

Guía de sensibilización
de riesgos en sistemas solares
fotovoltaicos

El presente documento fue elaborado por Seguros Generales Suramericana S.A. (en adelante Seguros SURA) como herramienta de apoyo en el entendimiento, gestión y administración de riesgos. Su contenido es de carácter informativo, por lo tanto:

- No garantiza que todos los riesgos hayan sido identificados o que no existan otros riesgos.
- No sustituye el Sistema de Control Interno o de Administración de Riesgos que debe tener la empresa o proyecto.
- No garantiza, asegura ni significa en forma alguna que el cliente esté cumpliendo con cualquier ley, estatuto, regulación o directiva, ni que el cumplimiento de las recomendaciones contenidas en este informe elimine todos los riesgos o eventos a los que el cliente esté expuesto.
- No es indicativo de existencia o disponibilidad de cobertura bajo ninguna póliza para cualquier propiedad o tipo de pérdida o daño.

Seguros SURA no asume ninguna garantía o responsabilidad como consecuencia del acatamiento de cualquier recomendación u observación por este medio sugerida, o de la implementación inadecuada de las recomendaciones entregadas. Tampoco se obliga a supervisar el cumplimiento de estas, ni garantizan la extinción de los riesgos con la ejecución de estas medidas.

Contenido

	pág.
Introducción	4
Definiciones	5 • 6
¿Qué es la energía fotovoltaica?	7
Identificación de riesgos en sistemas solares fotovoltaicos	8 • 9
Medidas de seguridad en instalaciones fotovoltaicas	9 • 18
Seguridad de los equipos	10
Seguridad de las personas	14
Sistemas de puesta a tierra y sistema de apantallamiento	16
Calidad de los equipos utilizados	17
Riesgos de los sistemas solares fotovoltaicos	19 • 38
Riesgo de pérdida de generación	19
Riesgo de incendio	24
Riesgo eléctrico en sistemas solares fotovoltaicos	28
Colapso de estructuras	29
Vientos fuertes	30
Hurto	31
Cumplimiento de requisitos normativos y regulatorios	32
Mantenimiento	39 • 43
Plan de mantenimiento del sistema solar fotovoltaico	39
Bibliografía	44

Introducción

La convergencia de las megatendencias globales han generado una incertidumbre a la luz de la generación energética tradicional, abriendo brechas que han permitido el paso exponencial y posicionamiento de energías renovables alternativas. Dentro de las tecnologías más usadas en la actualidad encontramos la generación a partir sistemas fotovoltaicos que transforman los rayos UV del sol en energía eléctrica, la cual tuvo un incremento en capacidad del 47% para el año 2017, de acuerdo con la información consignada por el Foro Económico Mundial.

Esta realidad viene impulsando a personas naturales y jurídicas a realizar inversiones en proyectos relacionados con la generación de energías alternativas que buscan, mediante estos sistemas, una rentabilidad financiera, diversificación del negocio, beneficios regulatorios, sostenibilidad, mejora en la competitividad, entre otros.

En este documento encontrarás elementos de valor que te permitirán gestionar los riesgos asociados con la generación de energía fotovoltaica desde perspectivas estratégicas y operativas.



Definiciones



- **Arco eléctrico:** haz luminoso producido por el flujo de corriente eléctrica a través de un medio aislante, que genera radiación y gases calientes. (Energía s.f.)
- **Aviso de seguridad:** advertencia de prevención o actuación, fácilmente visible, utilizada con el propósito de informar, exigir, restringir o prohibir. (Energía s.f.)
- **Célula fotovoltaica:** también denominada fotocélula, celda o célula fotoeléctrica, es un dispositivo que capta la energía lumínica y la transforma en energía eléctrica. De conformidad con su material semiconductor (generalmente silicio) genera un efecto fotoeléctrico absorbiendo los fotones de luz y convirtiéndolos en protones, generando corriente eléctrica.
- **Contacto directo:** es el contacto de personas o animales con conductores activos o partes energizadas de una instalación eléctrica. (Energía s.f.)
- **Contacto indirecto:** es el contacto de personas o animales con elementos o partes conductivas que normalmente no se encuentran energizadas, pero que en condiciones de falla de los aislamientos se puedan energizar. (Energía s.f.)
- **Corriente alterna:** se caracteriza porque la magnitud y la dirección presentan una variación de tipo cíclico. En tanto, la manera en la cual este tipo de corriente oscilará es en forma sinusoidal, es decir, una curva que va subiendo y bajando continuamente. (Energía s.f.)
- **Corriente continua:** se refiere al flujo continuo de carga eléctrica por medio de un conductor entre dos puntos de distinto potencial y carga eléctrica, que no cambia de sentido con el tiempo. A diferencia de la corriente alterna, en la corriente continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección. Aunque comúnmente se identifica la corriente continua con una corriente constante, es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad, así disminuya su intensidad conforme se va consumiendo la carga (por ejemplo, cuando se descarga una batería eléctrica). (Energía s.f.)
- **Cortocircuito:** unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito. (Energía s.f.)
- **Descuido:** olvido o desatención de alguna regla de trabajo. (Energía s.f.)



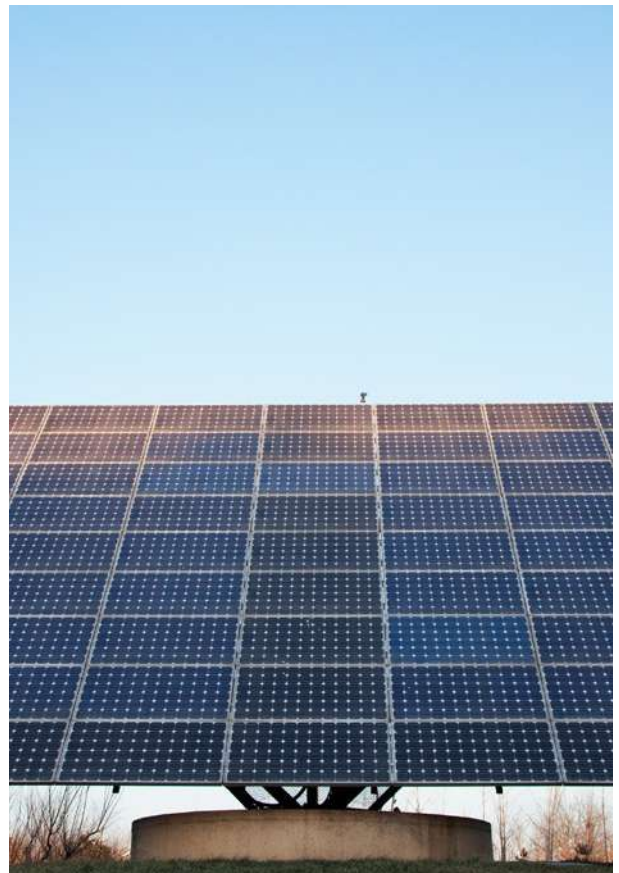
- **Distancia de seguridad:** longitud mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá un accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos. (Energía s.f.)

- **Inversor:** es el componente más complejo del sistema fotovoltaico, su labor es transformar la corriente continua proveniente de las celdas, en corriente alterna o de uso para las instalaciones eléctricas requeridas. (Chile s.f.)

- **Potencia pico:** “kilovatio pico” abreviado como kWp que corresponde al potencial máximo de tensión que puede alcanzar un panel fotovoltaico, en la más favorable de las condiciones. (Chile s.f.)

- **Regulador:** los reguladores de carga tienen por objeto proteger la batería en sistemas fotovoltaicos que cuenten con esta, regulando el voltaje proveniente del sistema y protegiendo la batería de sobrecargas y descargas profundas. (Chile s.f.)

- **Silicio:** (Si) elemento semimetálico, el segundo más abundante en el planeta tierra después del oxígeno, su estado natural es sólido y es utilizado en diversas aplicaciones en diferentes rubros e industrias, por ejemplo: cerámica, hormigón, diversos tipos de siliconas, industria eléctrica, células fotovoltaicas. (Chile s.f.)



¿Qué es la energía fotovoltaica?

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

Una característica importante de los arreglos solares fotovoltaicos es la estructura que los soporta, porque deben aguantar el peso de las celdas o las inclemencias climáticas, por lo cual se debe fijar de forma segura todo el sistema y a su vez debe resistir el paso del tiempo, de ahí que deba tener la misma durabilidad que los paneles, la cual es establecida por los fabricantes, normalmente se maneja una vida útil de 25 años.

A modo de protección, la planta fotovoltaica debe contar con interruptores de energía para cortes de emergencia y su propio sistema de puesta a tierra, el cual debe ser interconectado al sistema de puesta a tierra existente de la instalación. De acuerdo con el sitio en donde se encuentre instalado el sistema, se deberá contar con una protección contra rayos, la cual será determinada en un estudio realizado por un profesional competente. (Chile s.f.)

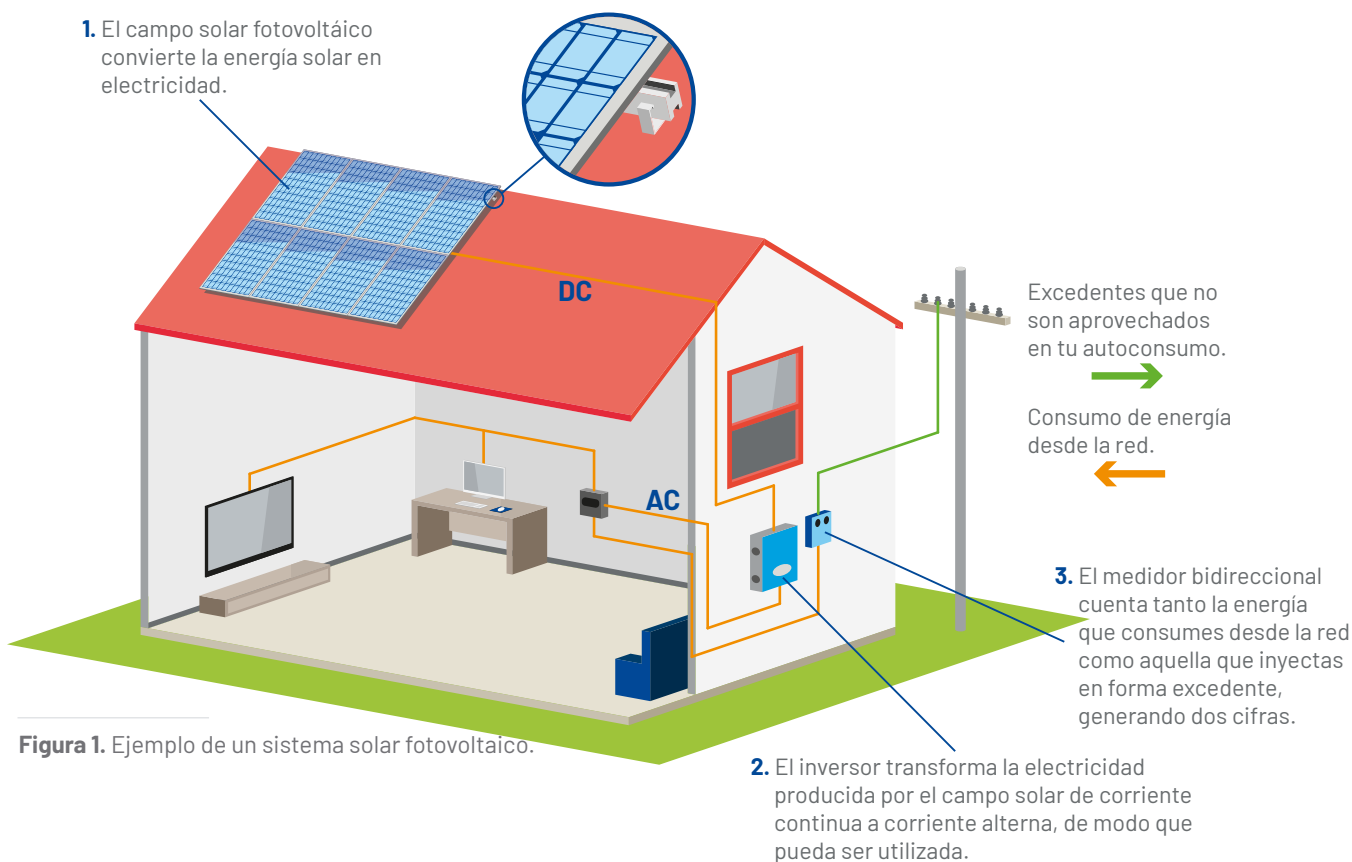


Figura 1. Ejemplo de un sistema solar fotovoltaico.

Identificación de riesgos en sistemas solares fotovoltaicos

Se debe tener presente el ciclo de vida del proyecto para realizar una identificación correcta de riesgos en cada una de sus etapas. Hay que tener en cuenta que en cada etapa de este ciclo los riesgos irán cambiando y para eso se debe buscar la mejor alternativa para el tratamiento de estos.

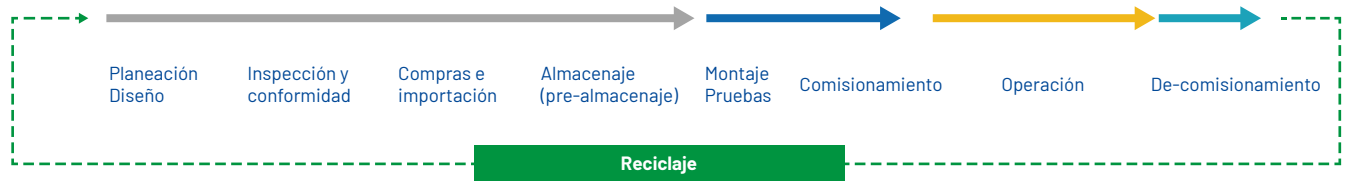


Figura 2. Ciclo de vida de un sistema solar.

A continuación se presentan algunos de los riesgos presentes en las etapas según su severidad y frecuencia.



Figura 3. Ejemplo de calificación de riesgos.

Una vez identificado el nivel de riesgo podemos usar como medidas de control las siguientes opciones:

- **Prevenir – evitar:** cambio del alcance, incrementar especificaciones técnicas, mejorar información. Asesoría, buscar alianzas estratégicas.
- **Gestionar – mitigar:** reducir probabilidades, invertir en el riesgo y en la calidad, dar visibilidad al riesgo, controlar.
- **Transferir – compartir:** seguros, cláusulas contractuales, garantías, incentivos o desincentivos.



Adicionalmente a los riesgos que vamos a describir en esta guía, es importante que cuando se estén desarrollando los proyectos se realice un análisis de los riesgos del entorno a los que estará expuesto nuestro sistema solar, pues podremos encontrar zonas con alta contaminación que pueden ocasionar degradación del sistema y ocasionar el acortamiento de su vida útil. Siempre se deben seguir las recomendaciones de los fabricantes para la instalación y uso de los equipos, así garantizaremos que operen en condiciones óptimas y evitaremos pérdida de garantías en caso de fallos.

Medidas de seguridad en instalaciones fotovoltaicas



La seguridad es un aspecto fundamental que debes tener en cuenta durante la instalación de un sistema, debes vigilarla tanto en las personas como en los equipos a instalar.

Seguridad de los equipos

Presta atención especial en la manipulación de los equipos como paneles solares, inversores, baterías, cableado, estructuras, entre otros, para evitar daños que se puedan presentar durante el momento del transporte, almacenamiento o montaje



Transporte y almacenamiento

Durante esta etapa del proyecto se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Que todos los equipos se encuentren en sus cajas originales de embalaje.
- El embalaje puede transportarse por tierra, mar o aire. Durante el transporte, se debe asegurar que el paquete esté fijado a la plataforma de envío sin moverse. Es importante que no se apilen más de dos cajas.
- Si la condición lo permite, usa un montacargas para extraer el módulo del camión.
- No se debe transportar los módulos solares de la siguiente manera: en carros pequeños que no garanticen su adecuado amarre y tampoco por medio de sogas.

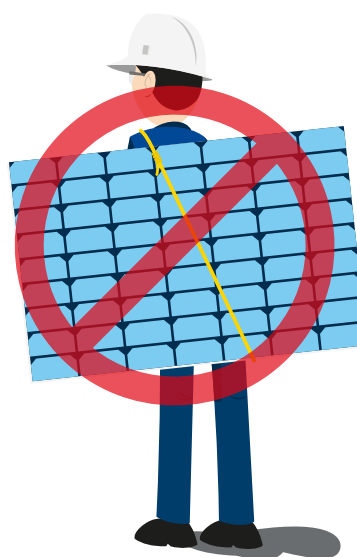


Imagen 4 Transporte de módulos solares.

- Verifica las condiciones de seguridad del lugar en donde se va a realizar el almacenamiento de los módulos, garantizando condiciones de vigilancia e iluminación adecuados.
- Desembala los módulos según los procedimientos recomendados por el fabricante.
- No te pares, subas, camines o saltes sobre el embalaje de módulos solares.
- Almacena el embalaje en un lugar estable y nivelado, que no presente movimientos que puedan ocasionar desplome.

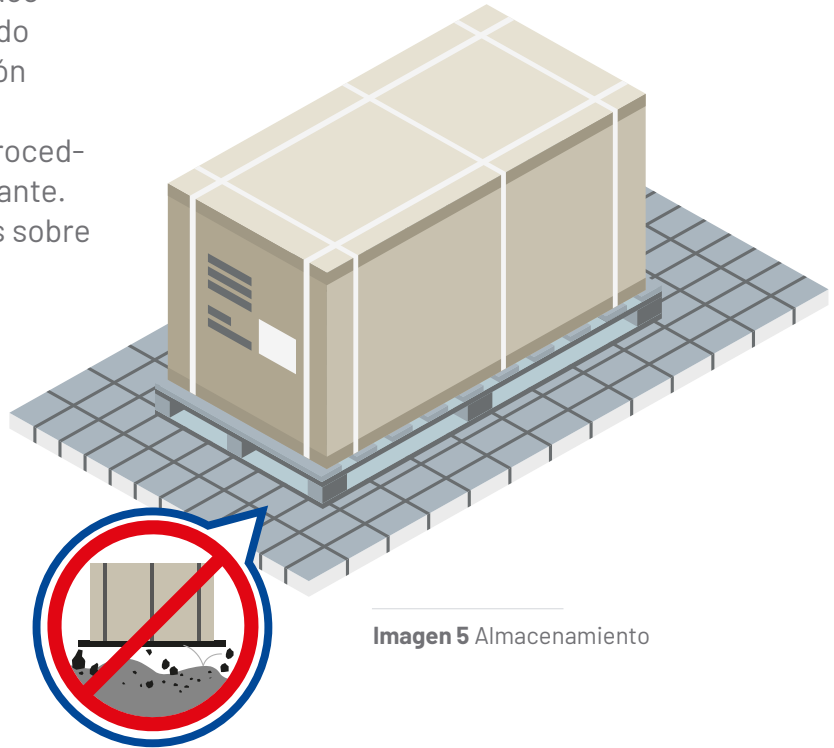
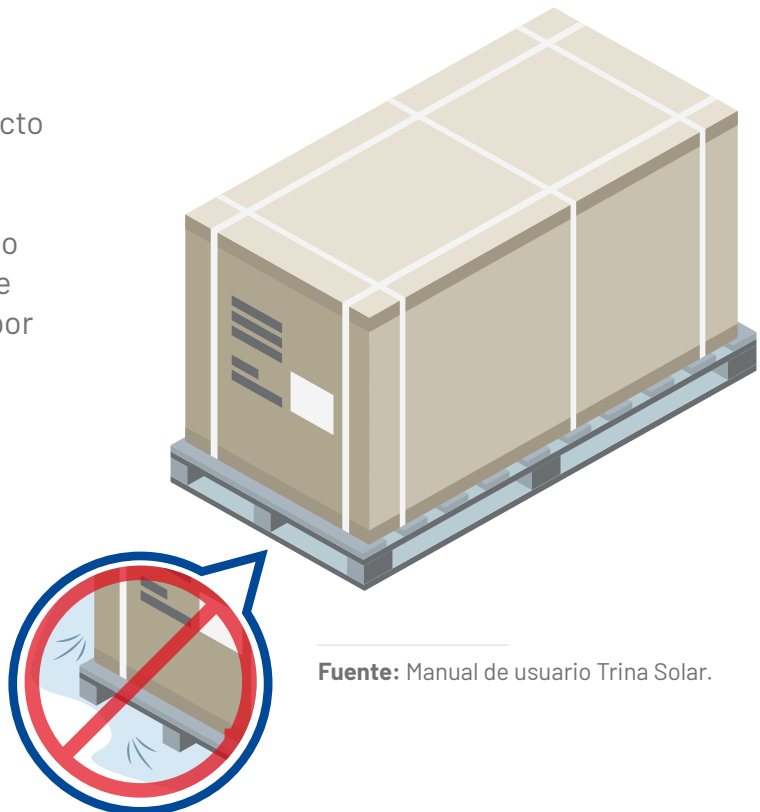


Imagen 5 Almacenamiento

- No permitas que los módulos entren en contacto con objetos puntiagudos para evitar que se rayen, evita un impacto directo en la seguridad de los módulos.
- Realiza el almacenamiento en un lugar seco y ventilado, es recomendable hacerlo sobre una estiba y no elimines el embalaje original ya que puede estar almacenado por largo tiempo.



Fuente: Manual de usuario Trina Solar.

- Preferiblemente, los paneles no se deben apilar uno sobre el otro a menos de que se indique algo diferente en la marca que muestra la figura: (n=2, significa “no más” de dos (2) cajas apiladas).

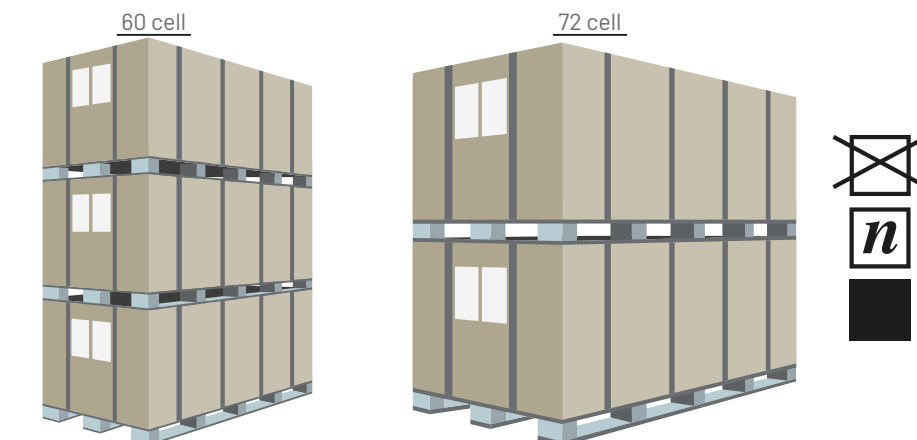


Imagen 6 Apilamiento.

- Solicita al fabricante que los paneles sean embalados en las cajas de cartón de manera vertical. Paneles embalados de manera horizontal experimentan fuerzas de los paneles superiores a los inferiores, que suelen ocasionar fisuras imperceptibles durante el desembalaje.
- Prevé los movimientos a los que será sometido el panel durante el transporte, las maniobras en puerto, el transporte interior en origen y en destino, entre otros. No deben transportarse dentro del contenedor sin el debido aseguramiento.
- Selecciona vehículos apropiados para distribución de acuerdo con el volumen y peso a transportar. No deben transportarse durante la distribución de última milla en vehículos demasiado grandes ni demasiado pequeños. Para la distribución en última milla, realiza adaptaciones a la carrocería de los vehículos que faciliten el transporte, cargue y descargue de los paneles.



Proveedores de transporte

Elige proveedores teniendo en cuenta cada tipo de transporte:

- Transporte interior: desde el puerto hasta el primer CEDI.
- Transporte distribución: desde el CEDI hasta el sitio de obra o CEDI secundario.

Ten en cuenta lo siguiente al realizar una contratación:

- La habilitación para carga (Mintransporte).
- El departamento de tráfico (seguimiento vehicular).
- El aseguramiento.

Contempla dos opciones de contratación, por tiempo (vehículos designados fijos) o por viaje (vehículos transitorios).

En el contrato de transporte, ten en cuenta:

- Auxiliar ayudante y responsabilidad en cargue y descargue.
- Vehículos con accesorios especiales de sujeción de paneles.
- Prohibir transbordos o reexpediciones de manifiestos.



Instalación de equipos

Una vez se esté realizando la instalación del sistema solar, debes tener presente las siguientes recomendaciones para la manipulación de los paneles solares:

- Antes de la instalación, asegúrate de que todos los módulos y contactos eléctricos estén limpios y secos.
- El desempaque debe ser realizado por dos o más personas al mismo tiempo y con el uso de guantes antideslizantes. No manejes los módulos de forma aérea ni los apiles. No se debe infra dimensionar al personal y los medios mecánicos para el movimiento y manejo de los equipos.
- Una vez realizado el desembalaje no permitas que los módulos entren en contacto con objetivos puntiagudos para evitar que se rayen. Por la seguridad de los módulos, evade el impacto directo con objetos.
- No los pises ni te recuestes, tampoco hagas fuerza sobre estos y realiza la instalación entre equipos de mínimo dos personas.

Cuando se realice la instalación de las placas solares en el techo, es recomendable que dejes un pasillo entre ellas para poder realizar labores de mantenimiento debido a que es muy común observar operarios que tienen que caminar encima de los paneles solares, lo cual puede provocar la rotura mecánica de las células (microfisuras). Estas microfisuras no son inmediatamente visibles debido a que puede ser que el vidrio templado no se rompa, pero puede causar problemas de gran importancia como:

- Las partes rotas de la célula se encuentren aisladas del resto de esta y por ende no generarían más energía, reduciendo el rendimiento general del sistema.
- En las zonas rotas es posible que se ocasionen puntos calientes que a su vez pueden provocar la rotura del vidrio o incendios localizados.

Por lo tanto, es una buena práctica al instalar filas de módulos, dejar espacios y pasillos entre ellos, para permitir el mantenimiento ordinario y el lavado de los paneles fotovoltaicos.

Seguridad de las personas

Para evitar que las personas sufran lesiones o accidentes durante el montaje del sistema solar es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Dispón de fuentes de agua fresca para la hidratación constante.
- Sigue todas las recomendaciones dadas por la ARL para el trabajo en alturas, como el uso adecuado de líneas de vida y de calzado propicio. Para el caso de instalaciones en techo, realiza desplazamientos cuidadosos evitando pisar zonas frágiles como traga luces y no realices instalaciones en techos que se encuentren mojados, señala todos los espacios de trabajo, usa herramientas aisladas para trabajar con equipos que se encuentren energizados.
- El personal ajeno a la instalación debe mantenerse alejado de la misma para evitar riesgos y deberá estar informado de los riesgos y zonas de peligro a los que se encuentra expuesto.



Seguridad durante la operación y el mantenimiento

Para el sistema en operación es importante contar con equipos de protección eléctrica contra daños o deterioros provocados por sobretensiones, cortocircuitos y sobrecargas, para esto se deben usar equipos como interruptores automáticos y descargadores de tensión adecuados.

En caso de contar con cuartos de baterías se debe disponer de espacios con ventilación suficiente para evitar la acumulación de gases y éstas deben estar alejadas de cualquier aparato que pueda generar chispas o llamas.

Adicionalmente, como estos elementos estarán a la intemperie, se deben tener en cuenta que el anclaje y la sujeción de los paneles deben ser adecuados para soportar la carga que las fuerzas del viento ejercerán sobre ellos.



Seguridad de las personas durante la operación y el mantenimiento

Algunos de los aspectos para tener en cuenta son:

- Garantiza el acceso continuo a la azotea o techo.
- Proporciona acceso en zonas específicas (inversores, baterías, tableros eléctricos). A su vez se deben garantizar áreas para la ventilación.
- Proporciona una salida de emergencia desde el techo.
- Es importante para la seguridad personal tomar medidas para evitar el choque eléctrico ya sea por contacto directo o indirecto. Todas las masas metálicas deberán estar conectadas al sistema de puesta a tierra.
- Los sistemas fotovoltaicos deben ser señalizados y etiquetados de manera clara.
- El interruptor de desconexión principal debe ser identificable por lo que deberá estar señalizado, de fácil acceso y operación, y será accesible desde el punto más cercano al sistema.
- Los conductores activos deben estar etiquetados cada cierto tramo de una manera clara y permanente.
- Las baterías (de existir) deben ser debidamente señalizadas.
- Debe contar con un interruptor de corte de las series de los módulos y este debe ser fácilmente accesible.
- El sistema debe poseer un detector de arcos que abra la corriente continua en caso de que este fenómeno se produzca.
- Los bomberos deben informarse de la disposición de los módulos y los dispositivos de desconexión.
- Se debe contar con los planos esquemáticos de ubicación de equipos y ubicación de los dispositivos de corte.

En caso de presentarse un evento, debes seguir el siguiente procedimiento para realizar el corte de alimentación del sistema:

- **Primera acción:** apertura del interruptor de corriente alterna del inversor.
- **Segunda acción:** comprobación de que el inversor ha parado.
- **Tercera acción:** desconexión del interruptor de corriente continua del inversor o, si este no existe, desconexión del interruptor general de la caja de paralelos. Se puede instalar un interruptor de seguridad que desconecte el sistema en caso de emergencia.
- Las personas deben ser conscientes de que, incluso accionando todos los interruptores antes mencionados, el generador fotovoltaico mantendrá tensión.
- Proporcionar vías para zonas específicas del tejado para el desplazamiento ya que un módulo nunca debe ser pisado.

- Cada plano de la cubierta o estructura que contenga módulos fotovoltaicos necesita dos «camino» de acceso al mismo, con un dimensionamiento mínimo de un metro de ancho.
- En caso de utilizar baterías plomo-ácido para la acumulación de la energía, se debe disponer de sistemas de extracción en el área donde estén instaladas para evitar explosiones por concentraciones de hidrógeno por encima del 4% en volumen.

Sistemas de puesta a tierra y sistema de apantallamiento

La instalación de un sistema de puesta a tierra permite la protección de las personas y los bienes contra los efectos de descargas atmosféricas, fallas de corto circuito, descargas estáticas, señales de interferencia electromagnética y corrientes de fugas a tierra. Por lo tanto, la ejecución correcta de la misma brinda importantes beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños materiales y económicos e interferencias con otras instalaciones.

- Los módulos solares fotovoltaicos disponen, en el marco, un orificio específico para su puesta a tierra (generalmente señalado mediante el símbolo de tierra).
- La toma de tierra se realiza por medio de esos orificios en el marco, debido a que generalmente los marcos son de aluminio anodizado, que es un tratamiento superficial que se aplica al marco de aluminio y que hace que se comporte como un aislante. Por lo cual, la conexión del conductor de protección a tierra en otro orificio no sería lo recomendable, debe hacerse en el que está indicado con el símbolo eléctrico de tierra. Además de esto, para asegurar un buen contacto eléctrico, se recomienda utilizar un terminal de conexión adecuado.
- Debemos tener en consideración la importancia de una buena puesta a tierra en una instalación fotovoltaica con placas solares, pues en un sistema con las masas metálicas aisladas de tierra, un defecto como el contacto de un conductor activo con el marco de un módulo solar, pasa casi desapercibido.
- Todos los elementos metálicos deben estar conectados al sistema de puesta a tierra.



- Se recomienda que el sistema de puesta a tierra sea revisado e inspeccionado y que se dejen los registros con la siguiente información:

- Condiciones generales de los conductores del sistema.
- Nivel de corrosión.
- Estado de las uniones de los conductores y componentes.
- Valores de resistencia.
- Todos los cambios frente a la última inspección.
- Resultados de las pruebas realizadas.
- Registro fotográfico.
- Rediseño o propuesta de mejoras del SPT si se requieren.

Las instalaciones deben contar con una evaluación del nivel de riesgo frente a rayos, basada en procedimientos establecidos en la norma técnica NTC 4552 o normas técnicas internacionales como la IEC 62305 o de reconocimiento internacional (siempre y cuando sean aplicables a las condiciones de rayos de Colombia). Esta evaluación, debe considerar la posibilidad de pérdida de vidas humanas, pérdida del suministro de energía y otros servicios esenciales, pérdida o graves daños de bienes, pérdida cultural, así como los parámetros del rayo para la zona tropical, donde está ubicada Colombia y las medidas de protección que mitiguen el riesgo. De este análisis se debe determinar la necesidad o no de instalar un sistema complementario de protección contra rayos.

Calidad de los equipos utilizados

Para garantizar el funcionamiento correcto del sistema solar y la seguridad en las instalaciones, es importante que los equipos como paneles solares, inversores, tableros y cableado cumplan con certificados de productos que garanticen que son fabricados con los estándares de calidad necesarios. Se recomienda que se soliciten estos certificados de productos al instalador del proyecto. Adicionalmente, es importante velar porque se compren equipos de fabricantes reconocidos que cuenten con buen servicio postventa y con representación local que facilite la consecución de repuestos en caso de fallas.



Para los paneles solares existen normas internacionales para demostrar la calidad de estos, algunas a destacar son:

- **IEC 61215:** *Design Qualification and Type Approval* (módulos fotovoltaicos de silicio cristalino).
- **IEC 61730:** requisitos para la construcción, ensayos y seguridad.
- **IEC 62716:** módulos fotovoltaicos. Ensayos de corrosión por amoníaco.

Para los inversores o micro inversores existen normas internacionales para demostrar la calidad de estos, algunas a destacar son:

- **IEC 62109:** seguridad de los convertidores de potencia para uso en sistemas de energía fotovoltaica. Partes 1 y 2. Requisitos generales y particulares para inversores.
- **UL 1741:** *Standard for Safety of Inverters, Converters and Controllers for Use in Independent Power Systems*.
- **IEC 61727:** *Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface* (Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características de la interface con la red en el punto de conexión).



Debemos tener en cuenta varios aspectos que son fundamentales cuando estemos realizando la instalación de un sistema solar:

- Los sistemas solares deberán estar funcionando mínimo 25 años, por esto todos los equipos que utilicemos y las prácticas para realizar la instalación deberán cumplir todos los estándares aplicables.
- Cada año que pasa una placa solar estándar puede estar perdiendo en torno a un 0.7% de rendimiento.
- Las placas solares van a estar expuestas a la intemperie (sol, lluvia, granizo, entre otros) durante todos los días de su vida útil, por eso debemos seleccionar un panel solar de calidad.



Es importante que los fabricantes elegidos cuenten con buenas referencias y una cierta trayectoria en el sector, pues en el caso de tener que hacer uso de las garantías, esto nos minimiza las posibilidades de encontrar fabricantes que no puedan cumplir con estos compromisos.

Recuerda que existen certificaciones como la ISO 9001 que avalan la calidad de los procesos productivos de las plantas.

Igualmente es recomendable usar equipos que se encuentren certificados, pues estos garantizan que han pasado por un proceso externo que verifica la calidad de los equipos y del proceso de producción que utilice el fabricante.

Riesgos de los sistemas solares fotovoltaicos



En este tipo de instalaciones pueden existir riesgos dados por las condiciones climáticas, en relación con desgastes de material que pueden tener una incidencia considerable ante una emergencia, por derrumbe o colapso de la estructura.

Algunos de los principales riesgos son el incendio y el riesgo eléctrico, puesto que poseen puntos que generan temperaturas elevadas, ya sea en las baterías, caja de distribución, inversor y cableado de corriente alterna. Como ya hemos mencionado anteriormente, estos están instalados a la intemperie, lo cual dificulta aún más la situación en instalaciones domiciliarias y techos de edificios, debido a la propagación en caso de incendio, teniendo en cuenta la complejidad de un incendio en altura y el riesgo de electrocución de los intervinientes, la mayoría por motivo de corriente continua que por corriente alterna.

A continuación, describimos estos riesgos:

Riesgo de pérdida de generación

Existen fallas en los paneles solares que se pueden presentar durante el transporte, el almacenamiento, la instalación o durante la operación y mantenimiento que pueden afectar el buen desempeño del sistema y ocasionar que no se logre el rendimiento esperado.

Debemos tener muy presente analizar las bases de datos que existen en el mercado, pues todas tienen variaciones y diferencias que a la hora de presupuestar la generación de nuestro proyecto pueden afectar el resultado final, ante esta incertidumbre lo más importante es manejar factores de seguridad que nos permiten tener menos incertidumbre con los resultados finales.



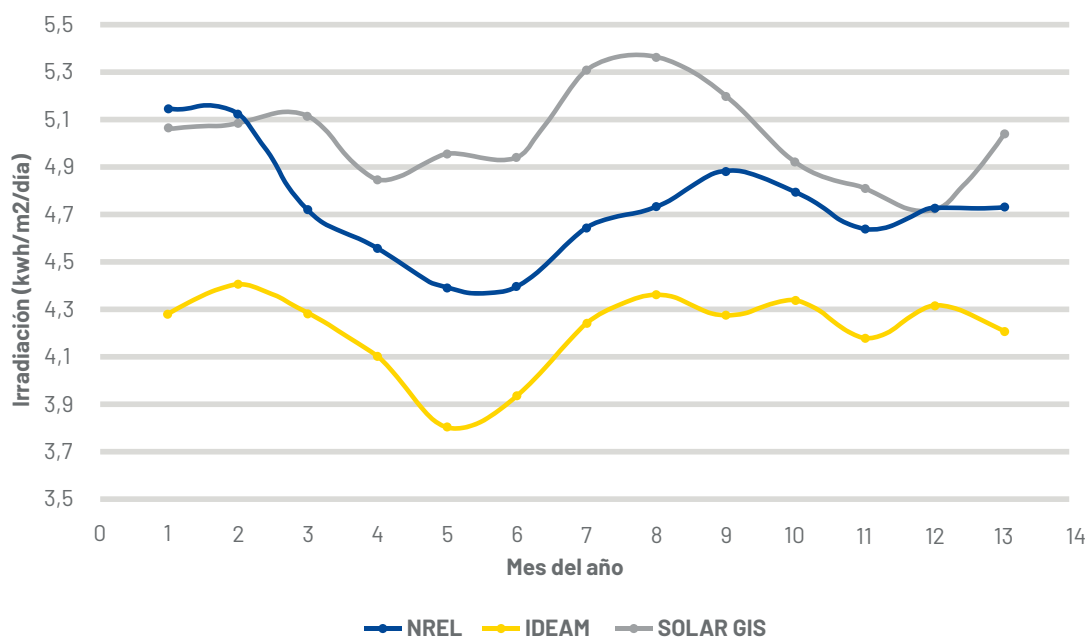


Imagen 7. Comparación de bases de datos de radiación solar.



Micro roturas

Las micro roturas son fisuras que se dan al generar una presión sobre el panel solar. Estas fisuras no son fáciles de ver a simple vista y son una de las razones principales que ocasionan mal funcionamiento de un panel solar. Algunas de las causas que se han identificado son:

- **Un mal manejo del panel solar durante la instalación:** falta de cuidado del personal de instalación que ocasiona golpes que generan micro roturas. Es importante asegurar que los instaladores cuenten con una alta experiencia en su instalación.
- **Durante el transporte:** si los paneles no se manejan con las recomendaciones de los fabricantes se pueden generar estos daños, es importante contratar con empresas reconocidas y entregar todas las recomendaciones indicadas por el fabricante para mitigar este riesgo.
- **Paneles solares de baja calidad:** estos equipos son diseñados para funcionar en condiciones extremas a la intemperie, pero si no se seleccionan paneles solares de buena calidad se puede incurrir en este riesgo, es importante que estos entreguen certificaciones de calidad de producto y que cuenten con estabilidad financiera sólida y que puedan ofrecer un buen respaldo en la garantía de los productos.

Generalmente las micro roturas en los paneles solares pueden provocar funcionamientos defectuosos como grietas en el cristal, células inutilizadas, delaminación y aumento de temperatura en el panel que puede causar puntos calientes en estos.

Aunque las micro roturas son muy difíciles de identificar a simple vista, se recomienda que se hagan inspecciones rigurosas de los módulos y, en caso de identificar este tipo de fallas, se debe dar aviso inmediato al proveedor de los equipos para desarrollar un análisis técnico que determine si se debe realizar el cambio de panel para evitar daños mayores y afectaciones al rendimiento del sistema. La inspección termográfica también ayuda a la identificación de este tipo de fallas, por eso es necesario incluirla dentro del plan de mantenimiento preventivo.



Puntos calientes o “hot spots”

Son aumentos de temperatura localizados dentro del panel solar, estos pueden causar pérdida de eficiencia y degradación del módulo solar. La principal herramienta para detectar este fallo es la termografía, cuando aparecen estos daños deben ser atendidos lo antes posible porque desde que aparecen ya están causando daños irreparables al módulo solar. Otra de las causas de estos daños es el uso de paneles de mala calidad, por eso es necesario solicitar certificados de productos y datos de las pruebas realizadas a los equipos y contratar con fabricantes con alto reconocimiento y trayectoria en el mercado.

Existen diferentes motivos para la aparición de puntos calientes en paneles solares, a continuación, mencionaremos algunos de ellos:

- Daño o baja calidad de la célula, esto ocurre durante la fabricación o el transporte del panel solar, debido a que la célula de silicio será sometida a un proceso de muchos esfuerzos durante la laminación, el manejo y el transporte.
- Sombras sobre los paneles solares, por lo cual se debe realizar una buena planeación en la fase de preingeniería y, durante la operación, realizar monitoreo continuo para evitar este fenómeno en el sistema. La vegetación y los árboles también pueden ocasionar la aparición de sombras, por eso se debe realizar control.
- Durante la vida útil del sistema se verá sometido a suciedad por polvo u otras partículas suspendidas en el ambiente, por lo que durante los mantenimientos es preciso se realicen jornadas de limpieza y lavado a los paneles solares, la frecuencia de la limpieza dependerá en gran medida del clima, las condiciones y terreno que rodean el sistema solar. Se debe verificar que no se acumule agua o suciedad en las esquinas cuando se realicen las limpiezas.



Delaminado

La delaminación es un fenómeno que ocurre cuando la hoja de plástico de un panel solar se separa de la célula y se presenta a menudo en paneles de baja calidad. Esto ocasiona que la humedad pueda filtrarse en el panel y causar daños irreparables. Los puntos calientes o las micro roturas pueden ocasionar delaminado en el panel.

Algunas de las causas:

- Utilización de plásticos de mala calidad.
- Fallos en la fabricación. Si el plástico no se pega al cristal debidamente o si no se limpia bien antes de adherir el plástico.
- Puntos calientes y microfracturas.

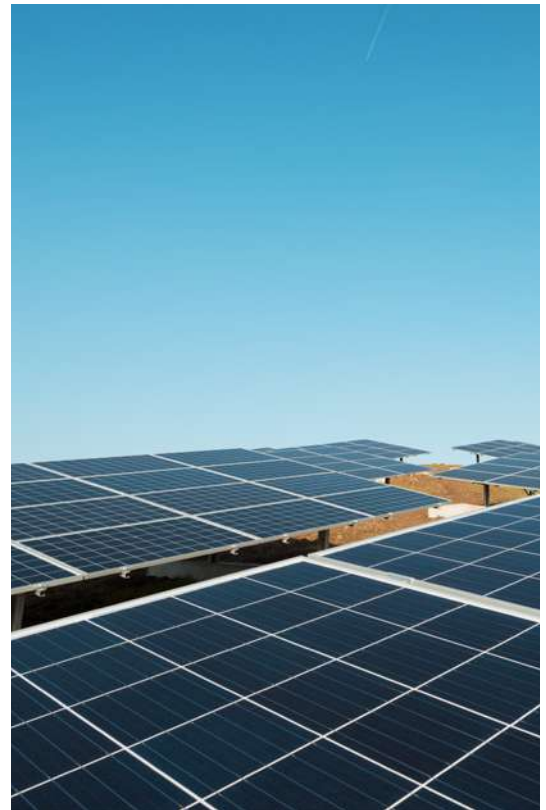
La delaminación es un problema muy serio que permite a la humedad entrar en la placa solar produciendo la muerte prematura de la misma.



Rotura

Se ocasiona en el vidrio protector del panel solar y puede ser causada por granizo en grandes proporciones. Por lo general, dentro de las pruebas realizadas, se incluyen contra impactos: a causa de herramientas durante la instalación o el mantenimiento o acciones mal intencionadas por parte de personal externo que puede tirar objetos contundentes para hacer daños. Cuando se presente este daño es importante realizar el cambio del panel solar con la fractura.

Para gestionar estos riesgos es necesario contratar con fabricantes e instaladores altamente capacitados y solicitar todas las pruebas y certificados de calidad que las normas exigen.





Pérdida de capacidad de generación por sombras

Para la instalación de paneles solares se debe contemplar, en su planeación, las sombras que se pueden generar por edificaciones y árboles cercanos a la instalación. Adicionalmente, la polución del aire, la lluvia y excremento de aves pueden generar sombra en los mismos con una consecuente disminución de eficiencia de la producción de energía, en algunos casos registrando una disminución de la eficiencia en un 50%. Por tal motivo, se indica que la limpieza de los paneles sea en la noche, con productos de limpieza libres de alcohol, con pH neutro para reducir la contaminación preferiblemente biodegradable, con aditivos no contaminantes que sean solubles en agua y con medios de limpieza no abrasivos para evitar rayar la superficie de los paneles. En lugares fríos con posibles temperaturas de congelación, sí se recomienda realizar la limpieza con alcoholes para evitar el congelamiento superficial con las bajas temperaturas. Se recomienda que esta labor de mantenimiento se realice al menos mensual dependiendo de las condiciones ambientales donde se realizó la instalación y de las recomendaciones del fabricante. Durante la etapa de diseño del sistema solar es importante que se tenga en cuenta el entorno en el cual se realizará la instalación, esto con el fin de detallar el mantenimiento que se debe realizar al sistema y se verifique el material particulado que pueda venir de la operación de industrias como canteras, fábricas, entre otros, que puedan afectar el rendimiento del panel solar.

Para las instalaciones en cubiertas de edificaciones se recomienda tener en cuenta los permisos de trabajos en alturas y los elementos de protección personal como arnés, líneas de vida y cuerdas de seguridad.

Para las instalaciones que son tipo granjas se debe tener especial control sobre la vegetación alrededor de los paneles, pues ésta puede generar sombras y potencializan los efectos del fuego en caso de un incendio al servir como material combustible para la propagación de este.



Riesgo de incendio

En lo relativo a la propagación del fuego en una instalación fotovoltaica, no solo son importantes las características de diseño estructural, sino que también los elementos constructivos de los que esta planta está hecha, debemos considerar factores como la resistencia al fuego de los materiales que la componen, el tipo de combustión que estos materiales tendrán y su comportamiento de degradación ante el fuego, lo que nos dará una idea de las consecuencias que este puede generar ante una emergencia.



Es importante que sepamos que estas plantas fotovoltaicas se componen de materiales polimerizados, los cuales tienen un alto rango de inflamabilidad, facilitan la propagación y pueden escurrir a altas temperaturas por la estructura expuesta al calor, todo esto impacta directamente en el comportamiento del incendio. Otro elemento a considerar es la falta de capacitación y experticia de los cuerpos de bomberos locales y de las brigadas de emergencia para atender este tipo de incendio que no solo involucra al fuego sino al riesgo de realizar el trabajo en alturas y el riesgo eléctrico.

En la mayoría de los casos nos veremos enfrentados a dos tipos de escenarios con presencia de fuego en los paneles fotovoltaicos:

- Junto o sobre edificios o casas que se propaguen a la planta fotovoltaica.
- La planta fotovoltaica como factor desencadenante del incendio, debido a algún desperfecto en puntos defectuosos.

Un sistema de paneles solares genera energía eléctrica en baja tensión, por lo que en principio sólo se contemplaban los mismos riesgos que conlleva un sistema de generación, pero con el tiempo, se han desarrollado investigaciones que demuestran que los paneles, adicional a los riesgos de un sistema de generación de energía, también tienen riesgos particulares propios de esta tecnología, especialmente por la dificultad de interrumpir la generación de la fuente de energía solar.



Características de la planta fotovoltaica y su comportamiento ante el fuego

Según los materiales que componen la estructura en pleno, se debe considerar que estas instalaciones están conformadas por polímeros (etilvinilacetato, polietilén tereftalato, polifluoruro de vinilo), en estos módulos también se emplean pegamentos de diversos tipos, material de sellado, aislación y cableado.

Solo en un módulo estándar de 38 paneles puede haber una acumulación de unos 60 kg de polímeros, teniendo en cuenta solo los módulos sin el resto de las estructuras que complementan la instalación.

La importancia de esta información radica en que los polímeros producen altas temperaturas de combustión y tanto su masa como el desempeño de estos ante el fuego tienen un valor significativo en el desarrollo del incendio en plantas fotovoltaicas.

Por lo anterior, los módulos fotovoltaicos son inflamables y esto no difiere en relación con la construcción o la tecnología aplicada, porque pueden seguir quemándose de manera autónoma en casos de incendios de grandes magnitudes.

En el caso de los paneles de vidrio estos pueden hacerse pedazos luego de transcurrido un tiempo de la emergencia, y al contener menor cantidad de polímeros generan menos calor y gases de combustión.

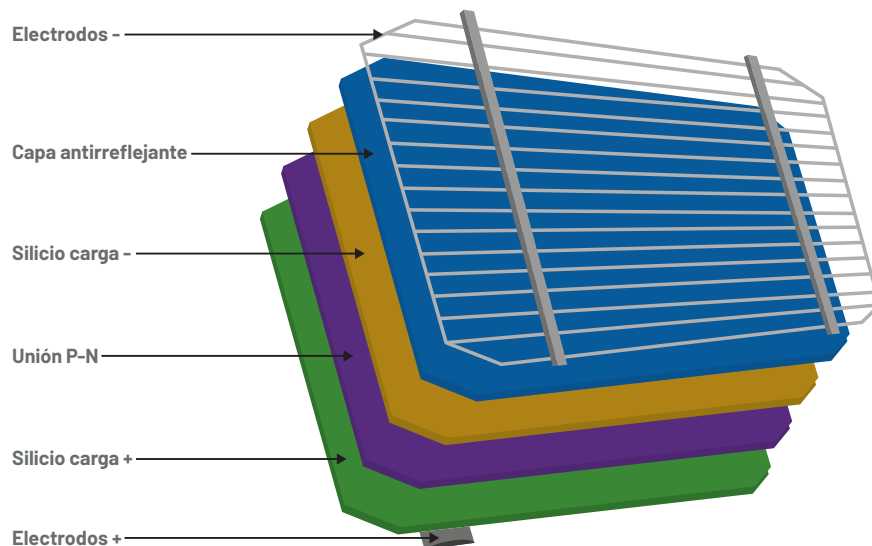


Imagen 8. Estructura de un panel fotovoltaico (Chile s.f.)



Causas de incendio en paneles

En los generadores fotovoltaicos existen las siguientes causas de ignición de incendios específicos:

- Puntos calientes en módulos fotovoltaicos.
- Calentamiento o arcos eléctricos al interior del módulo fotovoltaico, en cajas de conexión y conectores.
- Calentamiento o arcos eléctricos en cajas de corriente continua, como cajas de paralelos, cajas de protección y maniobra, entre otros.
- Calentamiento o arcos eléctricos en el cableado de corriente alterna.
- Mal diseño y dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico que puede generar arcos eléctricos y sobrecalentamiento de los componentes.
- Las baterías son una causa importante de generación de explosiones e incendio consecuenciales. El mal manejo y conexión inadecuada de baterías también es una posible causa de incendio.

Así mismo, en los generadores fotovoltaicos existen las causas típicas de incendio propias de los sistemas eléctricos como:

- Descargas atmosféricas que desencadenan sobretensiones, chispas y sobre calentamiento. Se recomienda realizar estudios en el sistema de apantallamiento para determinar la posibilidad de instalar un sistema de protección contra rayos.
- Daño del recubrimiento de cables por peso de objetos, desgaste o por roedores que entran en contacto con el cableado del sistema. Se recomienda que se haga un control de plagas y que se instalen barreras en las entradas a cajas y tableros eléctricos para evitar que estos animales ingresen, también es necesario que todos estos tableros se mantengan cerrados.
- Polvo y objetos extraños en los conectores que generan cortocircuitos: es pertinente realizar inspecciones y limpiezas periódicas a estos elementos.
- La humedad puede generar cortocircuitos en conectores.
- Durante el proceso de desconexión de conectores si no se realiza con cuidado se pueden generar chispas que desencadenan en incendios.

Las fallas comúnmente se darán en módulos e inversores, pero diversos estudios han demostrado numerosos desperfectos en otros elementos de las plantas fotovoltaicas:

- Enchufes de corriente continua.
- Distribuidores de corriente alterna.
- Bornes de conexión.
- Cables de aluminio pertenecientes a la estructura.

Las fallas de estas instalaciones se darán a menudo por errores de instalación y fallas de fábrica del inversor, por lo que en este tipo de instalaciones las fallas siempre corresponderán a “errores humanos”.

Hay que considerar que todas las conexiones de la planta fotovoltaica son potencialmente críticas e intrínsecamente presentan riesgo de incendio. Las fallas en relación con corto circuitos son escasas en este tipo de instalaciones.



Consideraciones durante la tarea de extinción de un incendio

Existen riesgos potenciales para los grupos de bomberos o brigadas de emergencia que intervienen en eventos de incendios en estructuras que posean plantas fotovoltaicas:

- **Gases tóxicos durante la combustión:** los módulos fotovoltaicos contienen vidrio y aluminio, variados materiales plásticos y metales tóxicos; los gases en combustión y las partículas de hollín proveen un peligro adicional, y todo en conjunto puede presentar un riesgo de productos químicos o enfermedades.
- **Explosión:** pueden presentarse efectos parecidos a explosiones debido a incendios que se propagan hacia la planta fotovoltaica estallando los paneles.
- **Propagación por conductores eléctricos:** el fuego puede propagarse por los conductores eléctricos, entre los elementos y por motivo de la compactación del diseño de las instalaciones.
- **Accidentes:** pueden originarse lesiones debido a descargas eléctricas, caídas del personal interviniente al pararse sobre los módulos por deslizamiento. Se debe tener en consideración que estas instalaciones no están diseñadas para soportar el peso de una persona sobre ellos, partes de la planta que se dependen y caen.
- **Riesgo eléctrico:** responde al riesgo de exponerse a corriente continua en este tipo de instalaciones, ante el contacto eléctrico o las problemáticas que esto puede presentar al momento de la extinción, en caso de inundar la instalación puede haber contacto de partes de la instalación bajo tensión con el agua.
- **Colapso o derrumbe de estructuras:** debido al calor producido en el incendio los elementos metálicos pueden afectar su estructura, si la estructura en la que se encuentra instalado el panel fotovoltaico es de material ligero, esta puede ver afectada su capacidad de sostener dicha estructura, el calor también puede afectar los marcos de soporte de los módulos fotovoltaicos.

Principalmente, el riesgo con la potencialidad más alta de afectar a los equipos de bomberos es el riesgo de recibir descargas eléctricas por motivo del combate del fuego y en la actualidad por el desconocimiento en el funcionamiento de este tipo de instalaciones, lo que puede derivar en lesiones durante el trabajo de extinción del incendio por sobre exposición a la corriente continua o partes energizadas en corriente alterna de estas instalaciones.

Riesgo eléctrico en sistemas solares fotovoltaicos

Es la posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que alguien o algo sufra perjuicio o daño por el uso o no de la electricidad. El riesgo eléctrico se produce en toda tarea que implique trabajos sobre instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión, utilización, manipulación y reparación del equipo eléctrico de las máquinas, así como utilización de aparatos eléctricos en entornos para los cuales no han sido diseñados.



Este punto es de gran importancia en relación con el riesgo y la exposición, debemos tener en cuenta que mientras el panel esté expuesto a energía lumínica o solar, no interrumpirá su producción de energía eléctrica.

Los accidentes con origen eléctrico pueden ser producidos por contactos directos (bipolar o fase-fase, fase-neutro, fase-tierra), contactos indirectos (inducción, contacto con masa energizada, tensión de paso, tensión de contacto, tensión transferida), impactos de rayo, fulguración, explosión, incendio, sobre corriente y sobretensiones.



Recomendaciones para la mitigación del riesgo eléctrico

Es importante tener en cuenta las siguientes medidas para minimizar los riesgos eléctricos:

- Conexión de todas las partes metálicas a tierra.
- Abrir y bloquear los circuitos en la parte de trabajo (corriente alterna o corriente continua). Esta operación se debe llevar a cabo mediante cerrojos o candados.
- Señalizar mediante tarjetas de operación (“No operar”, “Fuera de servicio”, entre otras), la condición de bloqueo, ver las normas vigentes y usar las señales adecuadas.
- Verificar si los componentes están desenergizados a través de instrumentos de medición adecuados.
- Partes energizadas que no pueden ser desenergizadas deben ser tapadas (para evitar contacto accidental).
- Antes de separar los conectores de los strings apagar el inversor. Nunca se desconectan bajo carga (riesgo de arco).
- Los módulos no se pueden desenergizar durante el día, por tanto, no tocar las partes que puedan llevar energía como las partes metálicas.
- Herramientas eléctricas deben ser apropiadas al trabajo (ejemplo: el nivel de voltaje) y aisladas.

Colapso de estructuras

Los paneles solares, debido tanto a su forma de instalación como a sus propias características presentan una serie de impactos estructurales sobre los apoyos, ocasionados no sólo por su peso propio sino por la resistencia que oponen a la fuerza del viento.

Cuando se van a realizar instalaciones de sistemas de paneles solares en cubiertas de edificaciones existentes, es muy importante corroborar si dicha estructura soportará el peso adicional del sistema. Para esto se deben realizar estudios de cargabilidad de la estructura.



Es importante que se revisen las condiciones en las que se encuentra el techo en donde se está realizando la instalación, que este cuente con los elementos básicos como ingresos adecuados y sistemas de seguridad para realizar trabajos en alturas.

Una vez el sistema solar quede instalado es importante que se realice una demarcación en el techo por donde se puede circular de forma segura para el personal operativo para realizar trabajos de inspección y mantenimiento.

También es importante que, posterior a la instalación, se realice una revisión de las perforaciones que se realicen en el techo, garantizando que no quedaron filtraciones de agua que puedan afectar la estructura más adelante.

Igualmente es importante que a la estructura metálica que soporta los paneles se les hagan revisiones periódicas para verificar que no esté presentando problemas que puedan llevar a la fractura del material. Si el sistema es instalado en lugares cerca al mar con alta salinidad, se debe verificar que esta estructura no presente oxidación.

Para las instalaciones que son tipo granja se deben realizar estudios geotécnicos y de aguas para determinar las cimentaciones que se deben construir para su instalación y así garantizar un adecuado control de las aguas y que las cajas de los cables no se llenen de agua.

Vientos fuertes

Para la instalación de las estructuras que soportan los sistemas de paneles solares es muy importante tener en cuenta el efecto de los vientos en la zona, debido a que estos pueden generar vibraciones en las estructuras, que deben ser tenidas en cuenta en los diseños para evitar el posible colapso de estas. Por tal motivo, se recomienda considerar la carga de vientos de la zona, acorde con la NSR10 y el mapa de vientos del IDEAM. Por lo anterior, es preciso inspeccionar cada seis meses la estructura donde se soportan los paneles, para revisar posibles fisuras y que la tornillería esté correctamente apretada y haya un posible deterioro.



Hurto

Las instalaciones de producción de energía solar requieren de equipos como inversores, celdas solares, cableado, cajas de distribución y equipos de monitoreo, en su mayoría no son de gran tamaño y son fácilmente comercializables en el mercado negro, por lo que son equipos con un alto riesgo de hurto. Por tal motivo te recomendamos:



- Montar las celdas fotovoltaicas en un rack con anclajes antirrobo, de modo que se dificulte movilizar todos los paneles en una sola estructura.
- Instalar alarma sonora que genere una señal cuando los paneles se desconectan; generalmente se instala fibra óptica para este monitoreo.
- Durante proyectos de gran tamaño, se recomienda realizar inventarios periódicos para monitorear si se presentan faltantes durante la instalación.
- Instalar cámaras de seguridad, detectores de presencia y cerco de seguridad.
- Contar con personal de seguridad.
- Crear una cadena de comunicación para atender eventos que se puedan presentar.
- Establecer medidas de comunicación con instituciones como la policía y el ejército nacional de acuerdo con la zona en donde se encuentre instalado el proyecto.

Cumplimiento de requisitos normativos y regulatorios

Es importante que tengas en cuenta los diferentes requisitos para conectar un sistema *On Grid* a la red de un operador de red de acuerdo con la resolución CREG 030 de 2018 éstos los deberá publicar en la página web.

El primer paso consiste en el diligenciamiento del formato de conexión, cuyo objetivo es conocer el propósito del cliente que se conectará al sistema del Operador de Red (OR), el tipo de generación a instalar y la información técnica que le permita al OR evaluar las condiciones de integración a la red y cuantificar el impacto que dicho sistema podría causar al Sistema de Distribución de Energía (SDE). En general, los requisitos de conexión de los sistemas Autogenerador (AG) y Generador distribuido (GD) dependen de la capacidad instalada y si dichos sistemas inyectarán, o no, excedentes a la red del SDE. A continuación, ilustramos los casos:



• Autogenerador a Pequeña Escala (AGPE) con potencia instalada menor a 0,1 MW y GD

Para este caso, se requiere lo siguiente:

- Diligenciar el formato de conexión.
- Consultar el estado de disponibilidad de la red del OR.
- Suministrar los documentos anexos solicitados en el formato de conexión:
 - Diagrama unifilar.
 - Memorias de cálculo y selección del sistema de medida.
 - Esquema de protecciones de voltaje y frecuencia del punto de conexión.
 - El tipo de conexión a tierra, tanto para la tecnología de generación, como para el punto de conexión.
- Suministrar el estudio de conexión simplificado (en caso de que no se cumplan los criterios de disponibilidad de la red del OR, dicho estudio podrá ser solicitado por el OR).
- Tener en cuenta los documentos solicitados en el formato de conexión para ser suministrados previo a la solicitud de conexión:
 - Certificación de conformidad con el RETIE (dictamen y declaración de cumplimiento).
 - Certificado de conformidad de producto y certificados de calibración vigentes para el sistema de medición (cuando se realice cambio de medidor).
 - Especificaciones técnicas de los componentes del sistema de generación.

Además de los requisitos anteriores, deberás cumplir lo siguiente según el caso.

• AGPE (menor a 0,1 MW) que no inyecta a la red

Para esta clasificación, debes considerar lo siguiente:

- El sistema deberá instalar un dispositivo limitador que impida la inyección hacia la red del OR y deberá indicarla al OR cuál es el método o dispositivo utilizado para dicha limitación.
- No es necesario el cambio del medidor existente.

- **AGPE (menor a 0,1 MW) que inyecta a la red**

Para estos sistemas, se debe cambiar el medidor existente por un medidor bidireccional con perfil de carga. El medidor existente (unidireccional) mide el consumo de energía cuando ésta fluye en un solo sentido (desde el SDE del OR hacia el cliente). El medidor bidireccional registra el flujo de energía en ambos sentidos (desde el OR hacia el cliente y desde el sistema AGPE hacia el OR). En el caso que no se cambie el medidor unidireccional y se presente inyección de excedentes a la red del OR, el medidor sumará los flujos de energía en ambas direcciones, aumentando así, el valor del consumo registrado. El perfil de carga permite obtener mediciones horarias de los flujos de energía, lo cual se requiere para su adecuada facturación.

Actualmente, en Colombia contamos con la norma NTC 2050 de 1998 y el Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas de 2013, los cuales dictan requisitos que se deben tener en cuenta pues con estos requisitos se establecen medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. De acuerdo con los requisitos establecidos por el RETIE, las instalaciones solares deberán contar con un dictamen de inspección expedido por un organismo acreditado por ONAC. Igualmente, el reglamento establece los productos como los paneles solares que deberán contar con un certificado de conformidad de producto emitido por un organismo acreditado.



Disposición de paneles solares

Estos proyectos pueden estar diseñados para tener una vida útil media de 30 años, sin embargo, es importante tener en cuenta desde el inicio los costos y procesos necesarios en la etapa del decomisionamiento y la disposición final de paneles solares. Se estima que los costos asociados con este proceso representan aproximadamente un 10% del CAPEX. (Fuente: Irena 2016)

En Colombia y, en general, en el mundo, no hay una necesidad crítica relacionada con la cantidad de residuos provenientes de proyectos solares, sin embargo, es importante que se contemplen estrategias que permitan aprovechar los componentes no peligrosos (90% - 98% del contenido del panel) y garantizar una correcta disposición de los componentes peligrosos, los cuales pueden ser un importante riesgo ambiental y reputacional para la compañía. Lo anterior cobra relevancia al comprender que la cantidad de residuos generados vs la cantidad de paneles instalados al 2016 es del 1%, mientras que en el 2050 será del 80%.

En la siguiente figura se presenta un diagrama de flujo que presenta el procedimiento adecuado en tres tipos de tecnologías de paneles solares, para maximizar el aprovechamiento de residuos no peligrosos.

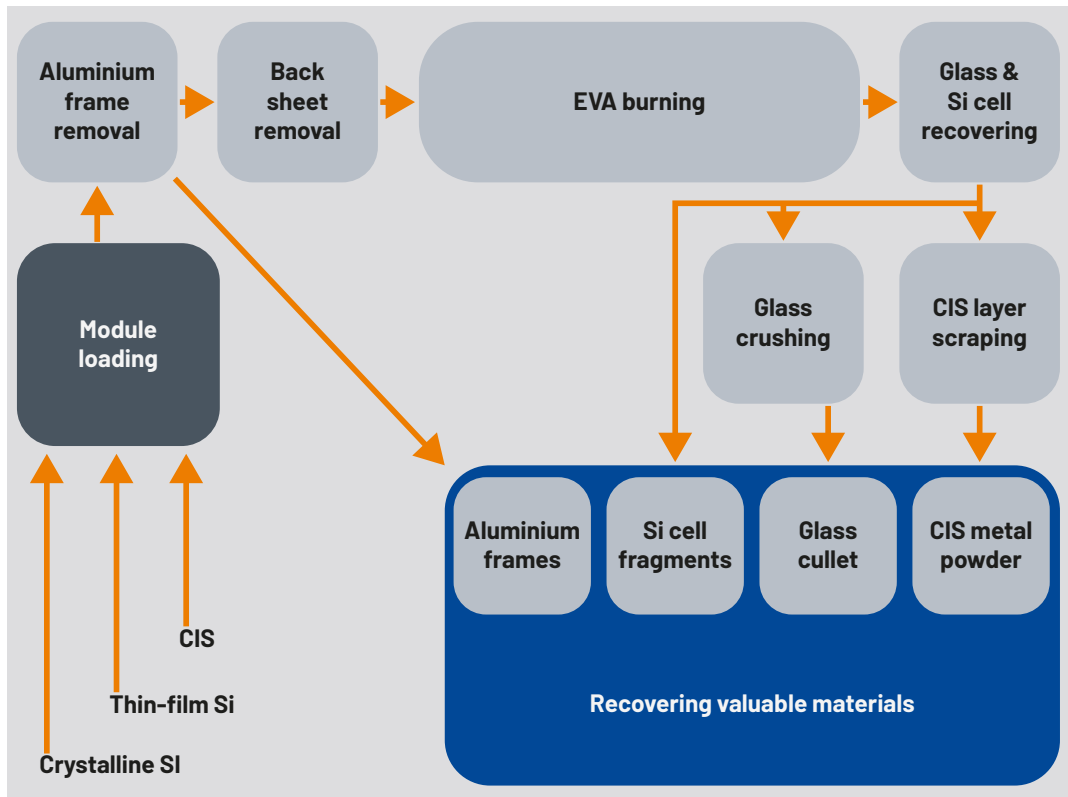


Imagen 9. Flujo de reciclaje (Irena 2016).



Riesgos tecnológicos

A la hora de seleccionar la tecnología adecuada para un proyecto, existen muchas variables que influyen en la toma de la decisión, como lo es la eficiencia, la versatilidad, el peso y el reconocimiento del fabricante. En ese proceso de selección, es importante encontrar un equilibrio relacionado con la selección de nuevas tecnologías que ofrecen beneficios adicionales, evitando caer en el extremo disruptivo donde nos encontramos tecnologías inmaduras que pueden representar problemas en el corto y mediano plazo, o, por el contrario, caer en el extremo de perder oportunidades importantes al estar rezagado con respecto a la oferta del mercado.

A continuación, presentamos algunas variables para que tengas en cuenta en el uso de una nueva tecnología:

- Costo y requerimientos de mantenimiento.
- Madurez de la tecnología y tiempo en el mercado.
- Componentes utilizados y su proceso de disposición final.
- Certificados de calidad del producto.
- Articulación de la tecnología con los actores de la cadena de valor.
- Oferta de seguros para dicha tecnología.

En la siguiente figura presentamos algunas de las tecnologías más tradicionales en el mercado y otras que comienzan a utilizarse a lo largo del mundo. En el eje vertical se destaca su potencial disruptivo, lo cual se traduce en la medida que puede mejorar algunas de las características tradicionales de los paneles; y en el eje horizontal, se presenta su madurez tecnológica o etapa de desarrollo en la que se encuentra.

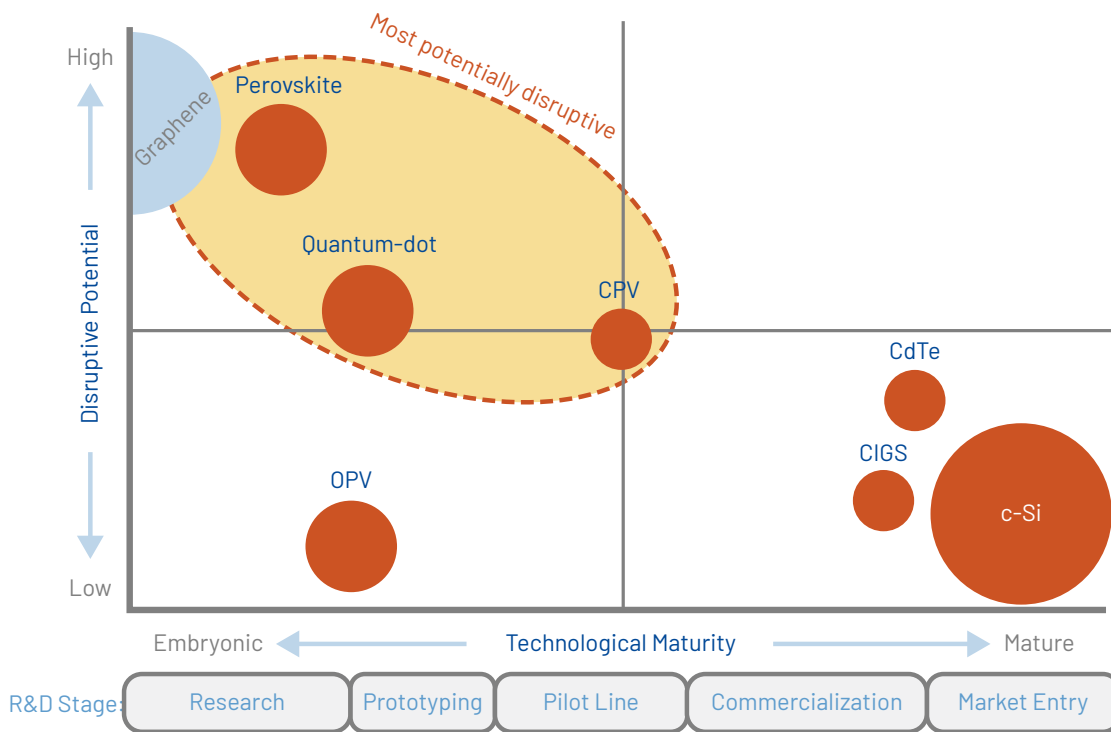


Imagen 10. Disrupción vs Madurez en diferentes tecnologías de paneles solares (Arthur D Little 2015).

La adopción de estas tecnologías se dará de manera paulatina, pero en los próximos 30 años seguirá siendo dominantes en el mercado los paneles c-Si. En la siguiente figura se puede evidenciar una proyección del uso de las diferentes tecnologías en proyectos solares para el 2030 y 2050.

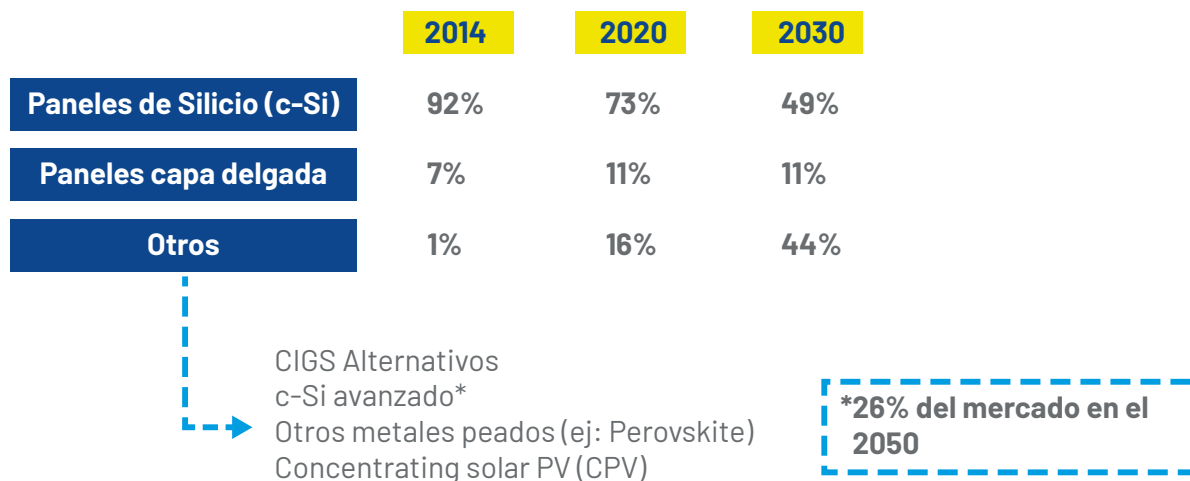


Imagen 11. Proyección tecnologías fotovoltaicas.

Independiente de la tecnología a utilizar en un proyecto, la garantía siempre será un factor determinante a considerar en la selección de esta. Las garantías normalmente no cubren todos los costos asociados con el reemplazo de un panel defectuoso por uno nuevo, pero pueden afectar directamente las proyecciones financieras del proyecto a través de costos adicionales no contemplados. Algunos de los aspectos para que tengas en cuenta en relación con la garantía son los siguientes:

- **Capacidad financiera, reconocimiento y trayectoria del fabricante:** con el fin de evitar un posible reclamo de garantía ante un proveedor que no cuenta con la capacidad suficiente y a la hora de efectuarse este esté en un estado de insolvencia.
- **% de error en las mediciones:** normalmente se contemplan porcentajes de error del 3% en las mediciones de las eficiencias de los paneles y adicionalmente estas son realizadas en condiciones estándar de laboratorio. Esto puede ocasionar que pérdidas pequeñas en la eficiencia no tengan cobertura por parte de la garantía, pero sí tendrán un perjuicio directo sobre la generación del proyecto.
- **Limitaciones de cobertura:** por lo general las garantías incluyen los costos del reemplazo del módulo, pero no necesariamente los costos de mano de obra en el desmontaje y montaje de los módulos y costos de transporte.
- **Nivelación tecnología:** en caso de reclamaciones luego de varios años de instalado el proyecto, puede que la tecnología por la cual se ejecutará la garantía sea de especificaciones inferiores a las actuales del mercado, dicho de otro modo, esa tecnología estará mucho más económica en ese momento.
- **Tipo de garantía:** las garantías lineales tienen un valor de cobertura adicional con respecto a las coberturas por escala. En la siguiente se presenta de manera más clara este caso.

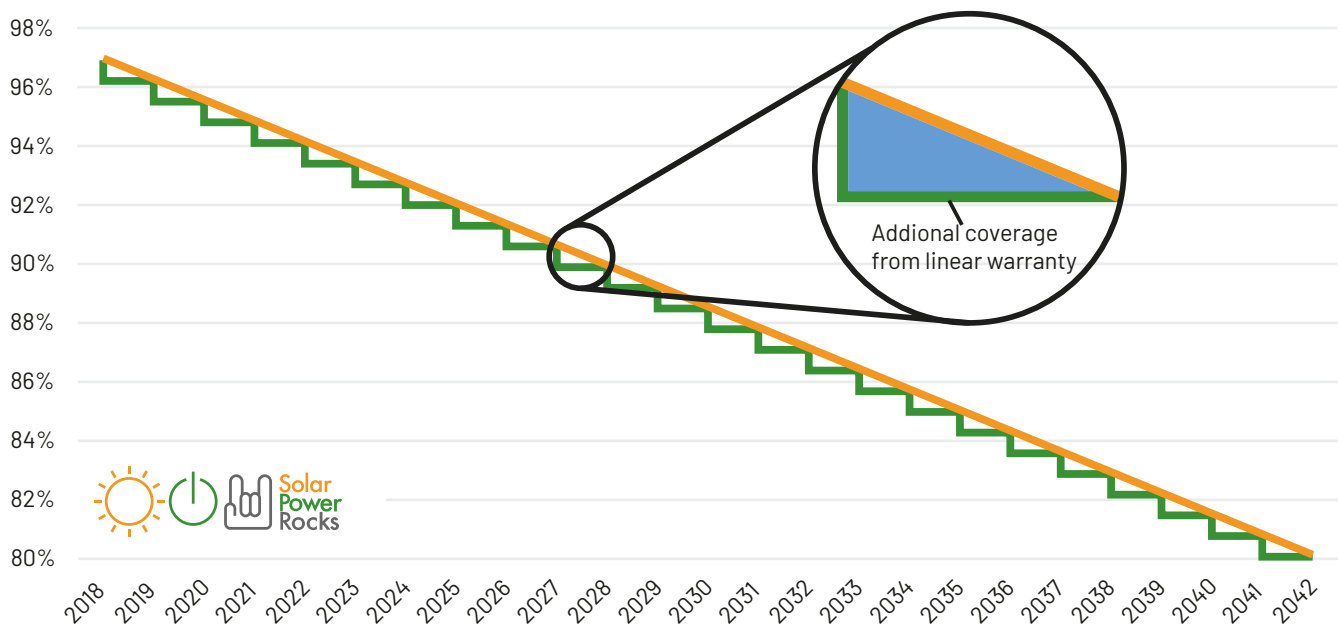


Imagen 12. Tipos de garantía (Solar Reviews).

Con el fin de mitigar el impacto y la ocurrencia de algunos de los riesgos mencionados con respecto a tecnologías de los sistemas solares, presentamos algunas recomendaciones para implementar en el desarrollo y planeación de proyectos fotovoltaicos.

Evitar concentración en nuevas tecnologías	Establezca una matriz de responsabilidades con proveedores/clientes	Es vital hacer pruebas a los materiales acorde a su riesgo tecnológico
Evalúe las limitaciones que establecen las garantías de los productos	Busque protecciones frente al riesgo de quiebra de los fabricantes	Se debe lograr elevar el conocimiento/certificación en tecnologías en los contratistas
Valide el riesgo con otros actores de la cadena	Identifique y siga las nuevas tecnologías para encontrar oportunidades/riesgos	Valore el VPN del mantenimiento y corrección de fallos en el modelo fin

Imagen 13. Recomendaciones para implementar en el desarrollo y planeación de proyectos.

Mantenimiento



Te presentamos una serie de actividades recomendadas por los diferentes fabricantes para garantizar la mayor productividad posible de una instalación solar fotovoltaica de forma que se logre minimizar los tiempos de parada ya sea por una falla en el sistema o por un mal funcionamiento de esta.

Generalmente las instalaciones solares fotovoltaicas son sistemas que requieren muy poco mantenimiento, pero deben seguir las recomendaciones dadas por los fabricantes y los instaladores para garantizar el tiempo de su vida útil.

El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es de carácter preventivo y correctivo. No tiene partes móviles sometidas a desgaste, ni requiere cambio de piezas ni lubricante. Entre otras cuestiones, es muy oportuno realizar revisiones periódicas de las instalaciones, para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente.

El mantenimiento de la instalación solar fotovoltaica lo puede realizar el usuario final de la instalación solar fotovoltaica (mediante operarios calificados), o bien una empresa externa homologada y autorizada por los distintos fabricantes de los equipos suministrados, a fin de no perder la garantía legal de los distintos equipos. Se recomienda tener una prevención de riesgos en estas labores ya que se realizan labores de trabajo en altura y trabajos con riesgo eléctrico.

Para facilitar las labores de mantenimiento el usuario de la instalación deberá disponer de planos actualizados y definitivos de la instalación solar, en el que queden reflejados los distintos componentes de esta.

Plan de mantenimiento del sistema solar fotovoltaico

Se debe disponer de un stock de repuestos y herramientas necesarias para cumplir con las labores de mantenimiento, acordes al tamaño de la instalación. Así mismo, generar informes de cada una de las tareas, según procedimientos internos, a fin de optimizar costes de mantenimiento y poder predecir futuras averías no deseadas en la instalación.



Paneles solares fotovoltaicos

Por su propia configuración carente de partes móviles, los paneles fotovoltaicos requieren muy poco mantenimiento. Dos aspectos para tener en cuenta primordialmente son, por un lado, asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos, y por el otro, mantener limpia la parte expuesta a los rayos solares de los módulos fotovoltaicos. El mantenimiento consiste en:

- **Limpieza periódica del panel:** la suciedad que pueda acumular el panel puede reducir su rendimiento, las capas de polvo que reducen la intensidad del sol no son peligrosas y la reducción de potencia no suele ser significativa. Las labores de limpieza de los paneles se realizarán mensualmente o bien después de una lluvia y que se observe una capa de suciedad que pueda afectar el rendimiento. La limpieza se realizará con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos). Preferiblemente se hará fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel.
- **Inspección visual de posibles degradaciones:**
 - Se controlará que ninguna célula se encuentre en mal estado (cristal de protección roto, normalmente debido a acciones externas).
 - Se comprobará que el marco del módulo se encuentra en correctas condiciones (ausencia de deformaciones o roturas).
- **Control de la temperatura del panel:** se controlará, a ser posible mediante termografía infrarroja, que ningún punto del panel esté fuera del rango de temperatura permitido por el fabricante.
- **Control de las características eléctricas del panel:** se revisará el estado de las conexiones, entre otros:
 - Ausencia de sulfatación de contactos.
 - Ausencia de oxidaciones en los circuitos y soldadura de las células normalmente debido a la entrada de humedad.
 - Comprobación de estado y adherencia de los cables a los terminales de los paneles.
 - Comprobar la toma a tierra y la resistencia de paso al potencial de tierra.
 - Temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja.

Estructura soporte de los paneles:

- Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, entre otros).
- Comprobación del estado de fijación de la estructura a cubierta. Se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se sustituirá por otro nuevo.
- Comprobación del estado de fijación de módulos a la estructura.
- Comprobación de la conexión a tierra.

Cajas de conexión

- Comprobar el correcto anclaje de la caja a la estructura soporte correspondiente y horizontalidad de esta, asegurándose de que la tornillería está correctamente apretada (comprobando el par de apriete si es necesario), sustituyendo algún elemento de fijación si se encuentra en mal estado.
- Comprobar que la carcasa de la caja se encuentra en correcto estado y no presenta síntomas de deterioro debido a agentes externos. Sustituirla en caso necesario.
- Comprobar si se ha acumulado agua en el interior de la caja. Si es así, absorber el agua que haya, comprobar la causa de la infiltración y subsanar el defecto.
- Comprobar las etiquetas de advertencias de peligro tanto en el exterior como en el interior del equipo y si son ilegibles o están dañadas reponer estas.
- Realizar una inspección visual de los fusibles existentes.
- Comprobar la tensión en los bornes de conexión y en los conectores, y verificar que se encuentren en los niveles adecuados de funcionamiento.
- Controlar la firmeza del apriete de todas las conexiones del cableado eléctrico y, si fuera necesario, apretarlas. Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan decoloración o alteraciones de otro tipo. Cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de contacto oxidados.
- Comprobar el descargador de sobretensión.
- Es recomendable comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja.



Inversores

Son de los equipos más delicados de la instalación y como tal requieren un mantenimiento más exhaustivo. Los intervalos de mantenimiento dependen de la ubicación del equipo y de las recomendaciones del fabricante.

Mensual

- Lectura de los datos archivados y de la memoria de fallos.

Semestral

- Limpieza o recambio de las esteras de los filtros de entrada de aire.
- Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.

Anual

- Limpieza del disipador de calor del componente de potencia.
- Comprobar cubiertas y funcionamiento de bloqueos.
- Inspección de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua en el interior del armario de distribución.
- Si es necesario, limpiar el inversor y tomar las medidas pertinentes.
- Revisar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico y, dado el caso, apretarlas.
- Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan descoloración o alteraciones de otro tipo. En caso necesario, cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.
- Comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja.
- Inspeccionar y reponer las etiquetas de indicación de advertencia.
- Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y atender a ruidos. Los ventiladores pueden ser encendidos si se ajustan los termostatos o durante el funcionamiento.
- Revisión de funcionamiento de la calefacción.
- Verificar el envejecimiento de los descargadores de sobretensión y, de ser necesario, cambiarlos.
- Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes y, dado el caso, engrase de los contactos.
- Revisión de funcionamiento de los dispositivos de protección.
- Comprobación de funcionamiento de la parada de emergencia.

Debido al peligro inminente por riesgo eléctrico, las operaciones de mantenimiento se deben realizar con los inversores desconectados y sin tensión.

Conductores eléctricos:

La parte más delicada de los conductores eléctricos corresponde a los de corriente continua que se encuentran sobre la cubierta, por estar sometida a las inclemencias atmosféricas y agentes externos. El mantenimiento de los conductores eléctricos consiste en:

Semestral

- Comprobación del estado de la cubierta y aislamiento de los cables, así como las protecciones mecánicas de los mismos. Si presenta algún síntoma de deterioro, sustituir el tramo completo.
- Comprobar el estado de empalmes y conexiones (sulfatación de contactos, óxido, entre otros) sustituir las terminaciones en caso de síntomas de deterioro de estas.

Cada cinco años

- Comprobación (medición) del aislamiento entre fases y entre cada fase y neutro.

Sistema de puesta a tierra

Es imprescindible mantener la puesta a tierra en óptimas condiciones ya que de esta depende el correcto funcionamiento de las protecciones que dependen de ella. Las operaciones de mantenimiento a realizar son:

Anual

- Comprueba la continuidad eléctrica y reparación de los defectos encontrados en los distintos puntos de puesta a tierra (masas metálicas, enchufes, neutros de los equipos, entre otros).

Cada dos años

- Comprobación de la línea principal y derivadas de tierra, mediante inspección visual de todas las conexiones y su estado frente a la corrosión, así como la continuidad de las líneas. Reparación de los defectos encontrados.
- Comprobación de que el valor de la resistencia de tierra sigue siendo inferior a la inicial cuando se construyó el proyecto. En caso de que los valores de resistencia a tierra obtenidos fuesen superiores al indicado, se deben tomar las acciones correspondientes para restablecer los valores de resistencia a tierra del proyecto. (Fernández & Ruiz, s. f.)

Bibliografía

- NTC 4405,1998. Eficiencia energética. Evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes.
- Guía de especificaciones de sistemas fotovoltaicos para la energización rural dispersa en Colombia, Versión 1, 2003, Unión Temporal ICONTEC – AENE.
- NTC 2050,1998. Código eléctrico colombiano, sección 690, sistemas solares fotovoltaicos.
- RETIE 2013, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, paneles solares fotovoltaicos.
- Guía de paneles fotovoltaicos, Academia Nacional de Bomberos de Chile, 2017.
- Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos, programa techos solares públicos, 2016.
- Fernández, M. C., & Ruiz, F. D. (s. f.). Manual de mantenimiento, 28.
- Norma RA9-001 Conexión de autogeneradores y generadores distribuidos a los sistemas de distribución de energía eléctrica del Grupo EPM.
- Chile, Academia Nacional de Bomberos de s.f. http://www.anb.cl/documentos_sitio/Guia_paneles_fotovoltaicos.pdf.
- Energía, Ministerio de Minas y s.f. <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>.
- <https://www.sfe-solar.com/noticias/page/3/>
- <https://www.irena.org/>
- https://static.trinasolar.com/sites/default/files/ES_02_PS-M-0525_A_User_Manual-Frame_201706.pdf

Guía de sensibilización de riesgos en sistemas solares fotovoltaicos

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial de ninguna parte de esta obra, ni su comercialización ni publicación en cualquier medio, sin el permiso previo y escrito de SURA. S.A
© Propiedad Intelectual de SURA S.A., 2020

Línea de atención **01 800 051 8888**
Bogotá, Cali y Medellín **437 8888** Desde tu celular **#888**

segurossura.com.co

