



Cómo tomar las decisiones correctas de inspección para activos solares

Desde la fábrica a la instalación Solar

Javier Mota, Senior Manager *Engineering Services, Intertek CEA*

Esteban Marinone, *Field Testing Engineer, Intertek CEA*



Panorama general de la empresa



Intertek CEA (antes Clean Energy Associates) forma parte de Intertek, un proveedor líder mundial de soluciones integrales de aseguramiento de la calidad, y cuenta con presencia en **15 países**.

Nuestro trabajo se centra en la **energía solar y el almacenamiento**, abarcando todos los componentes desde la fábrica hasta el campo, a través de 5 unidades de negocio:

- Gestión de la cadena de suministro
- Control de Calidad
- Servicios de ingeniería
- Inteligencia de mercado
- ESG & Trazabilidad

85+

Países atendidos

280+ GW
65+ GWh

Experiencia en proyectos

350+

Fábricas de solar / almacenamiento involucradas

Somos
intertek
Compañía

12,000+

Audidores, inspectores, personal técnico

45,000

Empleados

340,000+

Inspecciones y visitas técnicas por año

1,000+

Laboratorios y oficinas



aerial pv
inspection

25 GW+

De inspecciones con dron

3 GW

De activos FV analizados para
detectar anomalías de EL

25+

Países atendidos

Pioneros

En la obtención
imágenes de EL
mediante drones

Aerial PV Inspection GmbH (AePVI) está especializada en mediciones de electroluminiscencia de alta resolución y gran volumen, aplicando a diversos diseños de sistemas fotovoltaicos (instalaciones en suelo, cubiertas, fachadas y plantas flotantes), utilizando las plataformas de sensores necesarios, como drones, trípodes, sistemas multicámara o grúas y aplicaciones especiales.

Las mediciones combinadas, tanto eléctricas como basadas en imágenes (VI, IR, UV-FL, etc.), realizadas mediante hardware propio y aplicaciones de software con inteligencia artificial, constituyen la base para la inspección y el análisis de la calidad de los módulos, desde la fábrica hasta su implementación en campo.

- Evaluación de imágenes de fábrica
- Inspección de mercancías entrantes in situ
- Puesta en marcha en campo
- Evaluación de daños

intertek
cea

+



aerial pv
inspection



Unión de fuerzas

Escala global + Tecnología de vanguardia

- Proyectos atendidos en 85 países , 350 fábricas y una innovación en inspección impulsada por inteligencia artificial

Trazabilidad de calidad desde la fábrica hasta el campo

- Inteligencia completa sobre el ciclo de vida del módulo, desde la fabricación hasta las operaciones

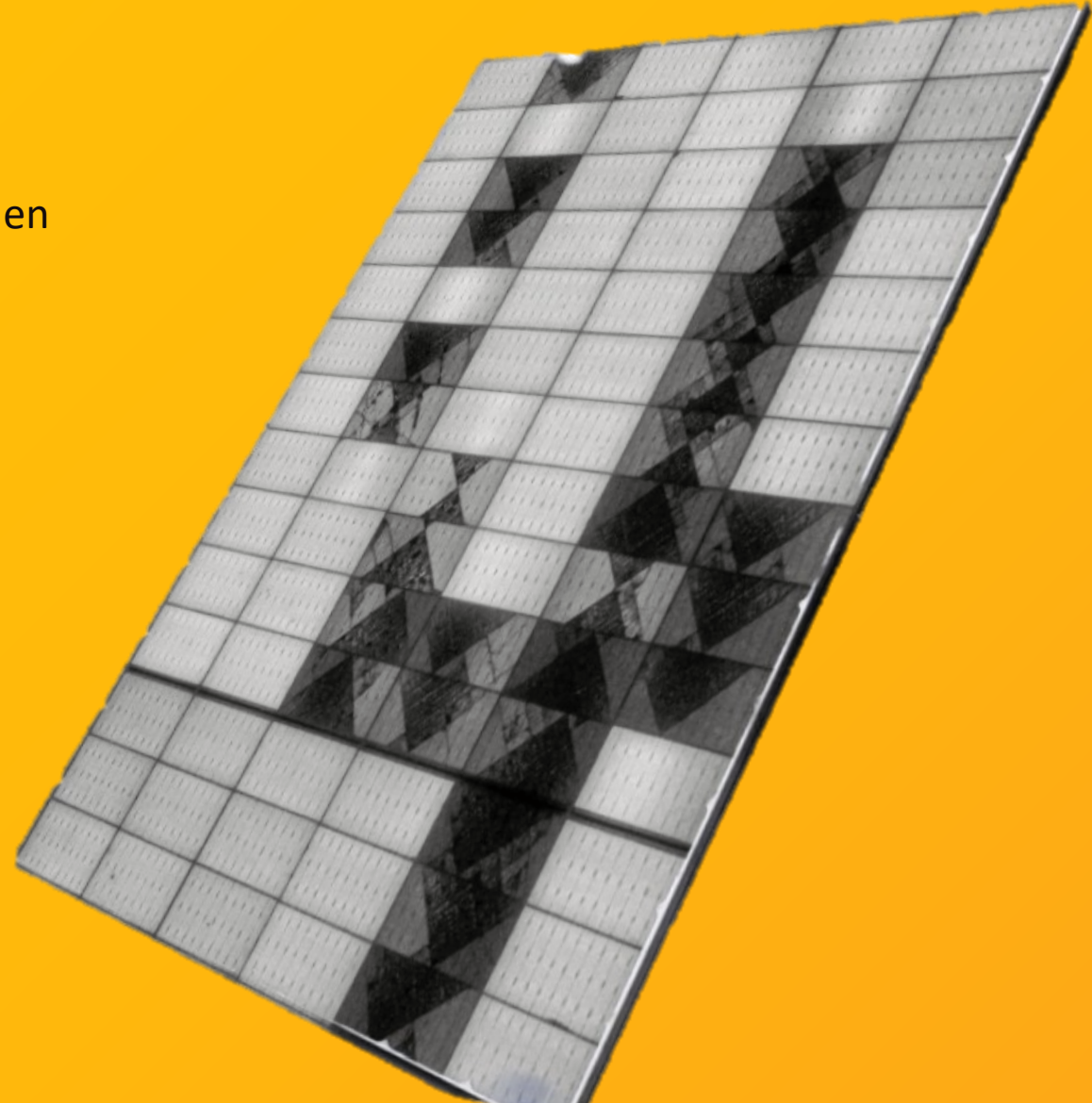
Liderazgo tecnológico

- Sistemas de electroluminiscencia mediante drones, plataformas terrestres y configuraciones multicámara.
- Analítica de imágenes y detección de defectos basada en IA.

Experiencia líder en el mercado

- Más de **280 GW** en proyectos con aseguramiento de la calidad y **25 GW+** en inspecciones con drones.
- Más de **25 años** de experiencia combinada entre las empresas del grupo.

you'll be amazed where you find **intertek**



El mercado de las inspecciones FV:

Necesidades, actores y enfoques





Puesta en marcha y reclamaciones de garantía

Comparar imágenes de electroluminiscencia tomadas en fábrica, tras el envío y en campo para determinar responsabilidades y respaldar reclamaciones.



Due Diligence

Identifique problemas ocultos antes de la adquisición o refinanciación de activos. Muestra representativa de una inspección completa del emplazamiento.



Documentación para seguros

Obtenga evidencia tras tormentas o granizo mediante técnicas de imagen de alta precisión y una clasificación confiable de los defectos. Apoye disputas de garantía con pruebas irrefutables.



Monitoreo de degradación

Realizar inspecciones periódicas para identificar defectos a través del tiempo y manejar proactivamente los riesgos.

Interesados con necesidades diferenciadas



EPC

Suele estar obligado a realizar determinadas pruebas y ejecutará aquello que el contrato exija.



Desarrollador

Necesita asegurarse de que los proveedores y el EPC cumplan las especificaciones, las garantías y lo prometido. Debe entregar un activo libre de preocupaciones.



Comprador / Inversor / Propietario

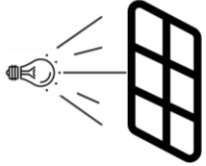
Se interesa por el rendimiento y la operación segura del activo durante toda su vida útil o en el momento de la adquisición. Busca tranquilidad y certeza.



Aseguradora

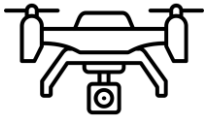
Requiere evidencia indiscutible de daños en bienes o activos.

Los proveedores ofrecen aquello en lo que son más competentes



Laboratorios de ensayo

Ofrecen de forma natural servicios de prueba, a veces con soluciones de laboratorio móvil, poniendo el foco en el rendimiento y la precisión en entornos controlados.



Proveedores de plataformas

Promueven la termografía (ensayos IR), ya que es una técnica que pueden escalar y operar fácilmente a nivel global.



Empresas especializadas en inspecciones por electroluminiscencia

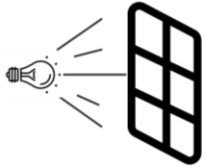
Propondrán la electroluminiscencia como herramienta principal y, con frecuencia, recomendarán tamaños de muestra acordes con su metodología.



Especialistas eléctricos

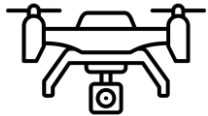
Ofrecen una revisión integral del rendimiento y la identificación de fallos mediante mediciones realizadas directamente en el emplazamiento.

Los proveedores ofrecen aquello en lo que son más competentes



Laboratorios de ensayo

Ofrecen de forma natural servicios de prueba, a veces con soluciones de laboratorio móvil, poniendo el foco en el rendimiento y la precisión en entornos controlados.



Proveedores de plataformas

Promueven la termografía (ensayos IR), ya que es una técnica que pueden escalar y operar fácilmente a nivel global.



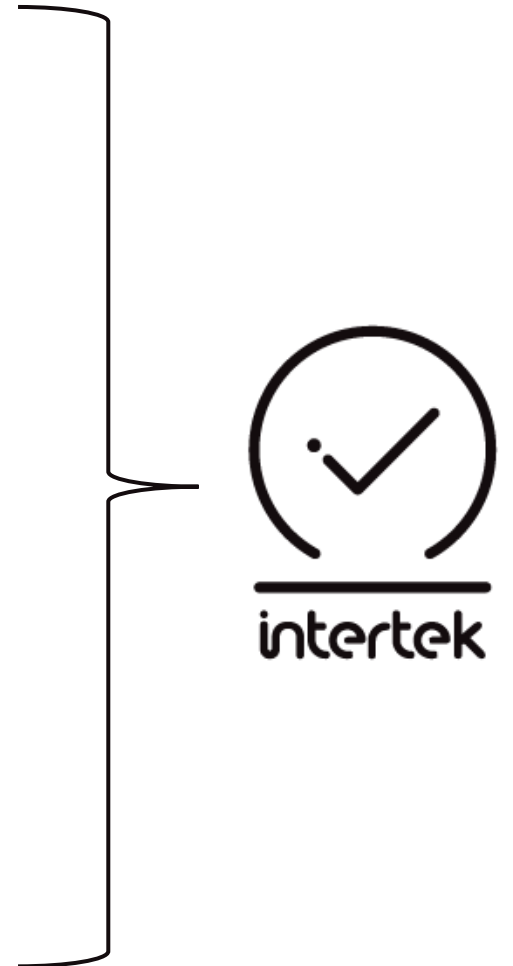
Empresas especializadas en inspecciones por electroluminiscencia

Propondrán la electroluminiscencia como herramienta principal y, con frecuencia, recomendarán tamaños de muestra acordes con su metodología.



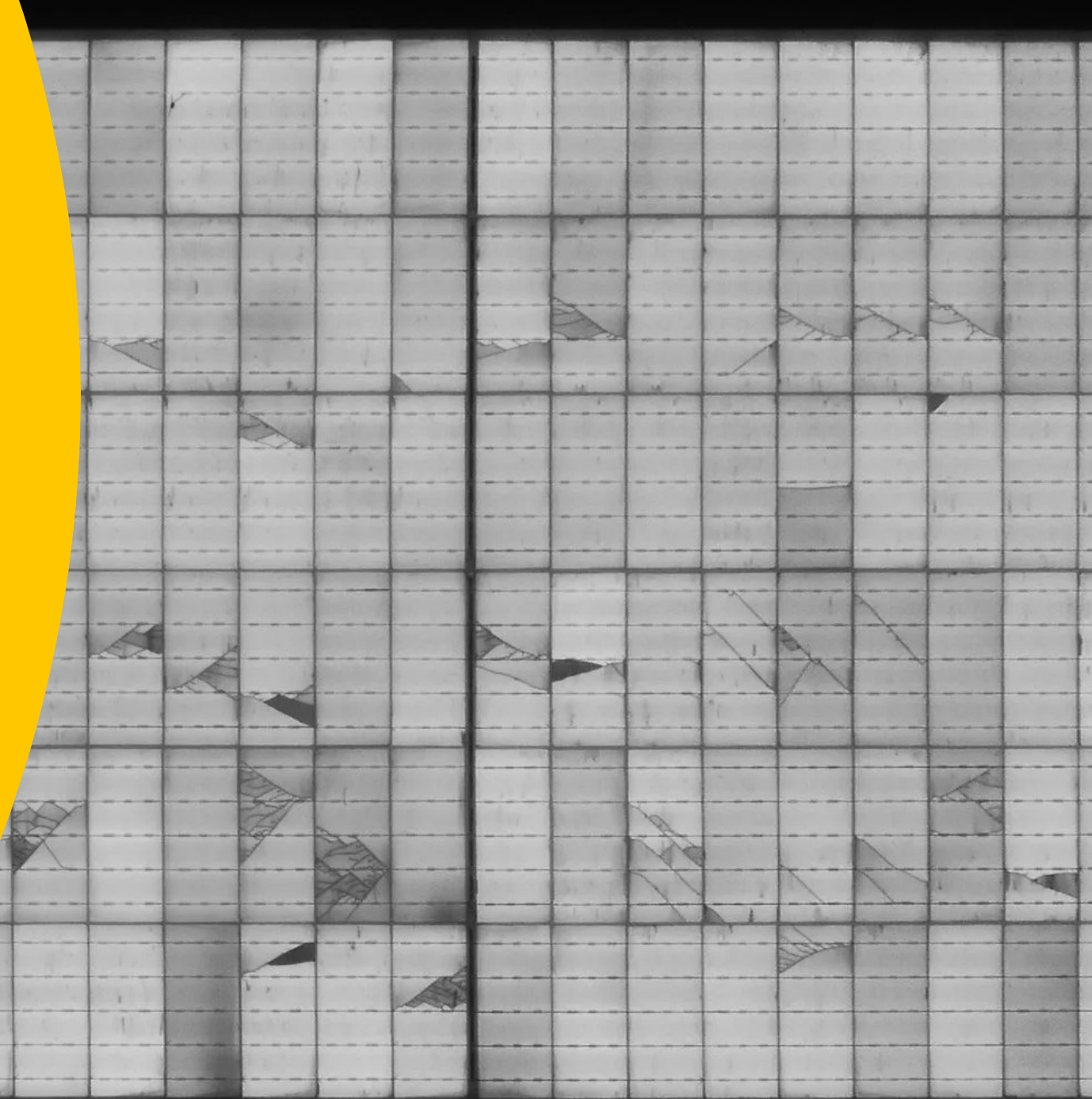
Especialistas eléctricos

Ofrecen una revisión integral del rendimiento y la identificación de fallos mediante mediciones realizadas directamente en el emplazamiento.



Daños en módulos FV:

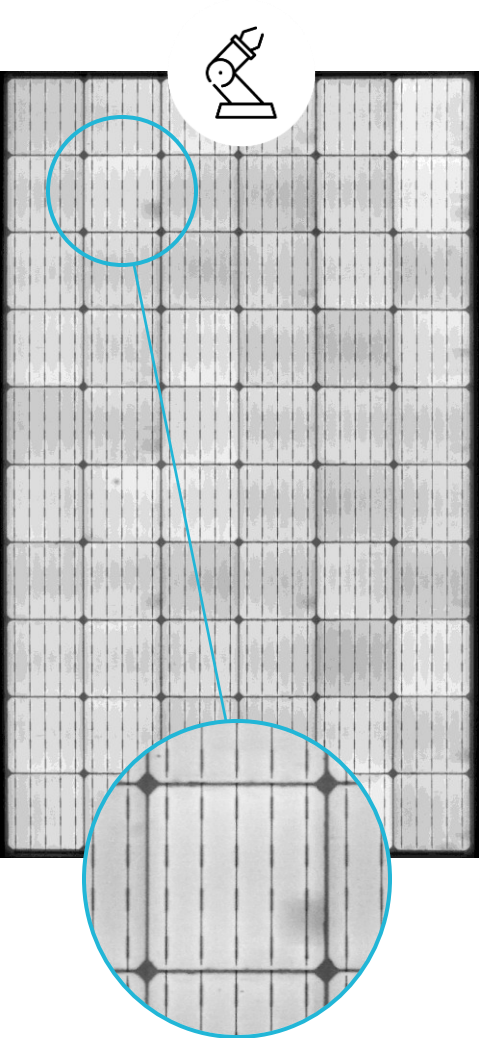
**Ciclo de vida y mecanismos
de fallo**



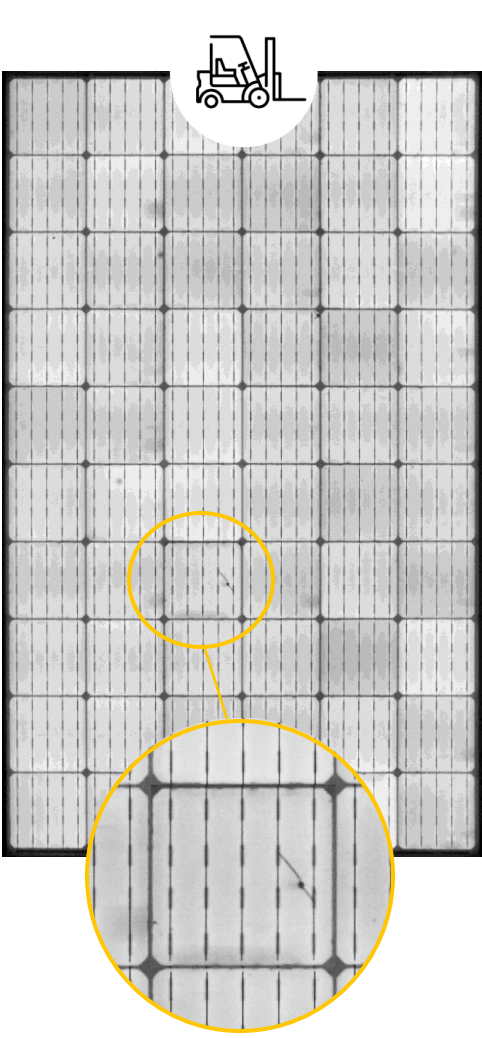
Daños en módulos FV



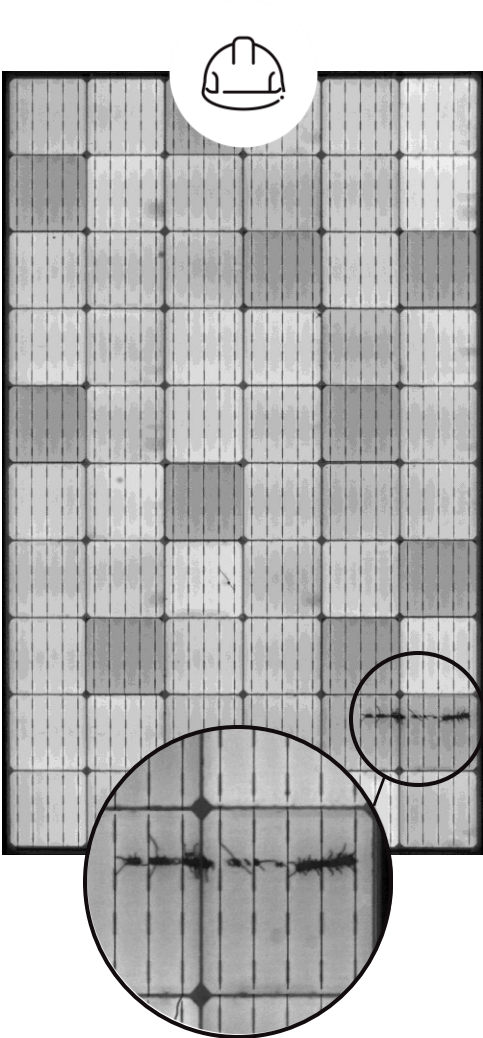
Producción



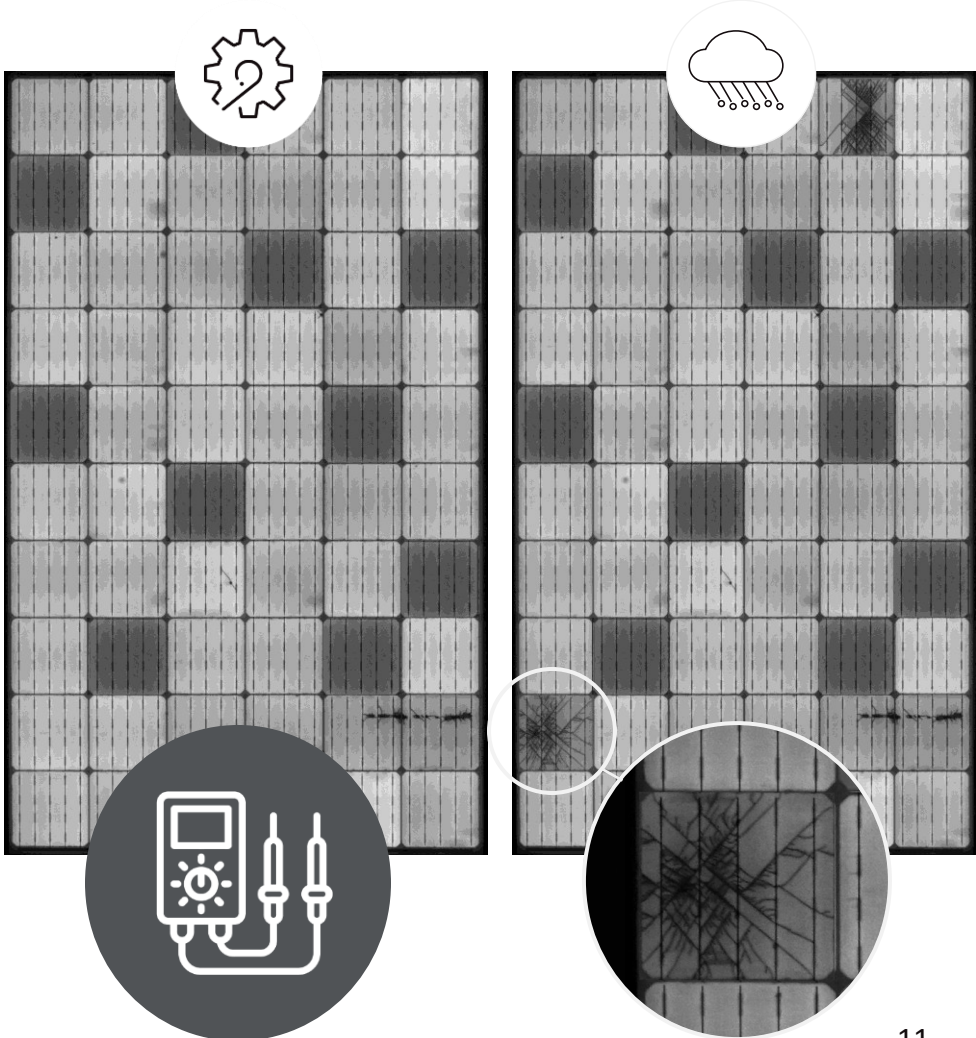
Transporte



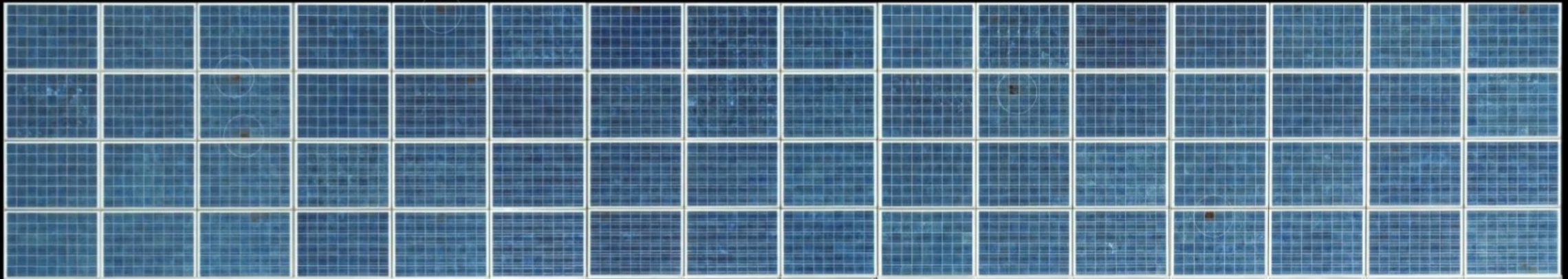
Instalación



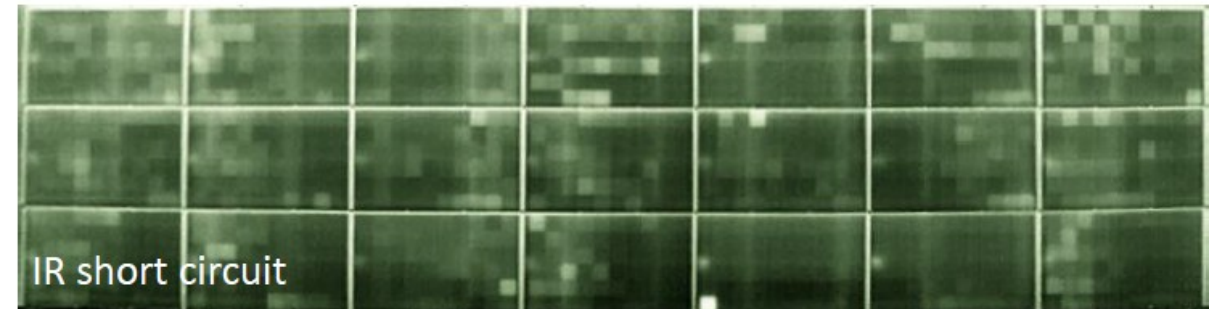
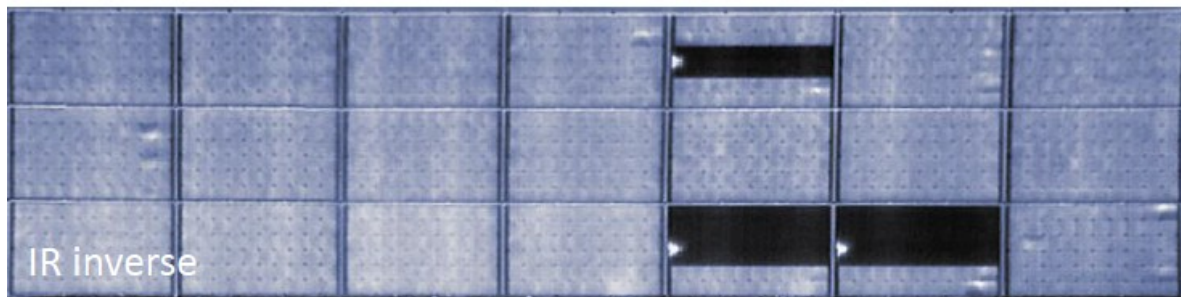
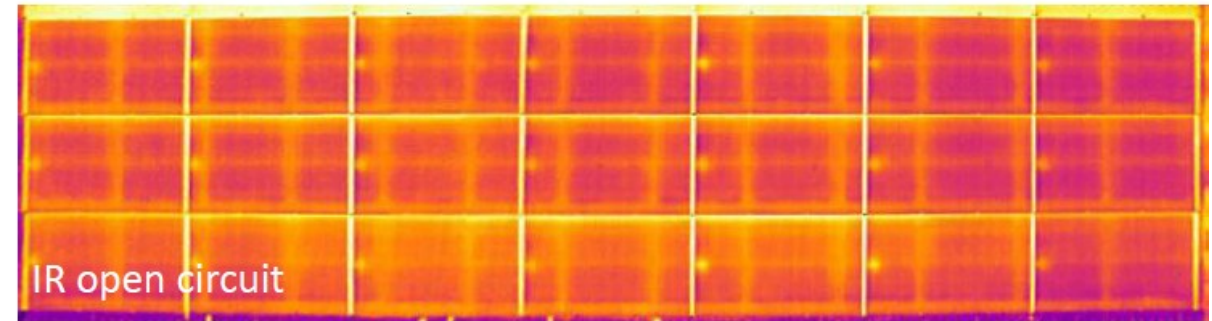
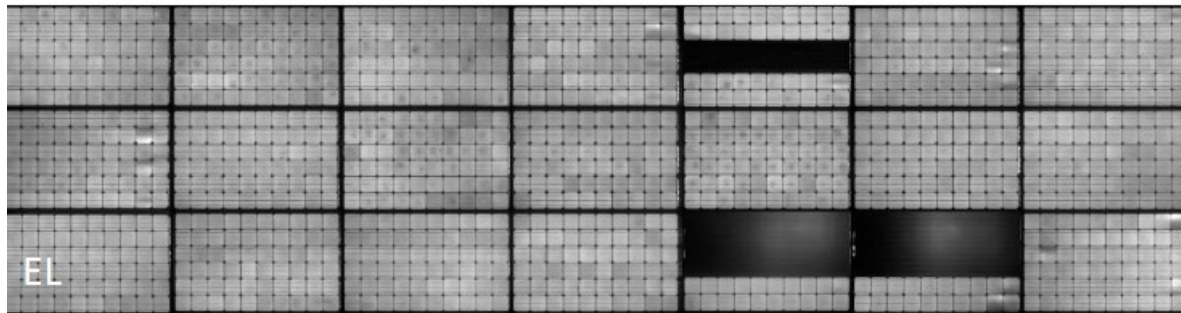
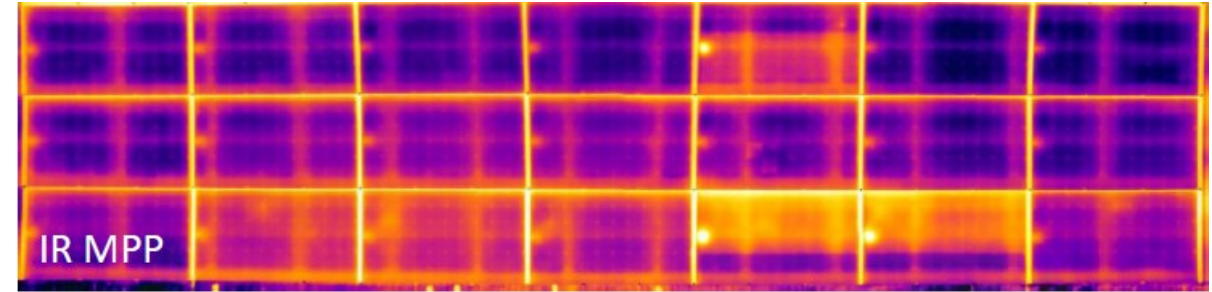
Operación, Mantenimiento, Eventos climáticos



¿Cuál es el método de inspección más adecuado?



¿Cuál es el método de inspección más adecuado?



Elección de la plataforma de EL adecuada



Trípode EL

- Registro de módulos individuales
- Hasta 200 módulos por noche
- Equipo flexible y ligero; fácil de transportar en avión



Sistemas multicámara

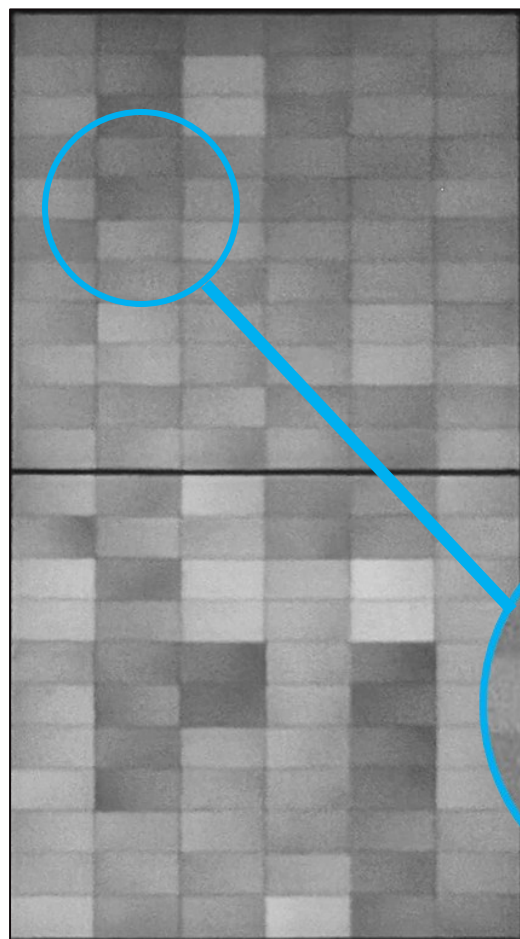
- Adecuado para parques con más de una fila de módulos
- Hasta 10 cámaras
- Máxima resolución y calidad de imagen
- Miles de imágenes por noche



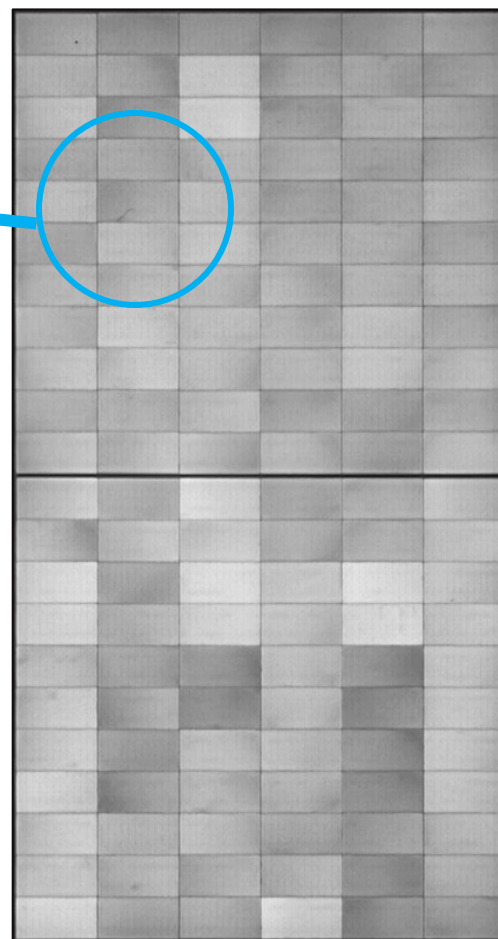
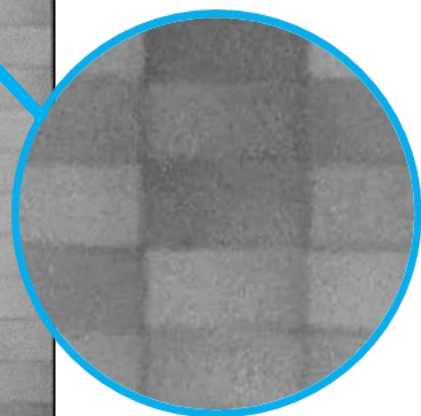
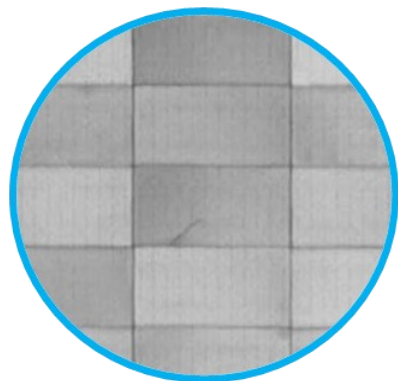
EL mediante drones

- Ideal para cubiertas, fachadas o FV flotante
- Requiere permiso de vuelo
- Depende de la meteorología
- Posibilidad de vuelos a mayor altura para obtener vistas generales

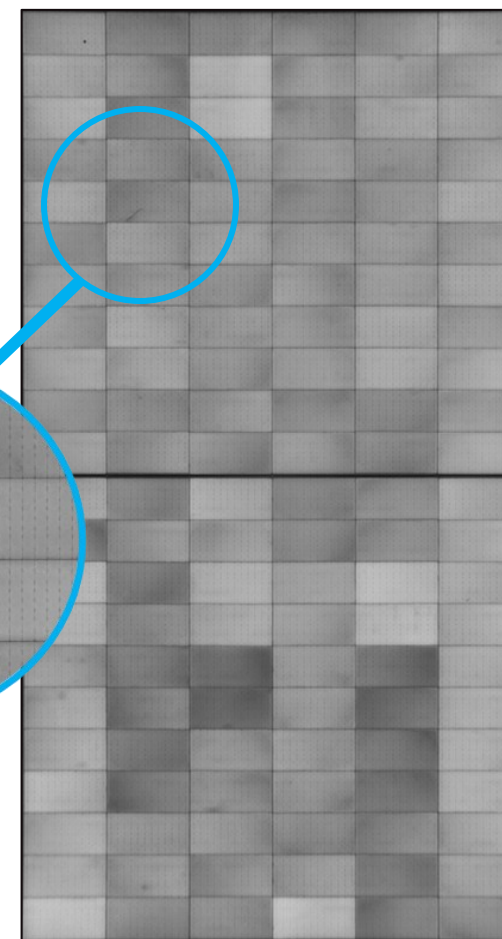
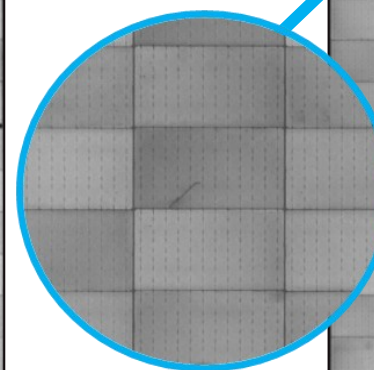
Calidad de imágenes de EL



EL- Drone Escaneo rápido*



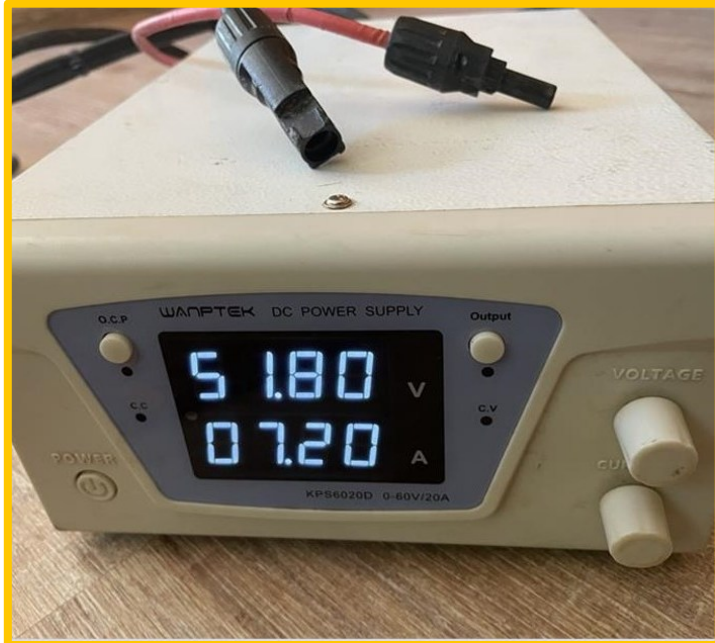
EL- Drones*



**EL- Trípode*/EL -
multicámara**

*La calidad puede variar en función del tipo de módulo y de las condiciones de medición.

Energización de los módulos / strings



A nivel de módulo

- Equipos ligeros, alrededor de 70 V / 15 A
- Fáciles y seguros de operar de operar
- Ajustables para cada módulo, si es necesario



A nivel de string

- Operativas antes de instalar inversores o transformadores.
- Compatibles con cualquier tipo de equipo.
- Permiten pruebas adicionales como diodos bypass y aislamiento.



Desde el inversor

- Solo algunos inversores disponen de esta funcionalidad
- Requiere más de 1.500 V / 10 A
- Método muy rápido y eficiente, pero limitado a activos nuevos con hardware compatible.

Fábrica

Inspección previa al envío



Inspección previa al envío

Propósito: Verificación independiente por un tercero de que los módulos cumplen las especificaciones, basada en una muestra representativa.

Práctica en la industria



Flasher / Curvas I-V



Inspección visual



Tests de electroluminiscencia



Hi-Pot o test de aislamiento



Muestreo según ISO 2859 con niveles AQL basados en criterios de aceptación previamente acordados.

Considerar:



Revisión 100 % independiente de imágenes EL de fábrica, impulsada por inteligencia artificial.



Diferentes criterios de inspección

Los criterios se negocian entre el proveedor y el comprador.

- Cada proveedor o fabricante establece sus propios criterios de inspección.
- Los criterios pueden variar según el poder de compra y el tipo de producto.
- Normalmente, estos criterios no contemplan problemas que puedan surgir a lo largo del ciclo de vida del módulo.
- El uso de machine learning es complejo debido a la variabilidad de criterios; puede requerirse un aprendizaje específico por proyecto.

缺陷名称 Inspection Name	缺陷描述 Defect Description	缺陷等级 Defect Category	检测方法 Inspection Method	允收标准 OK criteria	拒收标准 NG criteria	缺陷严重性 Defect severity	IN CRITERIA	OUT OF CRITERIA	NT criteria for Audit
微裂纹 Micro Crack	单线型微裂纹 Single crack - Line shape	Minor	目视 No CR picture	不允许 Not allowed	不允许 Not allowed	Minor			Q15 5% Q5 2 Ld<(1/15)*Lc
微裂纹 Micro Crack	单线型微裂纹 Single crack - Line shape	Major	目视 No CR picture	不允许 Not allowed	不允许 Not allowed	Major			Q2 ≤ 3% Q5 1 Ld<(1/15)*Lc
微裂纹 Micro Crack	V,Y,X 形状微裂纹 V,Y,X shape	Minor	目视 No CR picture	不允许 Not allowed	不允许 Not allowed	Minor			Q3 ≤ 3% Q5 2 Ld<(1/20)*Lc
微裂纹 Micro Crack	V,Y,X 形状微裂纹 V,Y,X shape	Major	目视 No CR picture	不允许 Not allowed	不允许 Not allowed	Major			Q3 ≤ 2% Q5 1 Ld<(1/20)*Lc
枝状微裂纹 Dendritic cracks, Tree Shape	枝状微裂纹 Dendritic cracks, Tree Shape	Critical	目视 No CR picture	不允许 Not allowed	不允许 Not allowed	Critical	X		Not allowed
破碎电池 Broken cell	破碎电池 Broken cell	Major	目视 No CR picture	不允许 Not allowed	不允许 Not allowed	Major			not obvious separated of the chips A5 3%*, Q5 1, Q5 3%* (=4 cells max per module 144 cells)
黑片 Black cell	黑片 Black cell	Critical	目视 No CR picture	不允许 Not allowed	不允许 Not allowed	Critical	X		Not allowed

Letter	Definition	Letter
L	Length of defect	Q
L'	Length of full cell or long side of half cell	D
W	Width of defect	A
Ld	Lightness and darkness difference	C

缺陷判定 Defect grade	缺陷描述 Description	缺陷示意图 Images	判定标准 Judgement standard	
			前道 EL 测试 Pre-EL	后道 EL 测试 Post-EL
MA	电池片四角呈现出的黑色三角 Black triangle area Appears on the four corners of cell		1、Sp≤1/20 Ld, 数量不计 allowed; 2、Sp> 1/15 Ld, 不允许 Not allowed; 3、1/20<Sp≤1/15 Ld, Q≤10% HC;	1、Sp≤1/20 Ld, 数量不计 allowed; 2、Sp > 1/15 Ld, 不允许 Not allowed; 3、1/20<Sp≤1/15 Ld, Q≤10% HC;
CR	电池片或电池串全黑状态 Cell or cell string is deep black		不允许 Not allowed	不允许 Not allowed
MA	电池片局部发亮且主栅线无法看清 Some area of the cell is more brighter, and busbar is misty.		不允许 Not allowed	不允许 Not allowed
MA	电池片中间区域表现具有轮廓的灰黑色圆形区域 Gray and dark area with obvious circular outline on the center of cell		不允许 Not allowed	不允许 Not allowed

¡Atención! Verifique que las imágenes EL entregadas corresponden realmente a los módulos que ha adquirido.

Problemas de soldadura

El punto débil de todo módulo FV

Estándar de la industria:

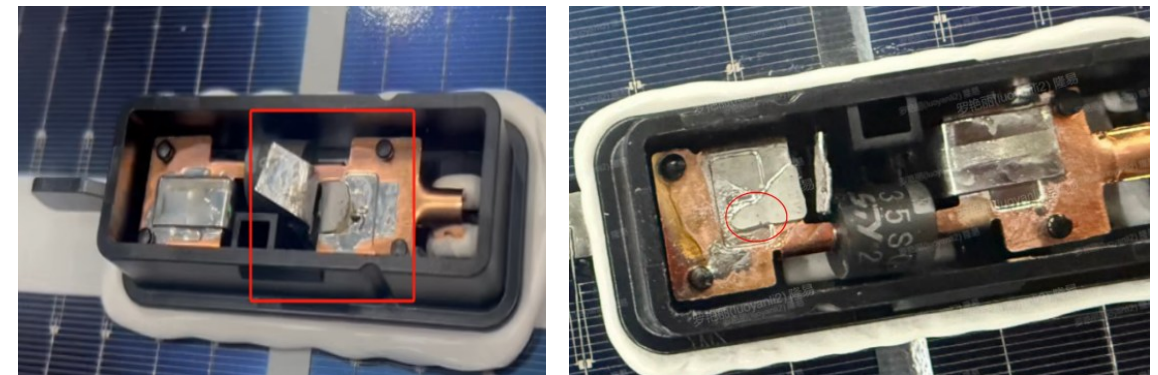
- Inspección en línea al 100 % mediante sistemas de cámaras con IA
- Pruebas al 100 % de curva IV y EL

El problema:

- Ni las pruebas EL ni las pruebas de potencia en fábrica identificarán una unión de soldadura imperfecta.
- Si existe contacto, la corriente fluirá.
- Tasas de fallo muy pequeñas (por ejemplo, $< 0,1\%$).
- No existe actualmente ningún método de prueba en línea que detecte conexiones de soldadura defectuosas que se sueltan con el tiempo.

Resultado:

- Riesgo residual de eventos térmicos en varios módulos por MW.



Campo

Inspección post envío

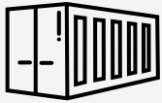


Pruebas de aceptación en sitio (Recepción de mercancías)



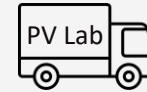
Propósito: Verificar los productos de fábrica y comprobar daños de transporte.

Practica de la industria:



Habitación oscura / contenedor para pruebas de EL en sitio

A veces:



Laboratorio móvil para pruebas EL/IV testing



Insuficiente para una reclamación de garantía de potencia debido a la incertidumbre y a la aceptación del proveedor

Mejores prácticas:



Inspección visual con escaneo de números de serie



Imágenes de EL con alta resolución



Herramientas de análisis mediante IA para detección de defectos



Inspección eléctrica (LBPD test)



Pruebas de laboratorio de alta precisión en caso de que las SAT muestren problemas

Documentación precisa de daños de transporte y comparación con imágenes de fábrica posible.

Separar módulos para strings/mesas de referencia ("Golden Rows").

En campo

Puesta en marcha



Puesta en marcha / Inspección repetida

Propósito: Detectar daños de producción o instalación, así como efectos de degradación (LeTID, UVID, etc.)

Dependiendo de las necesidades del cliente



100 % termografía, muestreo según niveles de AQL o incluso inspección 100% de EL

Mejores prácticas:



100 % termografía



Inspección EL de alta resolución del 1 % al 10 % de los módulos, incluyendo escaneo de números de serie.



Pruebas de Diodo Bypass Perdido (LBPD) en los módulos o cadenas seleccionados.



Herramienta de analítica con IA para detección de fallos y verificación frente a las imágenes EL de fábrica.



Para inspecciones repetidas o de fin de garantía, se incorpora análisis de datos de monitorización para dirigir la inspección de forma más precisa.

Medir strings/mesas de referencia (“Golden Rows”) y compararlas con muestras aleatorias.

Campo

**Respuesta ante
eventos**



Respuesta ante eventos

Propósito: Detectar módulos dañados

Solicitud inicial del cliente:



100 % termografía o 100% inspección EL

Mejores prácticas:

Es necesario que la inspección se adapte al tipo de daños debidos al evento:

Comparación con strings/mesas de referencia (“Golden Rows”).



Granizo: Escaneo EL rápido del 100 % área afectada.



Pérdida de producción no explicada: Termografía al 100 % e inspección EL del 1 % – 5 % , con posibilidad de incluir trazador de curvas IV y pruebas de laboratorio



Daños por cortacésped o robot de limpieza: inspección EL de alta resolución del 1 % – 5 %.

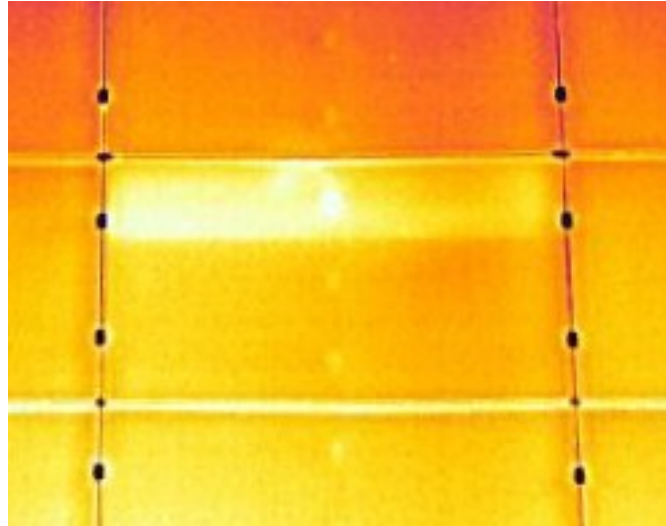
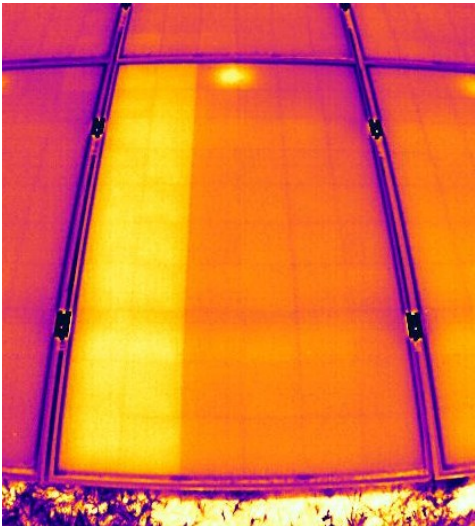


Evento térmico: Termografía al 100% e inspección visual , junto con pruebas de fallos en Diodo Bypass y Substrings

Fallos actuales en sistemas FV

Fallo de substring por diodo bypass

- Conexión defectuosa o faltante del substring
- Pérdida de potencia.
- Se puede detectar con termografía (IR MPP) y/o EL.



Fallo de diodo bypass

- Conexión defectuosa o faltante al diodo de derivación
- Solo se muestra en caso de sombreado, no se detecta en el escaneo térmico estándar
- El módulo puede comenzar a quemarse
- Detecte las cadenas afectadas mediante la alimentación de corriente a través de los diodos.



Preguntas que debe hacerle a su proveedor de inspección

Antes de contratar una inspección EL:



Define el objetivo

¿Cuál es el propósito? Puesta en marcha | Due diligence | Reclamación de garantía | Daños posteriores al evento | Operación y mantenimiento rutinarios



¿Que está buscando?

El tipo de defecto determina las necesidades de resolución:

Se requiere alta resolución : Defectos de fabricación, microfisuras, problemas de celdas

→ Commissioning/línea base

Baja resolución aceptable: Grandes cracks, daños por granizo , PID, UVID, LeTID, fallas evidentes

→ Detección rápida



Diseño del sistema / Estado / Timing / Ubicación

¿Módulos en estructura? → 1V vs. 6H tiene un impacto enorme en la elección del método de inspección

¿Conectado a red? ¿Inversores instalados? → Afecta el método de alimentación

¿Restricciones climáticas o estacionales? → Afecta la programación y la viabilidad de la tecnología elegida

¿Restricciones de ubicación? → Cubierta, suelo, zona inundable, zona de no vuelo

Preguntas que debe hacerle a su proveedor de inspección

Antes de contratar una inspección EL:



Tamaño de muestra

¿Cobertura del 100 % o muestreo representativo? → Pregunta: “¿Qué es estadísticamente válido para mi objetivo?”



Capacidades del proveedor

- ✓ “¿Qué tecnología utilizarán y por qué?” (dron, trípode, multicámara, prueba de módulo individual, laboratorio móvil)
- ✓ “¿Cómo energizan los strings en sistemas como el mío?”
- ✓ “¿Pueden comparar con los datos de referencia de fábrica?”
- ✓ “¿Qué está incluido en los entregables?”
- ✓ “¿Cómo garantizan la calidad y la solidez técnica para reclamaciones?”
- ✓ “¿Qué tengo que organizar yo?” → costos ocultos



Conclusión: *Hacer las preguntas correctas conduce al método de inspección adecuado—ahorrando tiempo, costos y garantizando resultados accionables.*

¡MUCHAS GRACIAS!



info@intertekcea.com



intertekcea.com



intertek
ceda