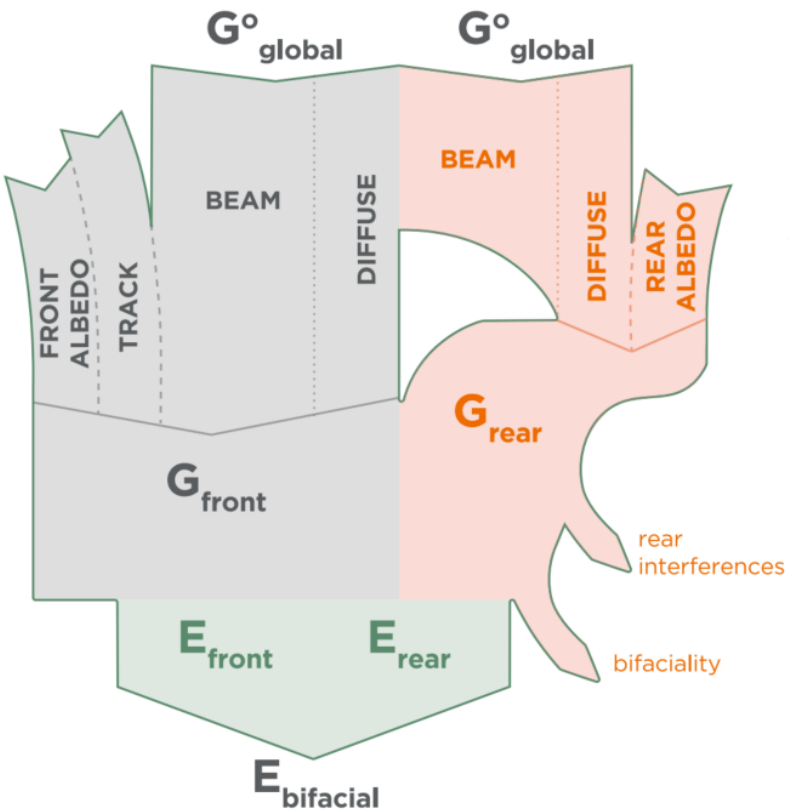
## Ratio Bifacial:

Relación de la radiación que alcanza la parte trasera de un modulo ( $G_{rear}$ ) y la radiación que llega a la delantera ( $G_{front}$ ).

## Bifacialidad:

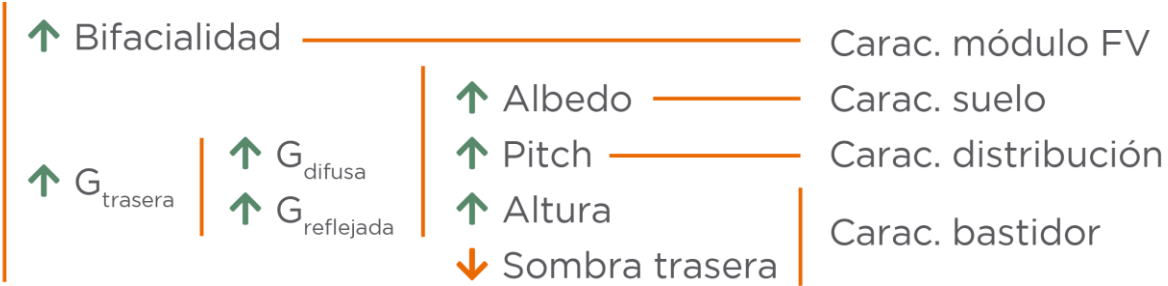
Relación entre las eficiencias de conversión de las partes frontal y trasera del módulo.

# Ganancia bifacial



## Optimizando la potencia generada por la cara trasera: Seguidores bifaciales

↑ **Ganancia Bifacial**



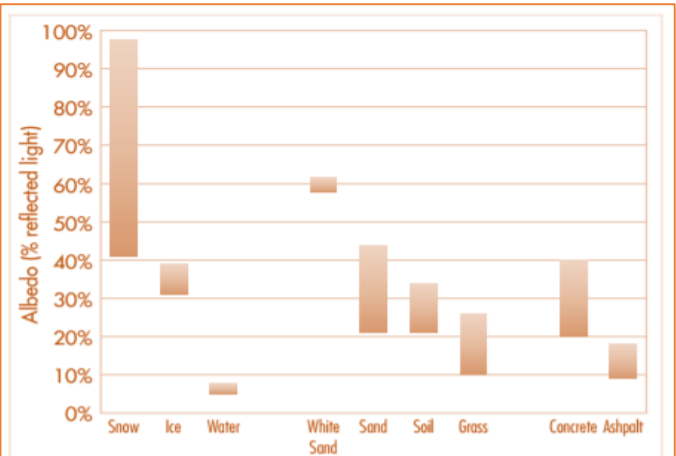
Albedo	Ratio bifacial	Bifacialidad del módulo (p.u.)	Ganancia bifacial (estimación, %)
19%	10%	0,75	7,5
		0,80	8,0
		0,85	8,5
63%	24%	0,75	18,0
		0,80	19,2
		0,85	20,4

# Parámetros bifaciales

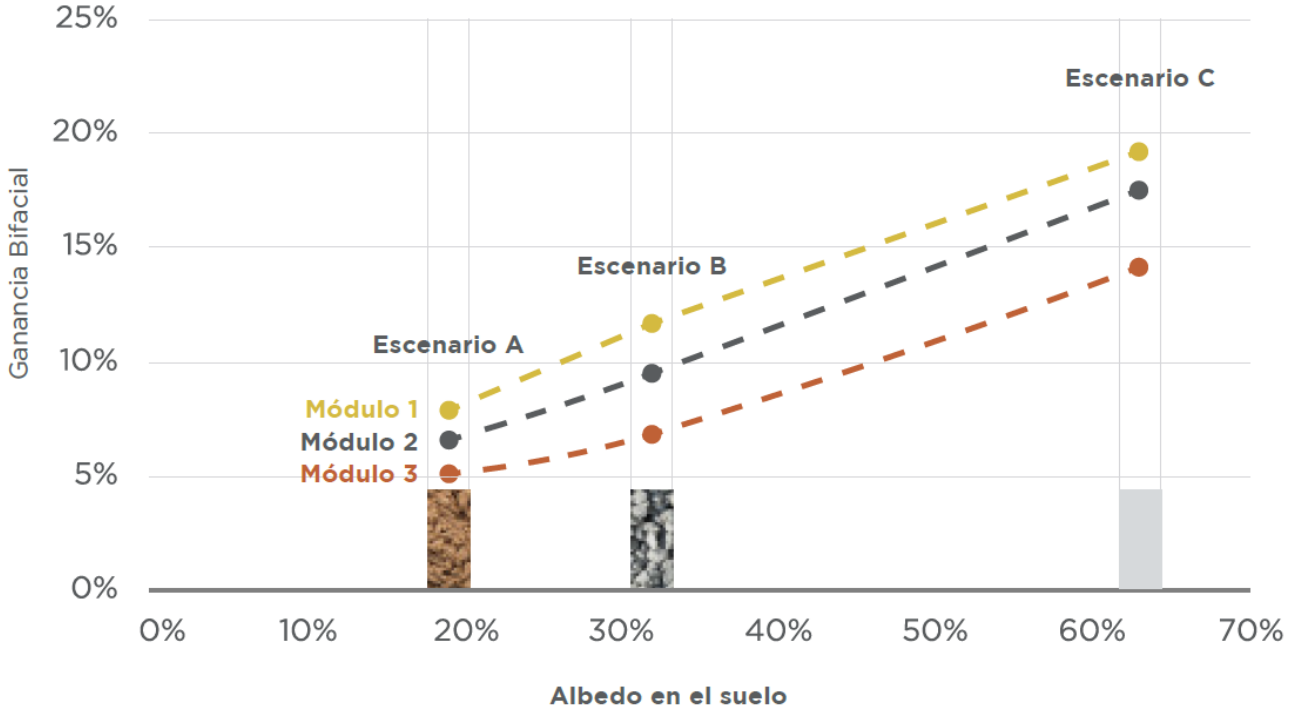
## Albedo

El albedo varía según el **color y las características de la superficie** que refleja la luz en la parte trasera del módulo. **Las superficies lisas de color claro presentan altos albedos** que generan más energía.

Tipos de suelo	Albedo (%)	Ganancia Bifacial (%)
Escenario A: Estacional	19	7.9
Escenario B: Grava	32	11.9
Escenario C: Blanco	63	19.2
Interpolación	38	13.3



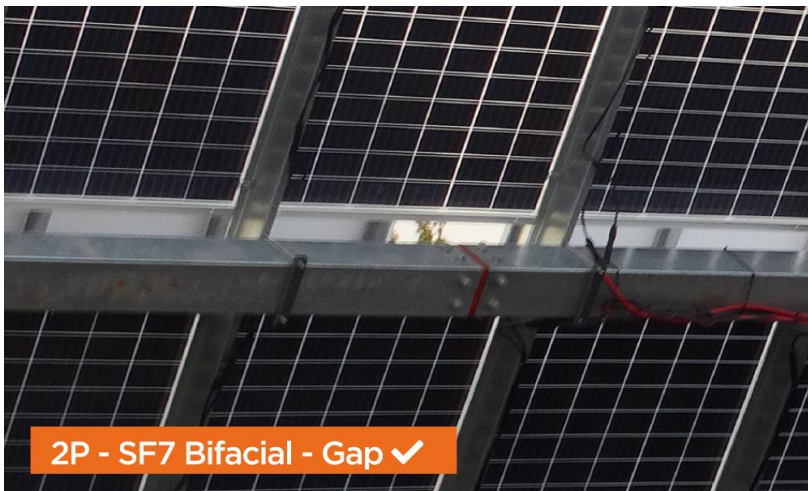
Source: NREL





# Parámetros bifaciales

## Sombras



Sombreado sistema fijación= ↓ 20% de pérdida de radiación trasera

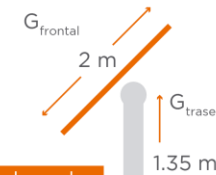
Simulación en PVsyst de SF7 Bifacial  
Structure Shading Factor = 0,7%

### 7a. Modelo Simplificado

Sist. FV / SAM /  
radiancia bifacial

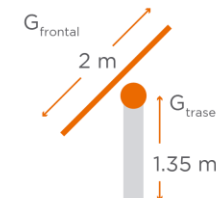
Sin sombreado

Módulo 1 = plano continuo  
Sin tubo central

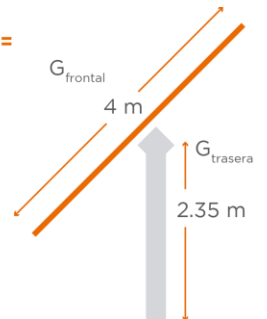


Factor sombreado:  
**4,5%**

Módulo 1 = plano continuo  
con eje central

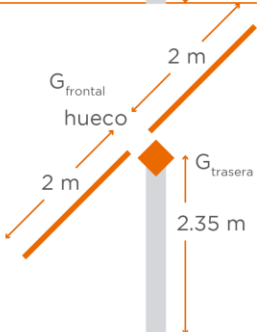


Módulo 1 + Módulo 2 =  
plano continuo  
Sin tubo central



Factor sombreado:  
**0,7%**

Módulo 1 + Hueco  
+ Módulo 2  
con eje central



Ejemplo de pasillo central. Cálculos de simulación con mis filas

# Parámetros bifaciales

## Sombras

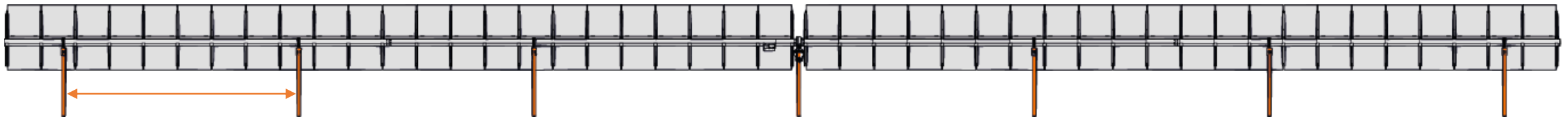
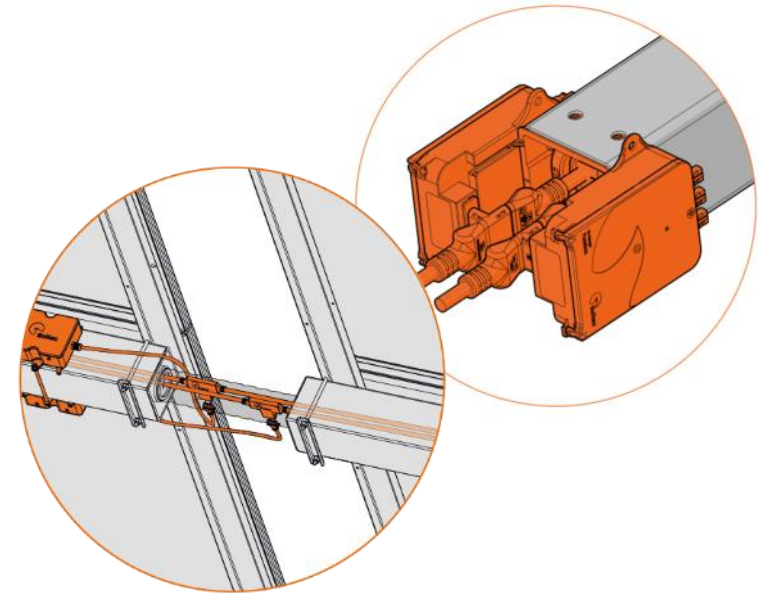
### Simulación en PVsyst de SF7 Bifacial

*Structure Shading Factor* = 0,7%



Minimizar el número de objetos que pueden sombrear:

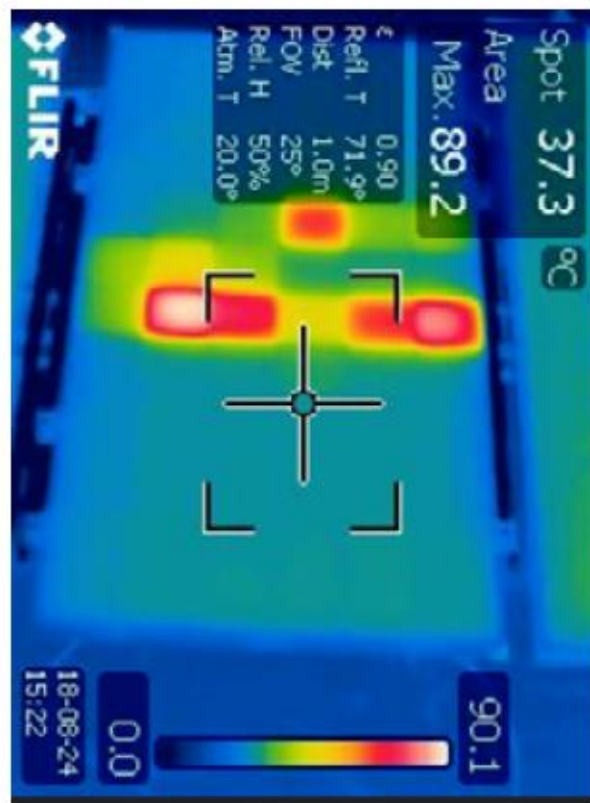
- ✓ El tubo de eje no causa sombra → **5% menos de interferencias**
- ✓ 7 hincas/90 módulos → **46% menos de hincas/MW**
- ✓ Sin cables colgantes → **81% menos de cableado** → StringRunner
- ✓ Sin amortiguadores





# Parámetros bifaciales

## Sombras



Cara frontal  
Imagen IR

Módulo cortocircuitado.  
Albedo 63%

Sombreado del eje central  
de un módulo bifacial en  
configuración 1P

Cara trasera

Sombreado del eje central  
de un módulo bifacial en  
configuración 1P

Interferencias por el sombreado del eje



Hueco de 10 cm entre módulo y eje central

Simulación en PVsyst de 1 en Vertical  
*Structure Shading Factor* = 4,5%

# Parámetros bifaciales

## Altura

Simulación en PVsyst de SF7 Bifacial  
Mismatch loss factor= 6%

La altura del módulo afecta a la radiación que recibe la parte trasera del módulo :

- Los módulos más altos **tienen más radiación difusa** que los que están más cerca del suelo.
- Los módulos más lejanos al suelo tienen **más radiación reflejada**.
- Los módulos más altos tienden a operar a **temperaturas más bajas**.

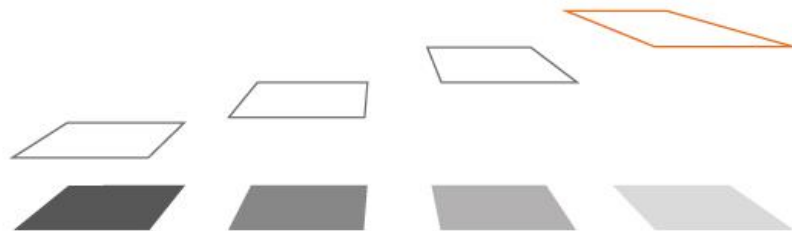
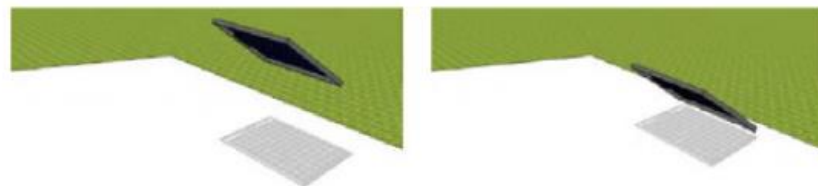


Figura El sombreado de un objeto se aclara a medida que aumenta la altura del objeto. Fuente: Soltec



Altura del módulo: 2 m |  $\alpha = 0,5$

Altura del módulo: 1 m |  $\alpha = 0,5$

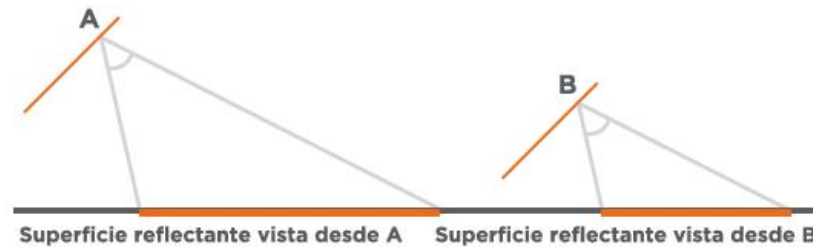
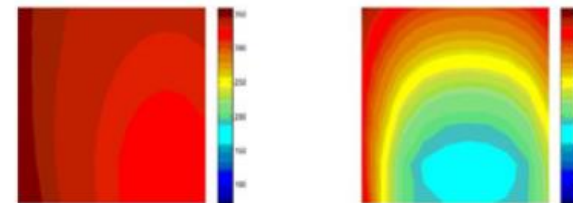


Figura Radiación en la parte posterior de los módulos en posición alta y baja. Fuente: Soltec



Radiación en la cara trasera del módulo [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] en un día típico de verano en El Cairo

Radiación no homogénea en el plano posterior del módulo con poca altura.  
Fuente: Universidad RWTH Aachen – ISC

<https://www.slideshare.net/sandiaecis/3-yusufoglu-ok>

Mismatch loss standard = 10 %  $\text{W}/\text{m}^2$

Mismatch loss SF7 bifacial = 6 %  $\text{W}/\text{m}^2$

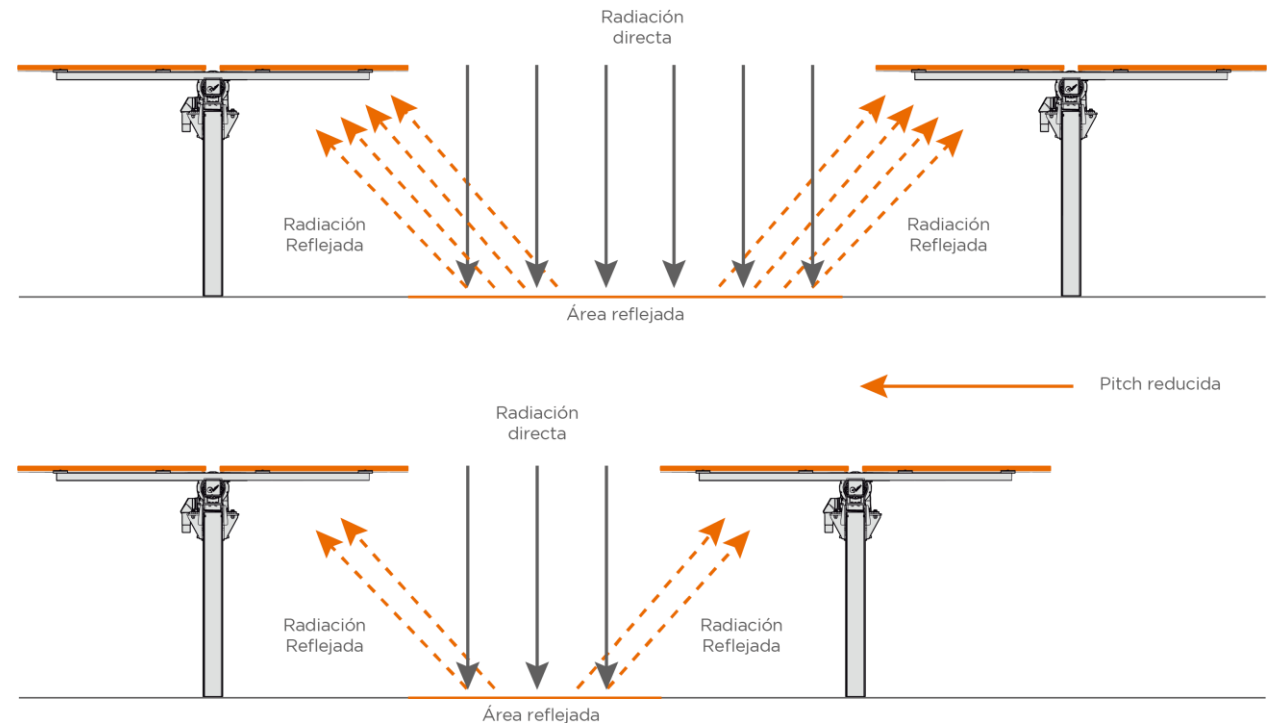
# Parámetros bifaciales

## Distancia entre seguidores o *pitch* (GCR)

Albedo	Pitch	$\Delta$ Producción
63%	12 metros	+2.47%
	10 metros	
	8.7 metros	-8.55%

Los medidores de nivel de módulo realizados por Soltec indicaron que, para un albedo del 63% y un pitch of 8.7 metros, la salida de energía del modulo bifacial fue un 8.55% más baja que los módulos de seguidores con 10 metros de pitch.

Cuando el pitch aumentó a 12 metros, la salida de energía del módulo aumentó un 2,47%.

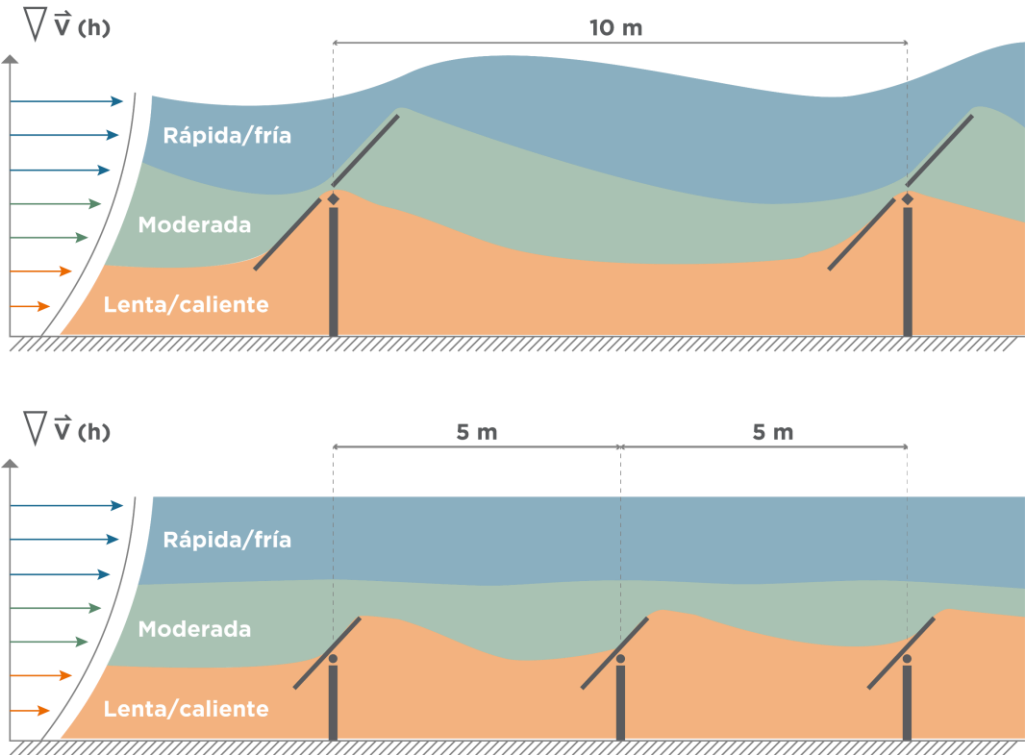




# Parámetros bifaciales

## Temperatura del módulo

Comparación de refrigeración de seguidor 2P y 1P



**Simulación en PVsyst SF7 Bifacial**  
 Thermal factor  $U_c = 37,7\% \text{ W/m}^2$

Las temperaturas de operación de los módulos hacen que el seguidor solar SF7 bifacial produzca un **1.3% más de energía** un seguidor solar en 1P porque:

- El seguidor es más alto
- Mejor refrigeración

		1P Tracker	2P SF7 Bifacial			1P Vs. 2P	
Año (2018)	Hora	Módulo T(°C)	Módulo de abajo T (°C)	Module de arriba T (°C)	2P T	ΔT (°C)	ΔP %
oct 18	11:01	33.0	30.8	22.0	26.4	6.6	2.4
oct 22	15:23	36.3	34.6	30.3	32.5	3.8	1.4
oct 23	10:23	27.3	29.4	24.4	26.9	0.4	0.1
oct 24	10:53	33.0	30.5	23.7	27.1	5.9	2.2
oct 25	15:23	40.2	41.3	37.4	39.4	0.9	0.3
Media		33.96	33.32	27.56	30.44	3.5	1.3

Thermal factor standard  $U_c = 29,0 \text{ \% W/m}^2$

Thermal factor SF7 bifacial  $U_c = 37,7 \text{ \% W/m}^2$

# BITEC: comparando la energía producida

## Seguidores solares 1P Vs. Seguidores solares 2P

Configuración	Altura del Módulo	Albedo	GCR	Ganancia Bifacial
1P	1.35 metros	63%	40% (5 m pitch)	16.8%
2P (SF7 Bifacial)	2.35 metros	63%	40% (10 m pitch)	19.2%

El incremento bifacial de los módulos situados en el bifacial SF7 en la configuración 2P fue un **2.4% más elevado** que el módulo en la configuración del modulo 1P tracker.


Parámetros	Ganancia Bifacial
Menor temperatura media del módulo (mejor refrigeración)	+1.3%
Sin sombra del tubo de torsión	+0.7%
Mayor altura del modulo y del pitch y otros detalles de diseño	+0.4%
<b>Total</b>	<b>+2.4%</b>

# BITEC: comparando la energía producida

Simulacion en PVSist Seguidores solares 1P Vs. 2P




Parameter	Standard	SF7
Angle	-	-60º +60º
Height	1.35 meters	2.35 meters
Shading loss factor	4.5%	0.7%
Shed transparent fraction	0%	3.75%
Thermal factor (Uc)	29 W/m <sup>2</sup>	37.7 W/m <sup>2</sup>
Mismatch loss factor	10%	6%

 Detailed losses

**Field Thermal Loss Factor**  
 Thermal Loss factor      $U = U_c + U_v \cdot \text{Wind vel}$

Constant loss factor $U_c$	37.7	W/m <sup>2</sup> k	?
Wind loss factor $U_v$	0.0	W/m <sup>2</sup> k / m/s	

**Bifacial module**
 Bifacial system

**Reflected irradiance on backside**  
 Reemission form factor     37.8     %     From 2D model  
**Structure shading factor     0.7     %     (0 = no shadings)**

**PV array behavior**  
**Mismatch loss factor     6.0     %**  
 Module bifaciality factor     85.0     %     From PV module





**Javier Guerrero, Ph.D.**  
R&D Manager US

[javier.guerrero@soltec.com](mailto:javier.guerrero@soltec.com)

**Gracias**

