



# Limpieza de paneles FV. Catálogo de fallas en plantas FV



**NAMA** Facility



Por encargo de:



Ministerio Federal  
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,  
Obras Públicas y Seguridad Nuclear



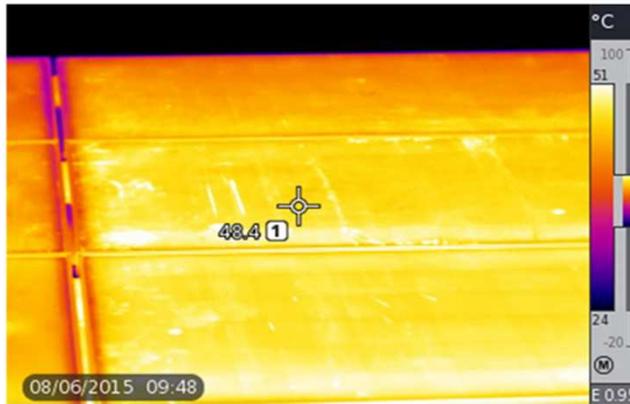
Dipl. Ing. Asier Ukar



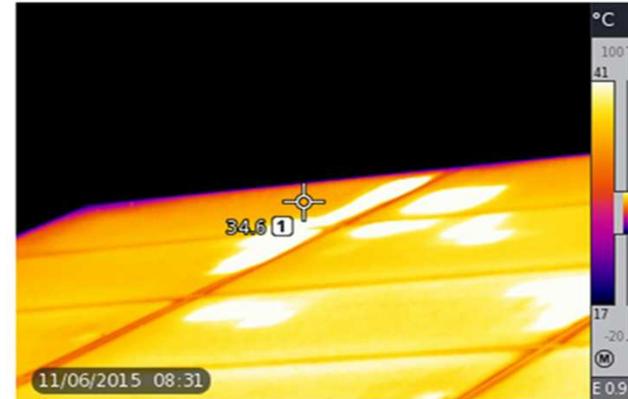
## Agenda

1. Limpieza de paneles FV
2. Catálogo de fallos y distribución de fallas en plantas FV

- El problema:

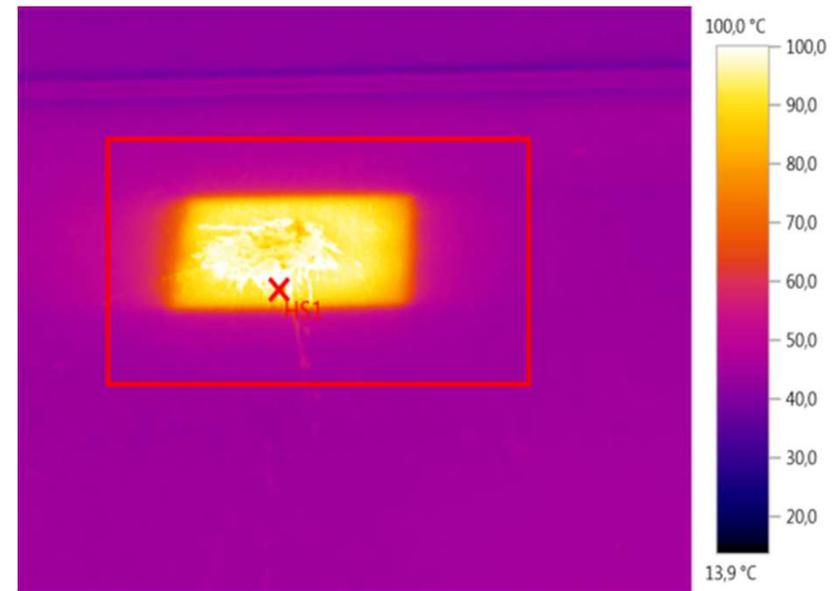


Fase 1: Acumulación de suciedad



Fase 2: Aparición de Hot Spots

- Cuanto más suciedad/polvo, menor cantidad de electricidad producirán los paneles FV
- Mientras que muchos factores influyen en cuánta electricidad producirán los paneles solares, la suciedad en los paneles puede ser uno de los principales problemas pero a veces el más fácil de solucionar



- Polvo generado en zonas agrícolas (especialmente durante la siembra y la cosecha)
- Polvo en la construcción
- Polen
- Excrementos de pájaro: puede minimizarse instalando pinchos, espantapájaros o redes anti-nido
- Polución urbana
- Gases y partículas de origen industrial como por ejemplo restaurantes fábricas



- Los siguientes factores determinan la pérdida por suciedad:
  - Composición físico-química
  - Espesor
  - Inclinación del módulo
  - Humedad relativa del aire (punto de rocío y efecto de auto-limpieza)
  - Disposición horizontal o vertical de los módulos
  - Uso de módulos con o sin marco



## Tipos de sistemas de limpieza

- Limpieza manual
- Limpieza con tractores
- Limpieza robótica



- El limpiar o no y cuándo es una decisión puramente financiera y depende en gran medida de las condiciones ambientales del lugar.
  - **MENA:** es común que los paneles se limpien dos veces al mes
  - **Europa:** es común que la limpieza se lleve a cabo sólo una vez al año o incluso una vez cada tres



- El intervalo ideal de limpieza depende de:
  - Costes de limpieza: éstos se dividen en los costes de personal, uso de equipos y agua. Es común expresar los costes en \$/m<sup>2</sup>.
  - La cantidad de suciedad acumulada sobre los paneles expresada en un porcentaje de pérdidas eléctricas o de irradiación (%/día, %/mes o %/año).
  - Índices de radiación: cuanto mayor sea más sentido tiene la limpieza
  - El precio de venta de la energía (PPA, FiT): cuanto mayor sea más sentido tiene la limpieza
  - Eficiencia de los paneles: cuanto menor sea la eficiencia, más superficie deberá ser limpiada para obtener la misma cantidad de producción.
  - Frecuencia de precipitaciones: algunos operadores de planta confían en la lluvia como único método de limpieza. Es importante sin embargo diferenciar entre la lluvia **torrencial** y la **lluvia fina e intermitente**.

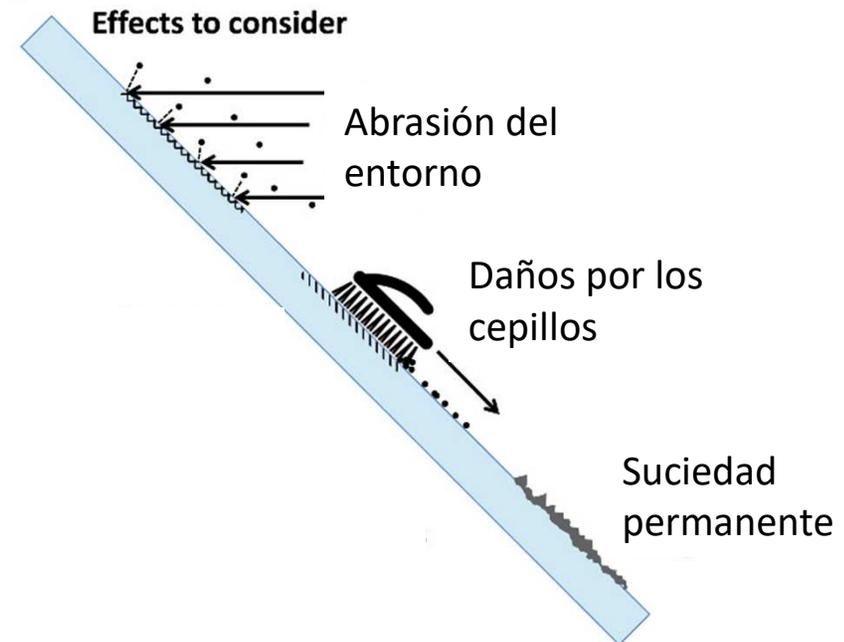
## Consecuencias comerciales asociadas al método de limpieza: certificación

- El impacto de un dispositivo de limpieza en la garantía de los paneles debe ser probado considerando:
  - la fuente de suciedad
  - Las propiedades físico-químicas que componen el polvo
  - La frecuencia de limpieza
  - La calidad del agua empleada (en el caso en el que se use agua)
  - Presión de las mangueras ya sea con agua, aire o vapor



## Consecuencias comerciales asociadas al método de limpieza: riesgos

- Manual:
  - El procedimiento de limpieza manual puede conducir a **rayones en la superficie de cristal**, por ello algunos fabricantes de módulos no permiten limpiar los módulos



- Robots:
  - El cristal podría degradarse debido a una **abrasión más rápida** en regiones desérticas
  - Por ello, el fabricante de módulos suele solicitar una **verificación independiente** antes de aceptar cualquier metodología de limpieza robótica
  - Los robots condicionan la geometría de la estructura de sujeción de los paneles ya que ésta **requiere la incorporación de raíles** para que los robots puedan deslizarse fácilmente y sin interrupciones entre las mesas
  - Los condicionantes mecánicos suelen ser generalmente diferentes entre un fabricante y otro, lo cual supone una **limitación para el dueño de la planta en el caso de que quiera cambiar de robot**
  
- Tractores:
  - **Presión excesiva** en las mangueras
  - **Riesgo de choque** con las filas paneles



## Agenda

1. Limpieza de paneles FV
2. Catálogo de fallos y distribución de fallas en plantas FV

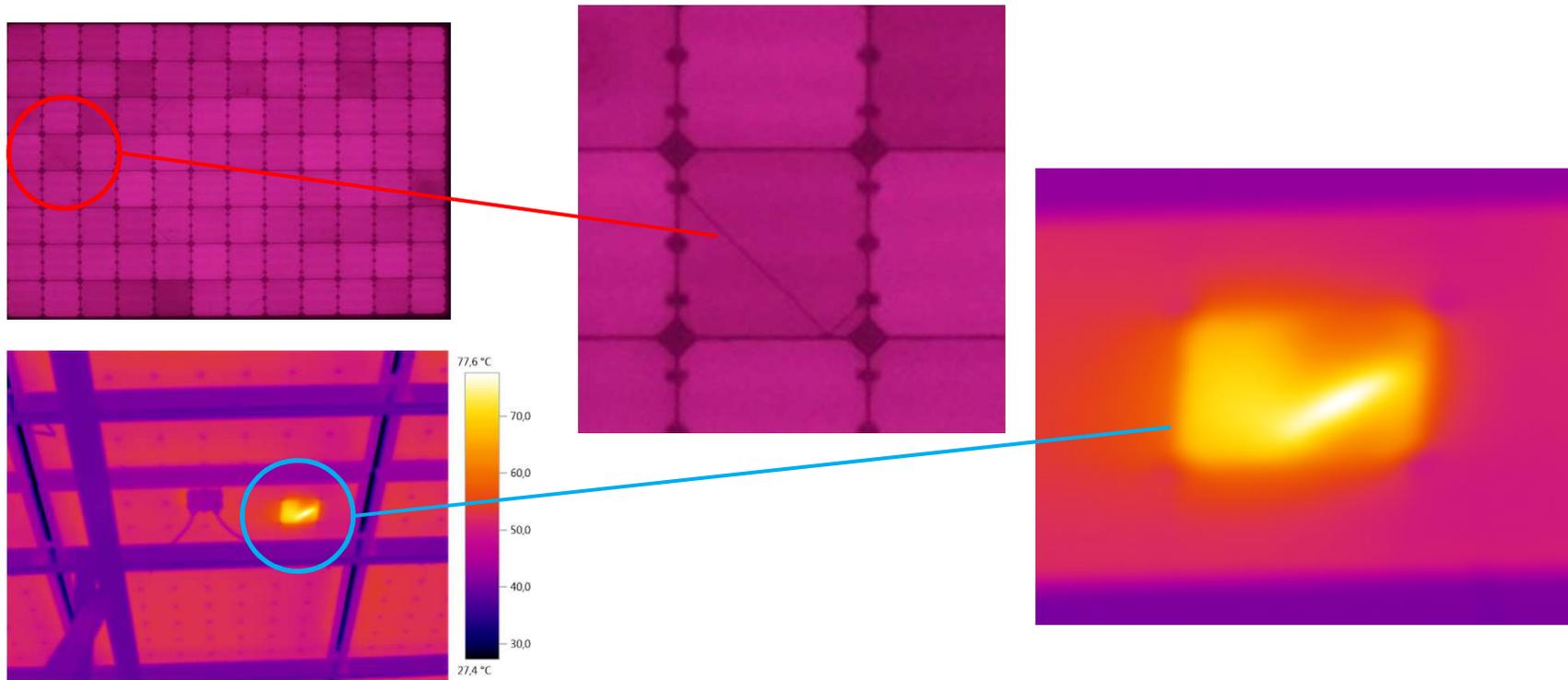


# Categoría 1: Fallos de calidad

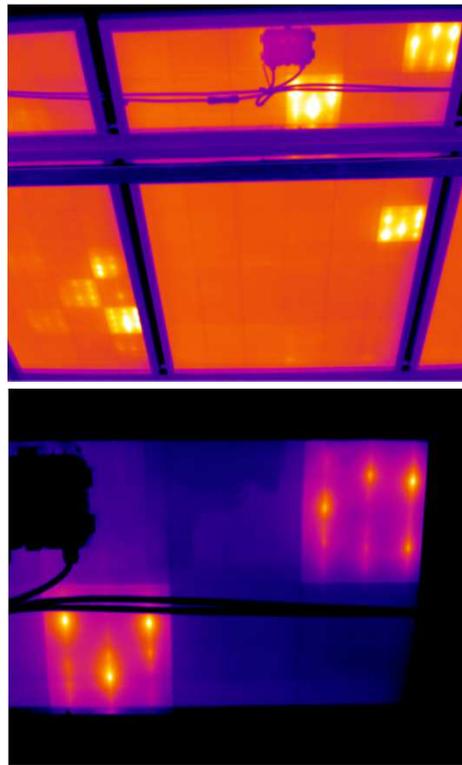
## Desprendimiento de la tapa de las caja de diodos

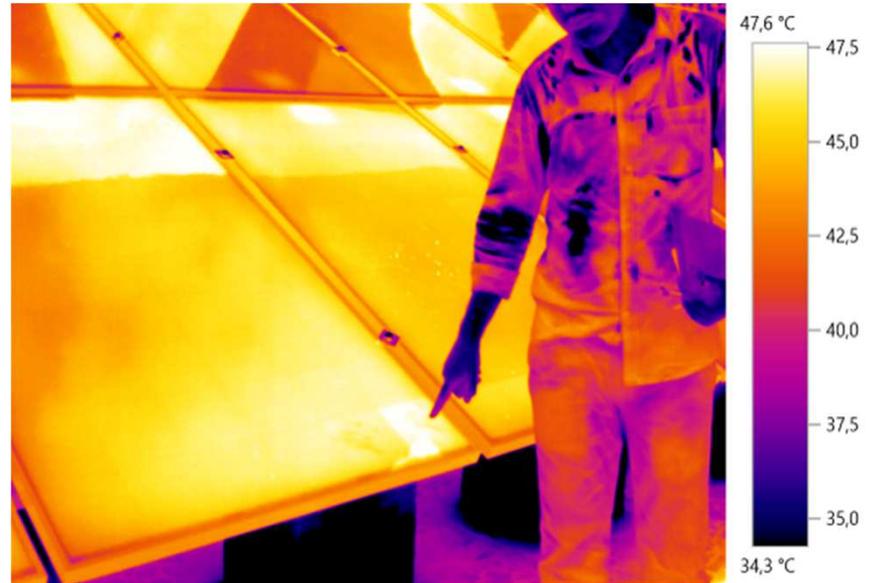
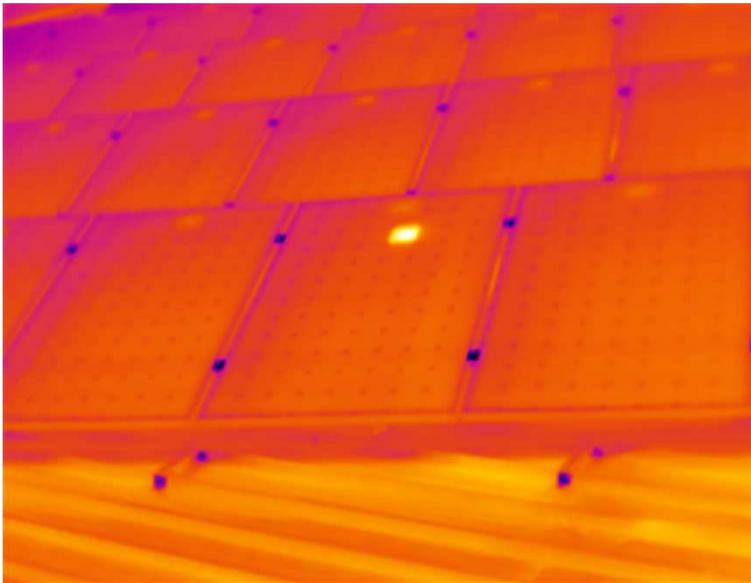


# Daños mecánicos producidos durante el proceso de fabricación del módulo FV

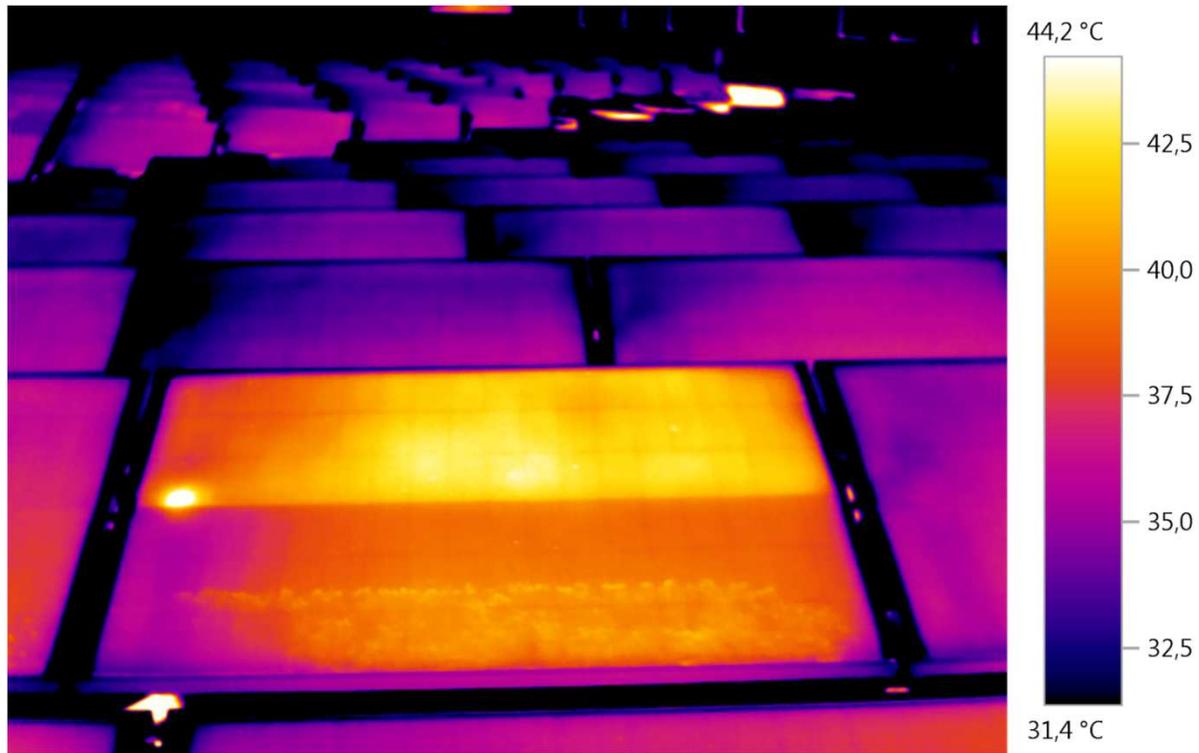


# Soldadura defectuosa durante el proceso de fabricación del módulo FV

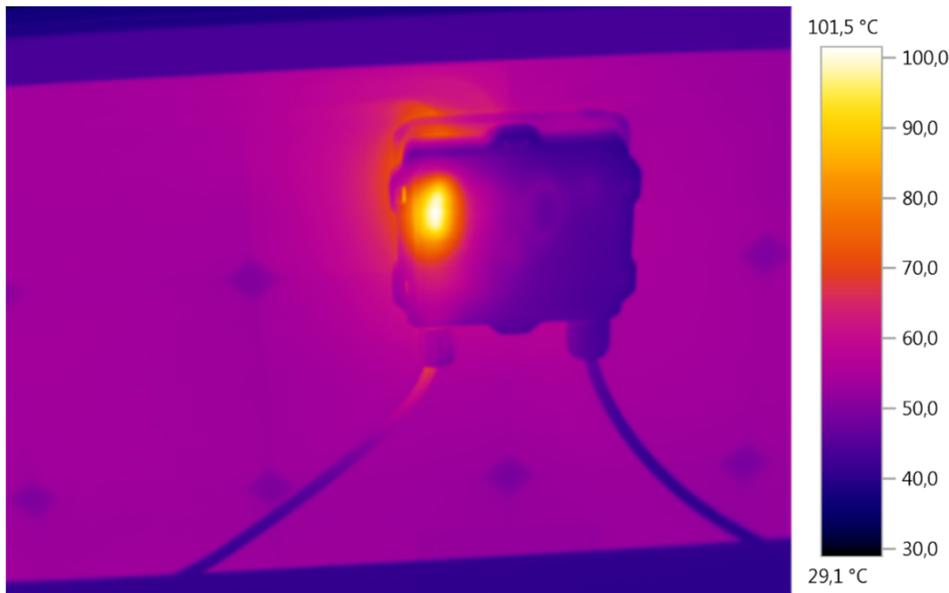




## Strings de células inactivos



# Fallos en los diodos bypass

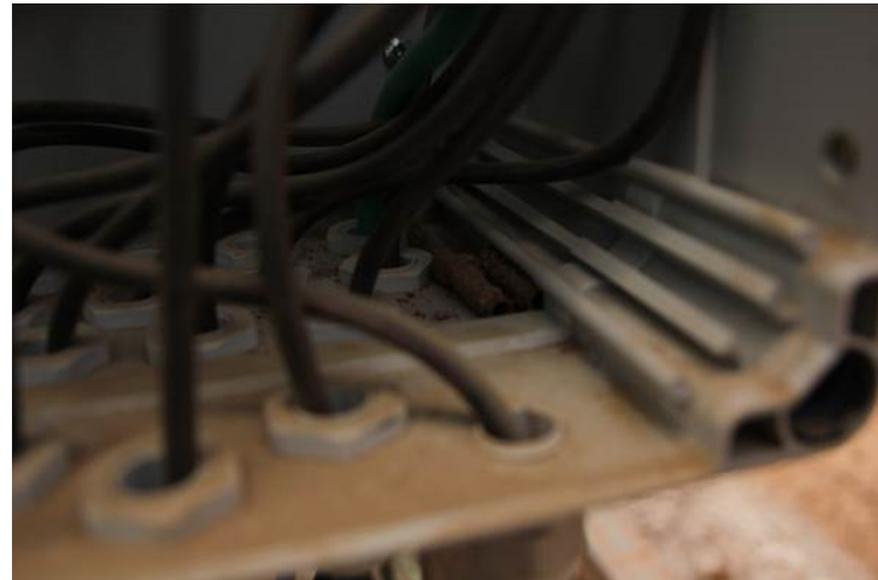


## **Categoría 2: Fallos por falta de idoneidad para las condiciones climática reinantes**

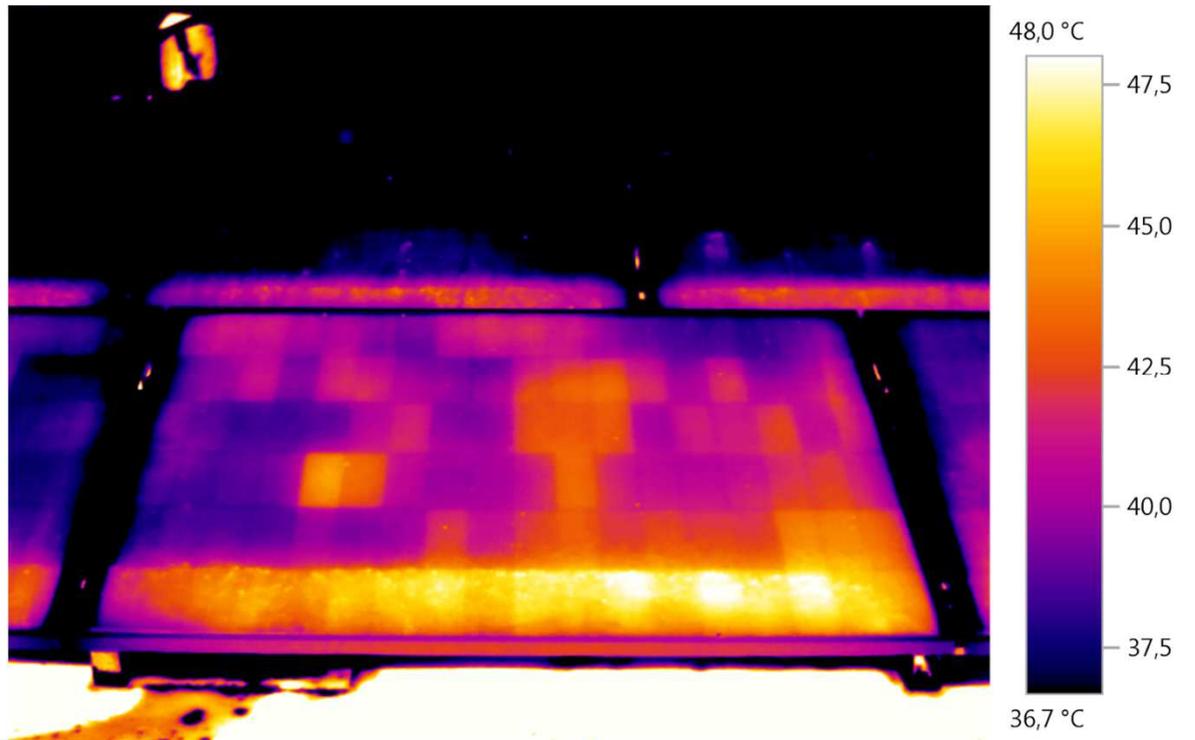
## Transformadores inutilizados por sobrecarga térmica y acumulación de polvo



## Acumulación de polvo en las cajas de distribución de CC



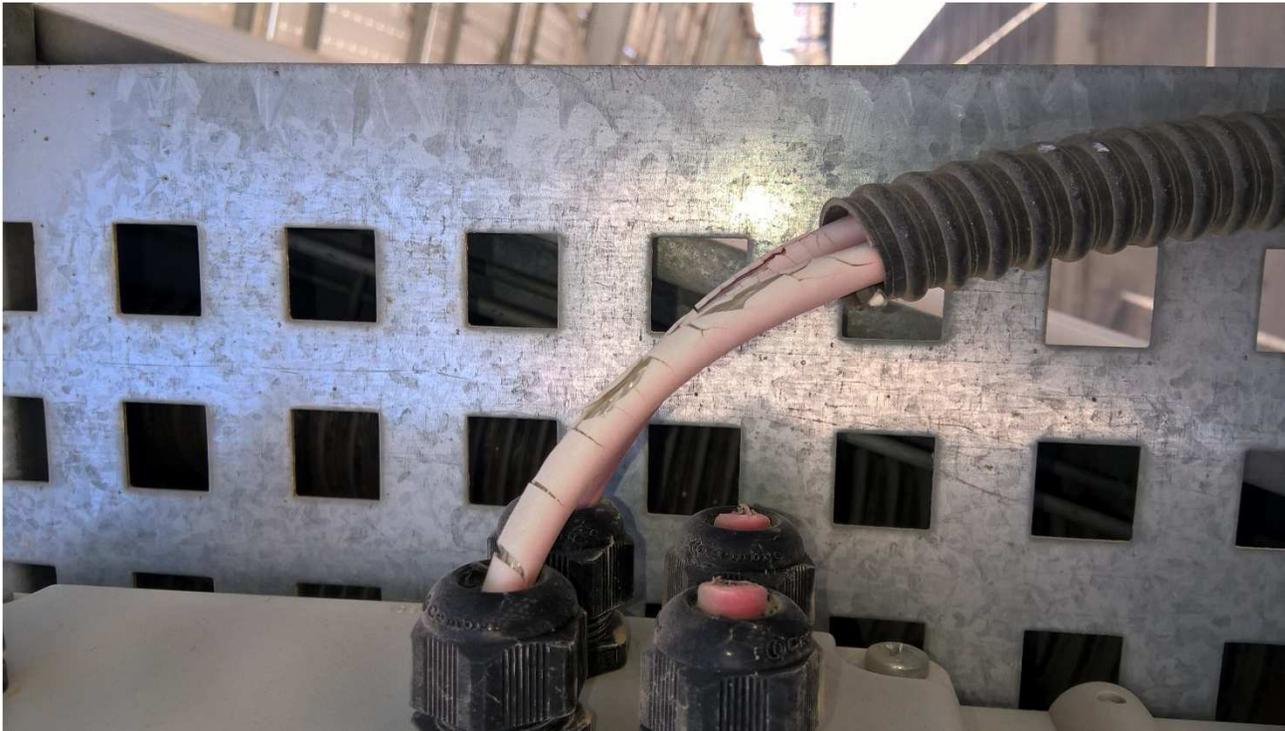
## Limpeza manual ineficiente



## Filtros inadecuados para zonas áridas



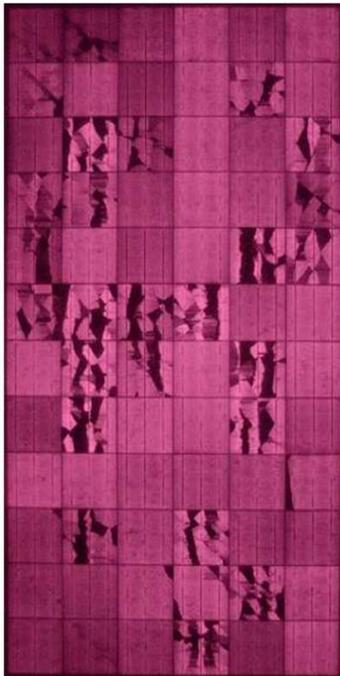
## Degradación en los cables por exposición a radiación UV



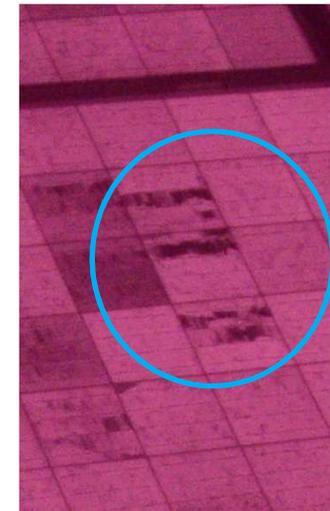


## Categoría 3: Fallos de instalación

## Roturas, fisuras y microfisuras en las células FV producidas por maltrato



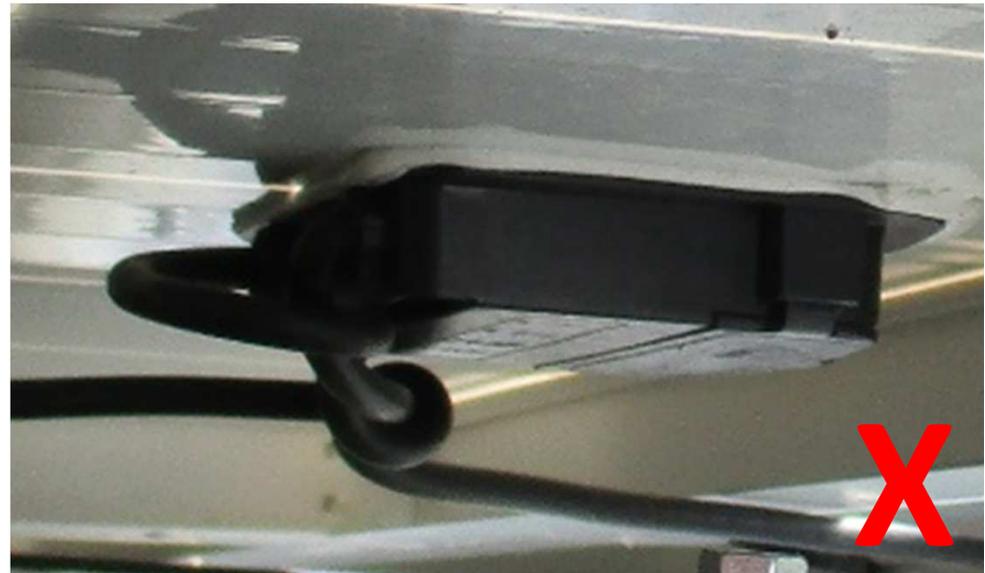
## Daños en los paneles durante la instalación



## Instalación defectuosa del sistema equipotencial



## Radios de curvatura pequeños



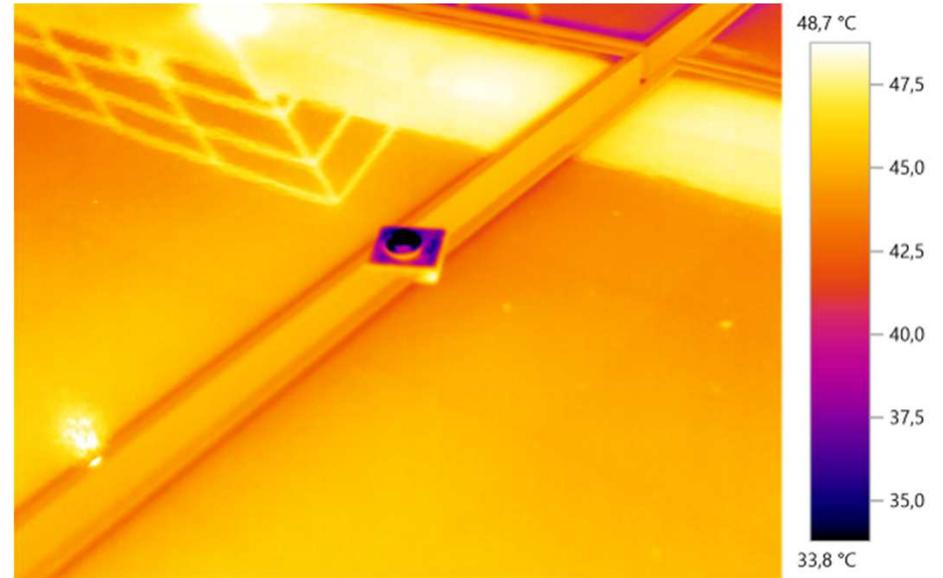
## Acumulación de suciedad en los conectores



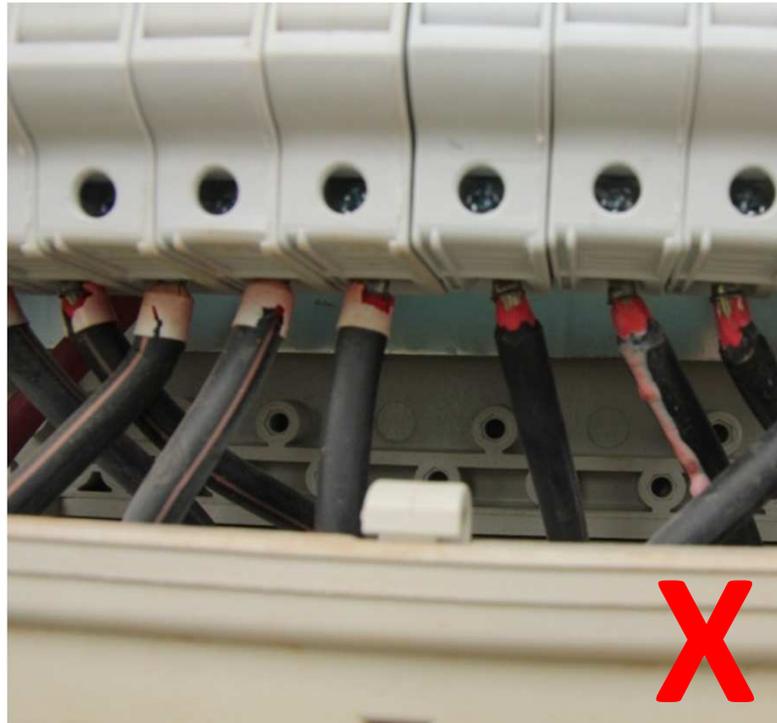
## Sellado inadecuado de orificios



## Anclaje defectuoso de los módulos FV a la estructura



## Recalentamiento de la cubierta por fijación incorrecta



## Fijación incorrecta de los cables de string



## Difícil acceso a los inversor por selección inadecuada del lugar de instalación



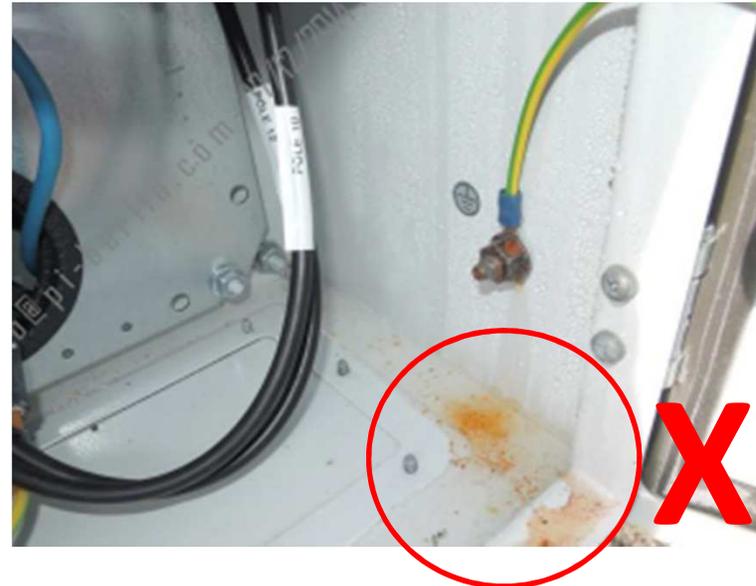
## Falta de estanqueidad en tubos de acometida



## Fijación defectuosa de los conectores a la estructura



## Corrosión por falta de estanqueidad

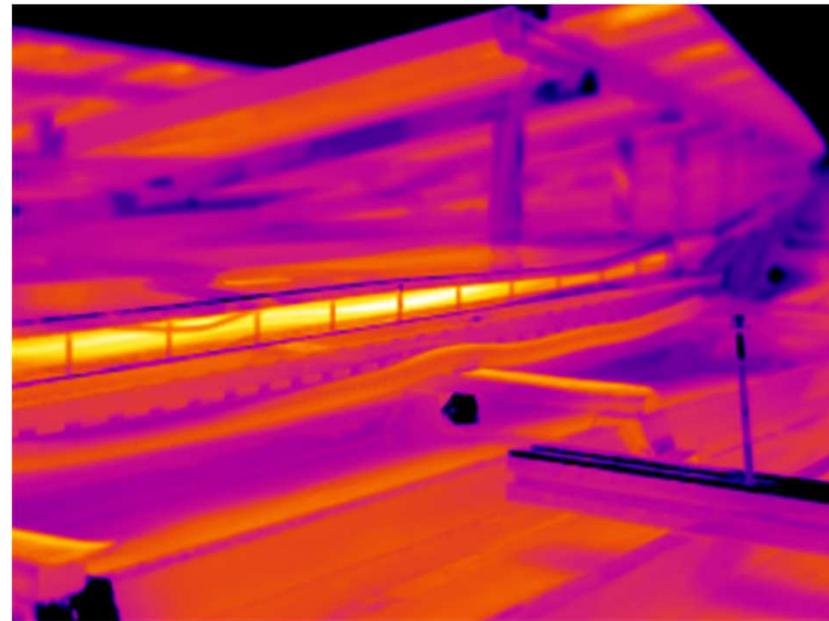
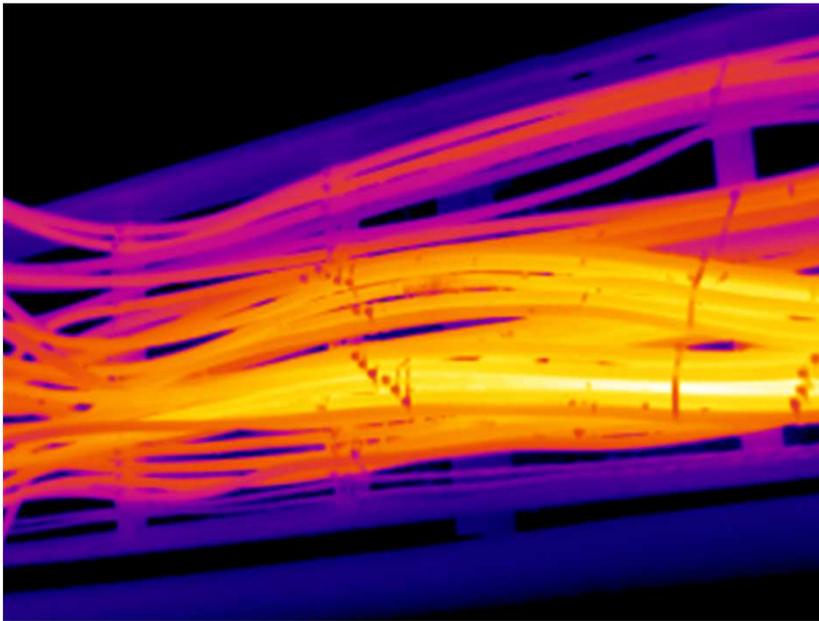


# Cortocircuitos generados por daños en los cables

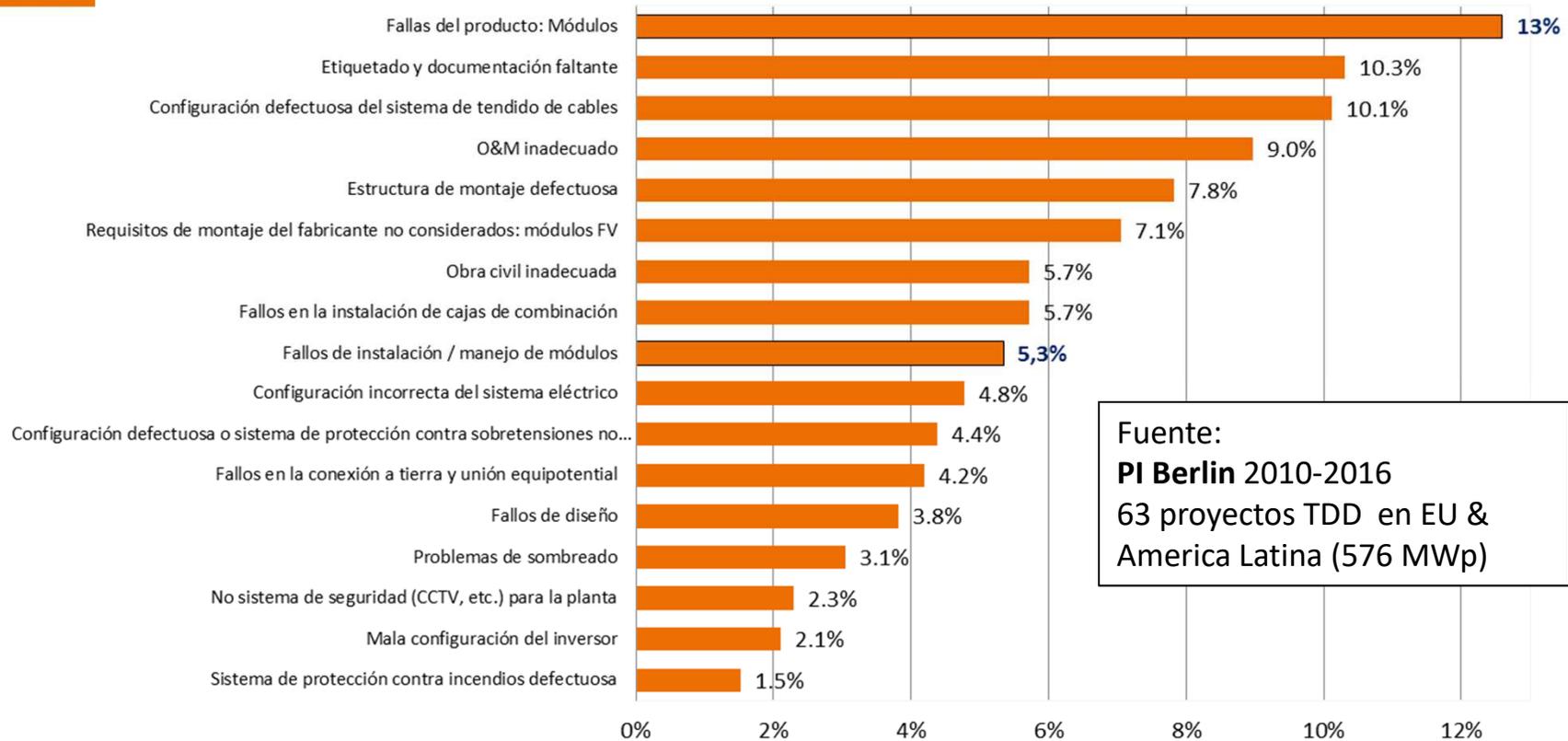


## Sombreamiento producido por la estación meteorológica





# Distribución de fallos en plantas en operación



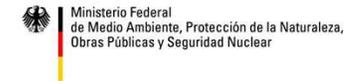
Fuente:  
**PI Berlin 2010-2016**  
63 proyectos TDD en EU & America Latina (576 MWp)



**NAMA** Facility



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania



**Gracias por su atención.**

**Dipl.-Ing. Asier Ukar**  
**Senior Consultant**

**PI Photovoltaik-Institut Berlin AG**  
**Wrangelstr. 100**  
**10997 Berlin, Germany**

**phone: +49 (30) 8145264-402**  
**cell-phone: +49 1777 44 7551**  
**fax: +49 (30) 8145264-101**  
**email: [ukar@pi-berlin.com](mailto:ukar@pi-berlin.com)**  
**web: [www.pi-berlin.com](http://www.pi-berlin.com)**

