

# Boletín 102

## PANELES SOLARES BIFACIALES

Boletín técnico N°102  
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

## PANELES SOLARES BIFACIALES

Por:

**Ing. Gregor Rojas**  
GERENTE NACIONAL  
MERCADEO Y VENTAS  
División materiales eléctricos

### 1. Generalidades.

El sector de la industria fotovoltaica trabaja sin parar para desarrollar innovaciones y reformas para obtener al máximo el aprovechamiento de la energía solar. De ahí que una de las soluciones más empleada actualmente y que desde mi punto de vista se expandirá vertiginosamente, son los paneles fotovoltaicos bifaciales.

Estos paneles solares bifaciales se están abriendo paso en un mercado atraído por la mayor eficiencia energética que presentan estos tipos de paneles de última generación.

No se puede asegurar que la tecnología bifacial es realmente nueva, esto partiendo del hecho que para la década de los 60 las primeras células fotovoltaicas bifaciales que se trabajaron en laboratorio fue realizado por la empresa española Isofotón, además de ser la primera empresa en comercializar este tipo de tecnología por el año 1981. Lo que si podemos asegurar es que en los últimos años ha habido un auténtico auge de este tipo de paneles.

Esta creciente tecnología se caracteriza por que la placa solar fotovoltaica recoge la radiación solar por ambas caras en las células de silicio. Recordemos que las monocristalinas o policristalinas solo recogen por la parte delantera de placa.

En este boletín analizaremos en detalle algunos aspectos importantes que hay que tener en cuenta cuando aplicamos esta tecnología.

### 2. Panel solar bifacial.

Un panel solar bifacial es una fábrica de energía de doble cara que transforma la luz solar en energía eléctrica en sus lados superior e inferior.

La palabra bifacial proviene del prefijo bi que significa dos y facial de cara.

Las placas solares bifaciales como su nombre lo indica, son placas que funcionan por ambas caras, con lo cual, absorben la radiación del sol por su cara posterior debido a que tienen una lámina transparente en lugar de materiales opacos, como es el caso de los monofaciales.

Generalmente son más duraderos porque ambas caras son resistentes a los rayos UV y además los problemas de degradación inducida por el potencial (DIP) decrecen cuando el módulo bifacial no tiene marco.

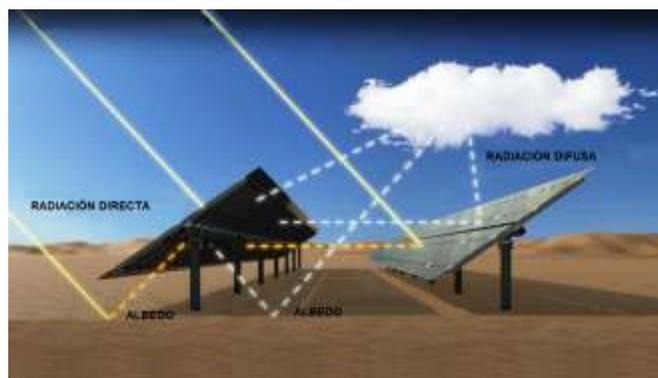


Figura 1.  
Paneles solares bifaciales

Actualmente, hay empresas que comercializan paneles solares bifaciales y en la medida que más fabricantes producen estos módulos bifaciales se espera que sean más competitivos sus precios.

Lógicamente, los paneles solares bifaciales absorben la energía del sol por su parte posterior en una cantidad inferior a la energía que captan por la cara frontal dirigida al sol, esto se debe a que el lado que no está dirigido directamente al sol sólo absorbe radiación reflejada. En la figura 1 se aprecia una instalación con paneles bifaciales y la forma como observen luz solar por ambas caras.

### 3. Placa solar bifacial.

Como lo hemos dicho anteriormente los paneles solares bifaciales producen energía solar por ambos lados. Mientras que los tradicionales de lámina opaca son monofaciales, los paneles bifaciales exponen tanto la parte frontal como la posterior de las células solares.

Cuando los módulos bifaciales se instalan en una superficie altamente reflectante, como es el caso de un tejado blanco o un terreno con piedras claras. Algunos fabricantes de paneles bifaciales aseveran que la producción de energía consigue crecer hasta un 30% sólo por la contribución extra que supe la parte trasera. Ver figura 2.

Estas placas solares bifaciales tienen distintos diseños, unos con marco y otros no, los hay de doble vidrio y otros con láminas posteriores transparentes. En su mayoría emplean células monocristalinas, no obstante, hay otras que son policristalinas. Lo que si se mantiene es que la luz solar se absorbe por ambos lados.

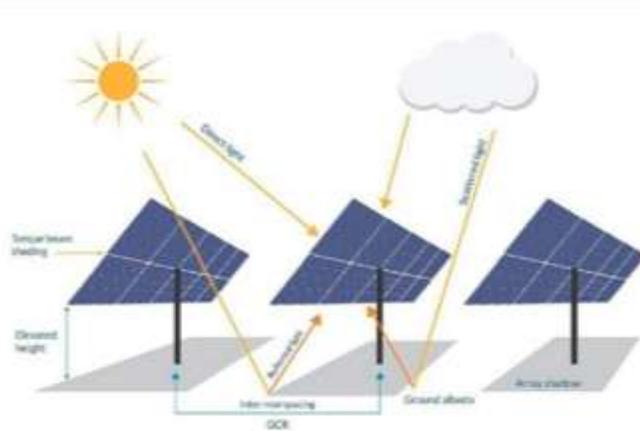


Figura 2.

Funcionamiento de las placas bifaciales

Tenga presente que se encuentran en el mercado paneles solares sin marco, con doble vidrio, que exhiben la parte trasera de las células pero no son paneles bifaciales. La diferencia está en que los verdaderos módulos bifaciales tienen contactos y barras colectoras tanto por la parte frontal como por la posterior de sus células.

#### 4. Diferencia entre panel bifacial y monofacial.

Si bien sus principios y objetivos son los mismos, los paneles solares bifaciales y los monofaciales poseen características particulares que los diferencia.

En cuanto al rendimiento, los paneles bifaciales son capaces de producir mayor energía eléctrica que los monofaciales, gracias a su superficie de captación por la cara posterior.

Por el contrario, la parte posterior de los paneles monofaciales es opaca y por lo tanto, no refleja las radiaciones solares.

Los paneles bifaciales son diferentes de los paneles solares monofaciales que solo usan un lado para la producción de energía solar.

Las placas solares convencionales, generalmente son monofaciales, es decir, que captan la luz solar por su cara frontal, mientras que la cara posterior es opaca. La energía que no se captura en las células fotovoltaicas de la cara frontal simplemente se refleja y se pierde, no se aprovecha.

Los paneles solares bifaciales, por el contrario, al ser placas solares de doble cara, diseñadas de manera que puedan producir energía solar a través de su cara tanto frontal como posterior gracias a que cuentan con células fotovoltaicas en ambas caras, lo que permite que la cara frontal absorba la radiación solar directa y las de la parte posterior que va hacia el suelo aproveche la radiación reflejada del suelo.

Los paneles solares bifaciales son iguales que los paneles convencionales monofaciales, es decir, pueden incorporar perfectamente otras tecnologías como las células PERC, llevar marco o no llevarlo, etc.

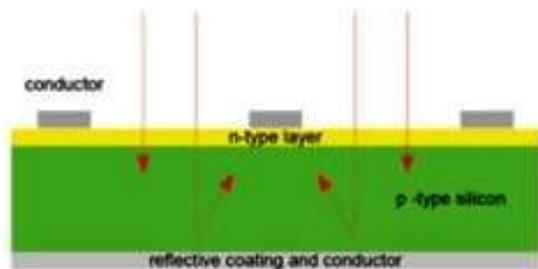
Las células solares PERC siglas en inglés Passivated Emitter Rear Cell, es el proceso que añade una capa adicional en la parte trasera de la placa solar que refleja parte de los fotones que consiguen pasar a través de la célula de nuevo hacia la célula, aumentando la eficiencia total

En lo que corresponde a sus precios, los precios de ambos sistemas tanto bifaciales como monofaciales dependen de sus características, no obstante, los fabricantes consideran que los bifaciales son entre un 5% y 10% más costosos que los monofaciales.

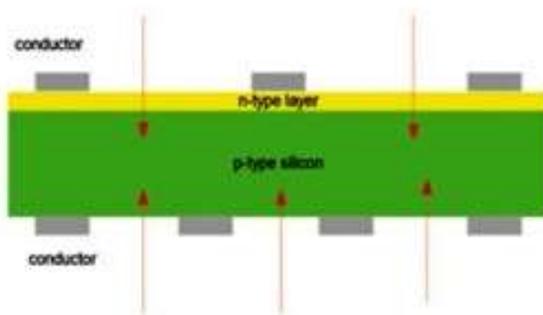
Sin embargo, se espera que este rango disminuya en la medida en que se incremente la producción de los paneles bifaciales. Se estima que el aumento de la producción de paneles bifaciales, esperada para este 2022 en estas instalaciones

representaran un tercio del total de los paneles fotovoltaicos.

En la figura 3 siguiente se puede apreciar la diferencia estructural entre ambas células para uso solar.



Monofacial



Bifacial

Figura 3.

Diferencia entre células fotovoltaicas monofaciales y bifaciales.

### 5. Ventajas de los paneles solares bifaciales.

Los paneles solares bifaciales ofrecen muchas ventajas sobre los paneles solares tradicionales, esto se debe a que la energía puede producirse con la contribución de ambos lados del panel, logrando un incremento de la generación total de energía.

No solo la captación de la energía solar por ambas caras del panel tanto frontal como posterior es la única ventaja a continuación relacionamos otras:

- Mayor rendimiento al captar la energía solar por ambas caras.
- Pueden aumentar hasta un 30% el aprovechamiento de la energía solar.

- El uso de estas placas aumenta el rendimiento de la instalación ya que genera más energía que las monofaciales.
- La utilización de este tipo de placas solares bifaciales aumenta el rendimiento de la instalación entre un 5% hasta 30%.
- Optimizan las instalaciones al aumentar el rendimiento de la instalación sin apenas incrementar el presupuesto.
- No exigen mucho mantenimiento, contrario a lo que se piensa, los paneles bifaciales no necesitan grandes procesos de mantenimiento.
- No se tiene que invertir grandes sumas de dinero para limpiar los módulos.
- La versatilidad es otro beneficio. No importa si la superficie donde reposarán es vertical u horizontal, tampoco el clima del lugar, estas pueden adaptarse perfectamente a cualquier condición.
- El diseño de los paneles fotovoltaicos bifaciales es sumamente estético

### 6. Desventaja del panel solar bifacial.

Su principal inconveniente es que las bifaciales poseen un peso mayor a la de las convencionales, debido a que al contar con dos cristales uno por cada cara, esto las hace más pesadas.

El peso es un inconveniente para labores de instalación, al estar trabajando en un tejado con pendiente se dificulta la instalación y el manejo en altura. Por supuesto, esto dependerá de la superficie donde se instalen.

### 7. Factores que inciden en el rendimiento de las placas solares bifaciales.

En las instalaciones solares con paneles bifaciales es muy importante el tipo de suelo, la altura o la distancia que separaran los paneles. No obstante, cuando se trabaja con paneles bifaciales, estas variables adquieren auténtica preeminencia para poder optimizar el rendimiento de cada panel. Para el diseñador la interrogante es ¿Cómo lograr maximizar la producción de energía de la cara inferior del panel solar bifacial?.

Debido a que estos paneles pueden absorber energía solar por su parte posterior, la radiación reflejada y difusa en el reverso de los módulos solares puede aumentar la potencia de salida de las células solares sin mayores mejoras de eficiencia.

Desde su inicio, las células solares bifaciales se orientaron a aplicaciones fotovoltaicas integradas o para ser empleadas en zonas donde gran parte de la energía solar disponible proviene de luz solar difusa que rebota del suelo y objetos circundantes.

La mezcla de celdas solares con máxima eficiencia y las reducciones significativas en el costo del vidrio solar en estos últimos años hacen que el uso de la encapsulación de doble vidrio sea viable, lo que ha hecho que los módulos solares bifaciales vuelvan a la palestra en esta materia.

El principal objetivo de la tecnología bifacial no es incrementar la eficiencia del panel solar, sino absorber más energía de la luz solar por módulo, al punto de sumar aumentos hasta el 30%, de acuerdo a factores como la altura sobre el suelo, el ángulo de inclinación, la reflectividad de la superficie del suelo, entre otros.

La radiación solar que recibe un panel solar es constituida por varios componentes:

1. Radiación directa proveniente del sol.
2. Radiación difusa indirecta originada por partículas en el aire, nubes y otros.
3. Radiación reflejada desde superficies adyacentes al panel solar, entre las que pueden ser de otros paneles.

Es muy común que la radiación de la luz solar reflejada no se tenga en cuenta en los cálculos de un diseño de energía solar. Las mediciones de radiación difusa se refieren a fuentes de radiación sobre el plano horizontal.

El método habitual para medir la radiación solar es a través de un piranómetro, que está montado horizontalmente y solo mide la radiación sobre el plano horizontal.

Un piranómetro es un instrumento que se emplea con el fin de medir las radiaciones que emite el sol en una superficie plana. ver figura 4.



Figura 4.  
Piranómetro

Se debe tener presente que en una configuración horizontal o incluso inclinada, el piranómetro no medirá la radiación debajo del plano de medición como se aprecia en la figura 5.

Aquí es donde estas variables que hemos mencionado anteriormente resultan cruciales.

Recuerde que estas variables son: el albedo, la distancia entre paneles solares, la altura de los mismos y la sombra que producen elementos como seguidores o la propia estructura de los strings de paneles.

La radiación difusa puede tener una gran contribución en la radiación total, sin embargo, gran parte de esta radiación no será capturada por un panel solar que este inclinado o instalado

horizontalmente. La inclinación del panel solar incrementa la intensidad de la radiación directa, sin embargo, bloquea gran parte de la radiación indirecta.

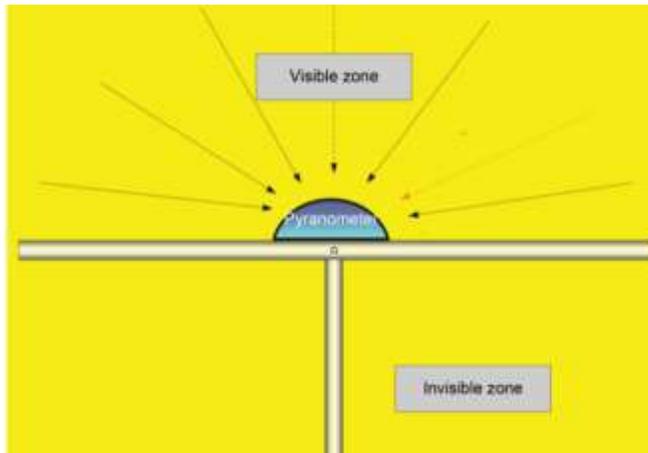


Figura 5.

Medición de la radiación solar con un piranómetro

La radiación difusa es de naturaleza isotrópica, por lo tanto, tiene el mismo valor independientemente de la fuente, no obstante, la radiación reflejada obedece a la naturaleza de la superficie que rodea al panel solar, el ángulo del panel y otras variables.

El panel frontal no solo recibirá la radiación directa, sino también la radiación difusa, y lo hará en una proporción que sigue al ángulo de inclinación que tenga el panel solar.

Por su parte, el lado posterior del panel solar recibirá luz de dos fuentes:

- Dispersión de campo cercano: radiación directa y difusa reflejada.
- Radiación difusa: radiación no reflejada directamente de fuentes difusas.

Las diversas superficies reflejan la luz a diferentes velocidades y las propiedades reflectantes están descritas por el factor albedo.

El albedo representa la reflectividad de una superficie que no es luminosa y viene determinado por la relación entre la luz reflejada desde la superficie y la radiación incidental.

Ing. Gregor Rojas

En la siguiente Tabla 1 podemos observar algunos valores de albedo que han sido medidos en las superficies indicadas en la tabla.

TABLA 1 Valores de albedo para diversas superficies	
Tipo de superficie	Albedo
Agua	8%
Campo verde (hierba)	10 - 25%
Arena	20 - 40%
Hormigón color natural	20 - 40%
Grava blanca	27%
Material de techo pintado blanco	56%
Arena blanca	60%
Membrana de techo gris	62%
Hormigón pintado de blanco	60 - 80%
Membrana de techo blanca	80%
Nieve	45 - 95%

La relación de luz difusa versus la luz directa de acuerdo a las condiciones. Bajo el resplandor debido a la nube, el porcentaje de luz difusa será mayor que en condiciones de sol y la ganancia en comparación con respecto a un panel solar monofacial puede ser mayor que en condiciones de sol.

## 8. El albedo

Un módulo bifacial recibe radiación de tres fuentes distintas: el albedo del suelo, el que emiten los paneles que están detrás del módulo y la luz difusa que proyectan elementos del paisaje como edificios o las nubes.

Como ya hemos comentado las células solares posteriores absorben la luz que se refleja en el suelo. Esta luz se llama luz albedo, los colores blancos o claros reflejan mejor que los colores oscuros.

Pintar una superficie blanca o plateada en un techo o entrada de concreto debajo de los paneles también brinda el mismo efecto. Estudios han demostrado que una superficie blanca refleja más del 80% de la luz de albedo.

El porcentaje de radiación que refleja una superficie es lo que conocemos como albedo y representa un tema muy importante en fotovoltaica

bifacial. En la figura 6 se puede apreciar como se refleja hacia la cara posterior del panel la radiación por el albedo.

Este no es un valor único y constante sino variable de acuerdo a la período del año y según el material de cobertura del suelo pudiendo ser arena, roca, hierba, tierra, etc.

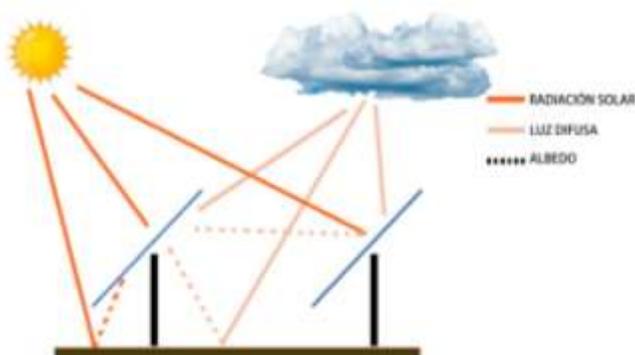


Figura 6.  
Radiación a través del albedo

Por ejemplo: si nos encontramos en una época de invierno y se trata de un suelo cubierto de nieve, el albedo tendrá un porcentaje entre 45 y 95%, según la tabla 1, mientras que en verano, con un suelo de hierba seca, el albedo será entre 10 a 25%, el albedo promedio que refleja la tierra está alrededor del 35% de la radiación solar no obstante, depende del tipo de superficie.

Las superficies con colores claros, brillantes y de textura radiación difusa tienen albedos mucho más altos superando el 60% que las superficies de colores oscuros, mates y rugosas, que suelen ser estar en torno al 30%. Como es natural, una mayor radiación reflejada hará que la cara posterior del panel genere más, obteniendo mejor rendimiento.

### 9. Instalación de paneles bifaciales.

La manera en se instale este tipo de panel solar es crucial para lograr el máximo rendimiento. Existe un gran número de configuraciones, que van desde la inclinación del panel de forma muy elevada, la donde el panel está casi vertical, donde el panel está prácticamente horizontal.

Es importante tener en cuenta que la instalación del panel solar bifacial verticalmente ocupa

inconmensurablemente menos espacio que un panel colocado horizontal o con cierta inclinación. Para ello existen dos opciones, la clásica orientación norte-sur y la alternativa de este-oeste.

La tendencia de este tipo de instalación vertical de paneles bifaciales es orientarlos este-oeste, donde la mitad de los paneles se inclinan hacia el este para crear un pico de generación en la mañana y la otra mitad se inclina hacia el oeste para permitir otro pico de generación en la tarde. Esta estrategia de utilizar los paneles con doble pico puede adaptarse mejor al uso de electricidad en el sitio, en la figura 7 se presenta esta aplicación donde se aprecia cómo se adapta mejor a la demanda con los perfiles de generación fotovoltaica a lo largo del día.

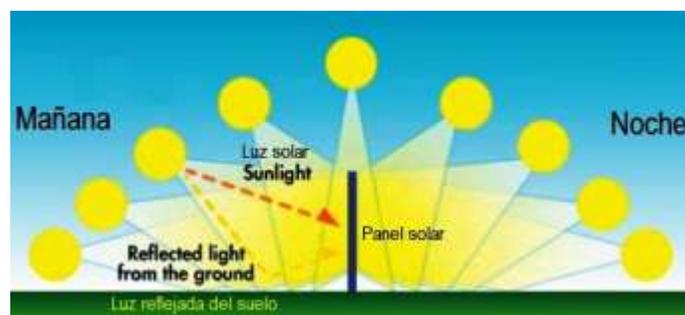


Figura 7  
Patrón de radiación diaria en panel BF este-oeste

Por lo general, esta tecnología se tiende a emplear más en superficies industriales planas o en instalaciones ancladas al suelo, en tejados residenciales no aplica tanto si son de dos aguas, sin embargo si aplica en techos planos.

Es importante tener presente que el propio sistema de montaje de paneles solares puede afectar el rendimiento de los módulos bifaciales. La forma de instalar un panel bifacial depende de su tipo, un módulo bifacial con marco puede ser más cómodo de colocar que uno sin marco, esto se debe a que los sistemas tradicionales de acoplamiento ya están adaptados a los paneles con marcos.

Los fabricantes de módulos bifaciales suministran sus propios elementos de sujeción de paneles para facilitar la instalación de la marca de sus paneles.

En el caso de los paneles bifaciales que no están provistos de marco, los elementos de sujeción como las abrazaderas generalmente están provistas de ciertas protecciones de goma para resguardar el cristal. Es importante tener especial cuidado para impedir que se aprieten demasiado los tornillos y puedan ocasionar roturas o daños el cristal.

Hay que tener en cuenta que el sistema de instalación puede afectar el rendimiento de los paneles bifaciales. Los sistemas de bastidores con rieles de sujeción, normalmente cubiertos por la lámina posterior de un módulo monofacial, darán sombra a las filas posteriores de células bifaciales.

Las cajas de conexiones en los paneles bifaciales han sido reemplazadas por otras más pequeñas o separadas en varias que se ubican a lo largo del borde del panel con la finalidad de evitar el sombreado.

Es recomendable utilizar los sistemas de montaje y rieles diseñados específicamente para ser empleados en instalaciones bifaciales, debido a que solucionan los inconvenientes del sombreado de la parte posterior del panel.

### 10. Altura de la instalación.

La altura a la que coloquemos los paneles solares es un factor determinante en el rendimiento de un panel solar bifacial. Como seguramente lo habremos apreciado cuanto más alto está un cuerpo u objeto más difusa y clara será su sombra, en tal sentido, la radiación que obtiene de la superficie que está debajo de él es mayor.

Cuanto más alto se incline un panel bifacial, más potencia producirá gracias a sus propiedades bifaciales. Los paneles solares bifaciales instalados a ras de tejado no permiten que la luz reflejada pueda incidir en la parte posterior de las células. Por eso los paneles bifaciales se desempeñan excelente en tejados planos y en instalaciones a nivel del suelo, debido a que se cuenta con mas espacio para la inclinación y el rebote de la luz reflejada hacia la parte posterior de los paneles.

En la figura 8 se puede observar como en la medida que el panel está colocado más alto, en

esa medida la sombra se hace más clara hasta desaparecer, hay un desvanecimiento de la sombra.

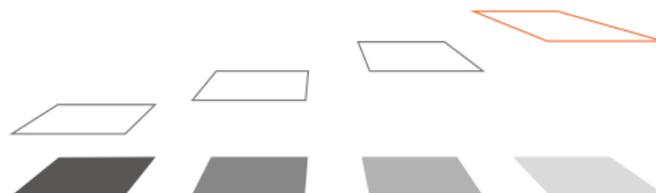


Figura 8.

Desvanecimiento de la sombra con la altura

De manera análoga a como ocurre con la distancia entre paneles, un módulo recibe albedo de mayor superficie en la medida que se encuentra a mayor altura, un albedo que, según algunos estudios en laboratorio han demostrado que también son más uniforme.

Debemos tener presente que si bien los paneles deberán estar elevados del suelo, esto significa que se incrementa el coste de la estructura para alcanzar la altura deseada. No obstante, a mayor altura de la estructura mayor es la ganancia de radiación incidente en los paneles bifaciales.

Otra consideración muy importante referida a la altura a la que deben ir los paneles solares lo representa la variable de la temperatura. Al colocarse a una altura donde recibe brisa más fría, significa que el panel opera a menor temperatura, lo que aumenta su rendimiento.

Todo equipo con componentes para uso electrónico como lo son los paneles solares operan mejor a temperaturas moderadas y su eficiencia comienza decrecer en la medida que la temperatura asciende hasta llegar a ser muy elevada.

### 11. Distancia entre paneles solares.

Una mayor separación entre las filas de paneles solares es necesaria para el aprovechamiento de luz solar en la parte posterior de un panel bifacial, lo que representa la necesidad de contar con una mayor superficie de instalación.

Esta separación entre las filas, es denominada Pitch o también Ground Coverage Ratio (GCR) y tiene un significativo impacto en la cantidad de radiación que puede incidir en la cara posterior de los paneles bifaciales, esto se debe a que la separación entre paneles puede permitir que exista la posibilidad de una mayor capacidad de reflexión para la radiación incidente en el terreno, con lo cual, se puede lograr que la ganancia bifacial aumente o disminuya en función de esta variable.

Cuando existen múltiples filas consecutivas de estructuras fijas o con seguidores se disminuye la ganancia de los paneles debido a que la radiación reflejada en el suelo se va atenuando en cada fila y a que los paneles cercanos limitan la cantidad de radiación reflejada hacia la cara posterior.

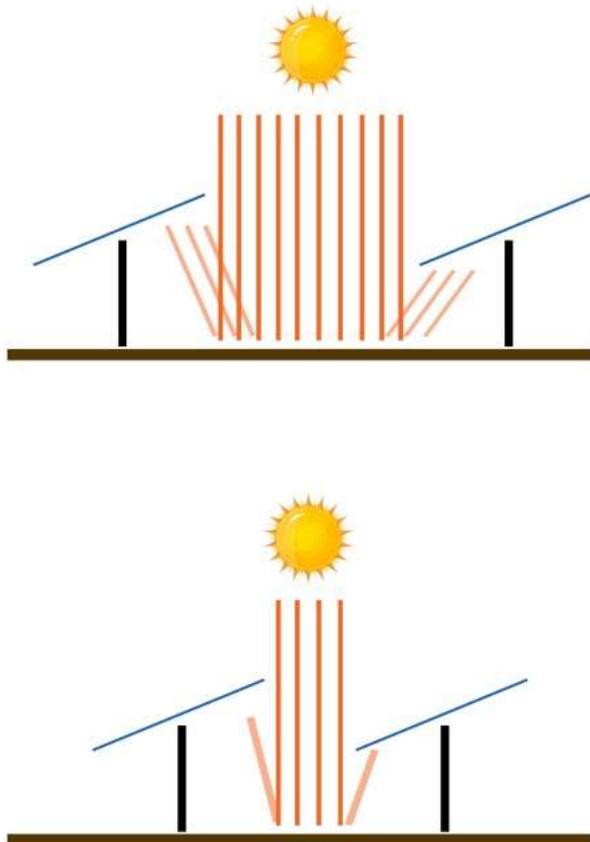


Figura 9  
Separación entre paneles

En la figura 9 se puede observar como la radiación que absorbe la parte posterior de un panel solar bifacial es mayor cuando la distancia entre paneles también lo es, esto debido a que cada panel se favorece de una mayor superficie reflectante.

## 12. Sombreado

Las cajas de empalme de los paneles bifaciales se han hecho más pequeñas o se han separado en unidades múltiples colocadas a lo largo del borde del panel solar para evitar el sombreado. Los sistemas de montaje y bastidores especialmente diseñados para instalaciones bifaciales eliminan el problema del sombreado posterior.

Como una práctica constructiva la mayoría de las estructuras para paneles solares, monofaciales cuentan con elementos para su cableado, conexiones y para fijación en la parte posterior de los módulos. Cuando hablamos de paneles bifaciales todos estos elementos tienen un impacto negativo en la captación de luz, esto se debe a que cubren parte de la superficie de los mismos y por ende perturban a la producción de energía.

Estudios recientes sugieren que la pérdida puede llegar al 20% de la captación de luz, si bien estas conclusiones se refieren sobre todo a módulos instalados sobre seguidores solares, típicos de las grandes superficies de producción solar y que constan de varios componentes de cierto volumen. Los principales fabricantes de equipos llevan ya tiempo diseñando soportes para paneles bifaciales que minimicen la presencia de elementos que puedan provocar sombreado innecesario.

## 13. Seguidor solar.

Una manera de explicar que es un seguidor solar es hacer la analogía con los girasoles, un seguidor solar es una estructura metálica sobre la cual se instalan paneles solares y son preparadas para seguir el movimiento del sol a través de un mecanismo motorizado y automático, de forma que los paneles siempre estén en el mejor ángulo para recibir la luz solar incidente.