RECOMENDACIONES PARA EVITAR INCENDIOS EN INSTALACIONES EÓLICAS y FV

Versión Preliminar

En la preparación de esta guía han participado los socios de **AEMER**.

La redacción principal y la coordinación de las aportaciones ha sido organizada por:

D. Alejandro Guillén Olague - Director Técnico de **AEMER**

Mayo 2021

1. Contenido

1. Contenido 2
2. Objetivo del documento 3
3. Incendios en instalaciones de energía renovable 4
4. Incendios en instalaciones eólicas 5
4.1 Principales causas de incendio 8
4.1.1 Aumento de temperaturas y sequías 8
4.1.2 Caída de rayos 9
4.1.3 Envejecimiento del parque 11
4.1.4 Materiales inflamables 13
4.1.5 Los desafíos de la eólica marina 14
4.1.6 Escasez de personal técnico capacitado 15
4.2 Prevención de incendios 17
5. Incendios en instalaciones Fotovoltaicas 20
5.1 Antecedentes de siniestros FV 21
5.2 Principales causas de incendio 26
5.2.1 Análisis detallado 29
5.2.2 Carencia de documentación técnica adecuada 31
5.2.3 Antigüedad de las instalaciones 33
5.2.3.1 Mes y hora de los incendios 33
5.2.4 Arcos eléctricos 34
5.3 Seguridad del personal de emergencia y bomberos ante un siniestro de incendio FV 40
5.3.1 Recomendaciones para reducir incidentes de incendio FV 46
6. Servicios de calidad en las empresas de O&M 48

2. Objetivo del documento

La Asociación de Empresas de Mantenimiento de Energías Renovables (**AEMER**)[1] ha detectado que en las guías de mejores prácticas de Operación y Mantenimiento (O&M) desarrollados por otros organismos e instituciones internacionales del sector, no se contemplan todos las actividades de inspección, supervisión y apoyo en campo, o no se hacen puntualizaciones técnicas para la mejora de los servicios de mantenimiento principalmente. Este es un tema clave para determinar la seguridad laboral, el estado de las plantas y poder determinar posibles fallos imprevistos, así como asignar responsabilidades entre los diferentes intervinientes.

Comúnmente los contratos de O&M incluyen alguna cláusula o inciso donde se indica de forma general que la empresa mantenedora deberá ejecutar todas las tareas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo necesarias para preservar y asegurar el buen funcionamiento de los equipos, sistemas e instalaciones que configuran la Instalación, y muy particularmente las incluidas en el Plan de Operación y Mantenimiento, pero, por lo general estos manuales y planes no especifican ampliamente todas las tareas de supervisión. El tema adquiere especial relevancia en las tareas de diagnóstico y evaluación referentes a **mejorar la seguridad laboral y evitar siniestros de incendios.**

En esta línea y de acuerdo a la dilata experiencia de nuestros socios **se recomienda estipular e integrar todas las actividades en los alcances de los manuales y planes de mantenimiento** para evitar malos entendidos, así como los trabajos extras que causan mayores gastos operativos en las empresas mantenedoras y que muchas veces no se ven remunerados por no estar cuantificado el alcance y la periodicidad.

Además, al integrar estas actividades se elevan los niveles de calidad, se fortalece el desempeño técnico, se mitigan los riesgos técnicos – económicos y se fomenta la seguridad laboral a lo largo de la vida útil de los activos.

El presente documento tiene como objetivo **complementar las recomendaciones para el diagnóstico y evaluación periódica de las plantas fotovoltaicas FV hecho por AEMER**. Es decir, ofrecer recomendaciones complementarias basadas en los diferentes esquemas de trabajo y casuística aplicable. Todo ello **con la finalidad de mejorar los servicios de O&M, maximizar la vida útil y las prestaciones de las instalaciones**, manteniendo en todo momento las condiciones necesarias **para garantizar la seguridad en los parques eólicos y fotovoltaicos**.

[1] https://aemer.org/

El presente documento ha sido elaborado por **AEMER** a través del Grupo de Trabajo específico con la participación de representantes de sus asociados para lo cual se han mantenido intercambios de información periódicos. Será un **documento vivo** que se nutra y actualice con las experiencias de los socios, se **adapte a las situaciones contractuales, evolución de las tecnología e hibridación de las mismas.**

3. Incendios en instalaciones de energía renovable

Los siniestros de incendio son un riesgo importante en la gestión de los activos eólicos y FV, debido a las dificultades de sofocar incendios en los lugares remotos donde se encuentran las instalaciones y la complejidad de acceso por la altura de los aerogeneradores.

Los incendios en estas instalaciones pueden causar daños irreparables en la integridad de los técnicos de campo, en el entorno donde están instaladas, así como grandes repercusiones en términos de pérdidas de bienes de capital y largas paradas de producción. De acuerdo a la empresa FireTrace[2], el 90% de las veces, un incendio en una turbina eólica, provoca la pérdida total o al menos un nivel de tiempo de inactividad que resulta en la acumulación de pérdidas económicas muy importantes; en promedio $7-8 millones USD dependiendo del tamaño y la ubicación de la turbina, debido al alto costo de reemplazo, pérdida de ingresos e investigación.

Esta preocupación es creciente, especialmente para el propietario, el mantenedor y la compañía de seguros, y no puede abordarse desde un punto de vista convencional. Estos riesgos podrían ralentizar el crecimiento de la industria si no se aborda con la debida importancia, causando importantes costos adicionales y contribuir a una posible oposición social de estos proyectos.

Por ello, este documento pretende **sensibilizar sobre los desafíos y riesgos en este rubro, proporcionar información útil para que desde la O&M de los sistemas se contribuya a evitar o minimizar la probabilidad de un siniestro de incendio**.

Es conveniente resaltar que hay **cientos de miles de sistemas eólicos y solares** en el mundo y **solo unos pocos se han relacionado con incendios** y, por el contrario, ha habido decenas de miles de incendios relacionados con electrodomésticos que lamentablemente han causado mayores daños. Pero también es necesario enfatizar que, a nivel internacional, **existe escasa información oficial sobre el número de incendios en sistemas de energía solar y eólica.** No existe un código para ello, por tanto, el seguimiento de los casos es limitado la mayoría de las veces. Y m**uchos de los casos**

[2] https://www.firetrace.com/

se catalogan como "otro" tipo de sucesos y muchos más, no son reportados para evitar un posible daño en la reputación.

Los **incendios** que involucran **sistemas eólicos y fotovoltaicos**, presentan **importantes desafíos técnicos para los departamentos de bomberos, por las dificultades de acceso a las zonas afectadas y el uso de medios de mitigación**. Asimismo, requiere un mayor involucramiento de las aseguradoras, ingenierías, instaladores, fabricantes de equipos y empresas mantenedoras.

Por lo tanto, **las instalaciones deben diseñarse de tal manera que garanticen la máxima protección de los técnicos, de una segura intervención de los bomberos, reducir las pérdidas y buscar el menor tiempo de inactividad posible**.

Cabe resaltar que las tecnologías de energía renovable en general, están introduciendo continuamente sistemas innovadores de protección.

A continuación, se expondrán algunos antecedentes de incendios, se identificarán las principales causas y se proporcionarán recomendaciones para la prevención y extinción.

4. Incendios en instalaciones eólicas

Los siniestros de incendios es el segundo tipo más común de accidente catastrófico de turbinas eólicas detrás de la falla de las palas. **El fuego representa entre el 10 y el 30% de los accidentes de cualquier año y el número tiende a aumentar con el número de turbinas instaladas y la antigüedad de una parte importante de la flota**.

El problema del fuego en las turbinas eólicas surge como resultado de **grandes cantidades de materiales altamente inflamables** (aceite hidráulico y lubricantes, materiales de aislamiento y polímeros) **contenidos dentro de la góndola de la turbina eólica y empaquetados muy cerca de posibles fuentes de ignición como componentes mecánicos con superficies calientes y de conexiones eléctricas que podrían fallar**.

Una vez que se enciende un fuego en un aerogenerador, la situación se agrava rápidamente porque el viento fuerte favorecido por las ubicaciones de las turbinas mejora el suministro de oxígeno y, por lo tanto, el crecimiento del fuego.
En más del 90% de los incendios de turbinas eólicas notificados, se ha informado de una pérdida total de la turbina eólica, o al menos, una falla estructural grave de los componentes principales (palas, góndola, componentes mecánicos o eléctricos).

Además, incluso en el caso de una pronta detección, **el cuerpo de bomberos no puede intervenir rápidamente debido a la altura de la turbina**, y para las turbinas eólicas marinas no es práctico enviar equipos de respuesta para combatir el incendio.

En condiciones de viento fuerte, los escombros en llamas de la turbina pueden caer sobre la vegetación cercana y provocar incendios forestales o causar daños graves a la propiedad.

Al igual que en el sector fotovoltaico, **en este sector hay una falta de cifras reales en las cuales la industria pueda ponerse de acuerdo** y esto genera importantes desafíos. Hay pocos datos rigurosos que las aseguradoras o los fabricantes compartan públicamente. Los números que se reportan varían enormemente. Por ejemplo, un artículo en 2020 de la revista Wind Power Engineering[3], estimó que una de cada 2.000 turbinas se incendiaría, y la revista Fire Protection Engineering[4] calculó la cifra en una de cada 10.000 en el año 2019. Por otra parte, un experto en incendios independiente consultado por la empresa Fire Trace International[5] , indicó que el riesgo de un incendio catastróficos (incendios que destruyen la turbina) son uno de cada 15.000.

Si una de cada 2.000 turbinas se incendia cada año, eso sugiere que un parque eólico con 150 turbinas experimentaría uno o dos incendios durante 20 años de operación.

Ilustración 1: Incendio en aerogenerador. Fuente: Fire Trace

Desgraciadamente **hay incidentes de incendios que han provocado la muerte de técnicos de campo**, uno de los más recordados es el que se registró en octubre de 2013 en Ooltgensplaat, Países Bajos, donde un equipo de cuatro personas estaba realizando trabajos de mantenimiento de rutina en la turbina de 67 metros de altura. Estaban en

[3] https://www.windpowerengineering.com/
[4] https://www.sfpe.org/publications/magazine
[5] https://www.firetrace.com/

la góndola cuando se produjo un incendio. El fuego envolvió rápidamente la única ruta de escape (las escaleras en el pozo), atrapando a dos miembros del equipo de mantenimiento en la parte superior de la turbina[6].

Actualmente, **las causas de incendio solo las registran las compañías de seguros cuando la pérdida excede el deducible**, es decir, cuando la aseguradora realmente tiene que realizar un pago.

Tres de cada seis incidentes involucran la presencia humana en la góndola; por lo tanto, un incendio se convierte en un problema de seguridad.

Hay tres desafíos principales:

- **Reputación negativa:** al no ser transparente, la industria eólica está dejando el camino libre para que los oponentes establezcan la agenda para la discusión del historial de seguridad eólica y aminora las historias de éxito sobre el progreso que se está logrando en la seguridad.
- **Incertidumbre del operador y mantenedor**: La falta de cifras rigurosas dificulta que los propietarios, operadores y mantenedores de parques eólicos decidan qué nivel de protección contra incendios se requieren para proteger las grandes inversiones en estos activos.
- **Confianza en datos antiguos**: el uso continuo de datos de incendios de turbinas de mediados de la década de 2010 significa que las empresas no pueden detectar las tendencias recientes de incendios y abordarlas.

El director de la consultora de salud y seguridad Forge Risk[7], comenta que la industria eólica es cautelosa a la hora de abrirse a estos datos, pero agrega que las empresas "fundamentalmente van en la dirección correcta en términos de seguridad y salud ".
Cada vez más fabricantes, operadores y mantenedores se están tomando en serio el riesgo de incendio. Esto es tanto con los sistemas de extinción de incendios activos como con las mejoras de diseño pasivo.
La industria tiene un buen historial en la gestión del riesgo de incendio y debe haber confianza en el sector, pero se debería ser más abiertos, más directos y más dispuestos a asumir los desafíos sobre este tema.
A continuación, se comenta algunas de las razones de los incendios en las turbinas eólicas y las opciones para mitigar el riesgo.

[6] http://www.epaw.org/multimedia.php?lang=en&article=a19
[7] https://forge-risk.co.uk/about-us/

4.1 Principales causas de incendio

Un incendio de alto perfil no solo puede devastar los proyectos actuales, sino también poner en peligro las perspectivas de desarrollo futuro en la industria, y este riesgo solo aumenta a medida que las turbinas crecen y se trasladan a sitios más remotos en tierra y en alta mar.

Además, hay una **flota creciente de turbinas más antiguas** que demanda técnicos cualificados que las mantengan correctamente (nuevas y antiguas).
Desafortunadamente, en muchos países, **el número de técnicos necesarios para realizar ese trabajo no ha crecido al mismo ritmo.**

El **cambio climático** agrega un factor adicional, ya que ha jugado un papel importante en el **empeoramiento de los incendios forestales y un incremento en tormentas atípicas con descargas eléctricas que causan cada vez más daños**. Las empresas del sector eólico deben ser **proactivas para gestionar estos riesgos emergentes y estar preparados para catástrofes climáticas inusuales**.

Afortunadamente, **los incendios de turbinas rara vez representan una amenaza para la vida de las personas que trabajan en las turbinas** y las empresas de mantenimiento cuentan con procedimientos de evacuación en las turbinas.

Para los propietarios, **la mayor amenaza es financiera**. Podría costarle a un operador entre $ 1,5 millones y $ 3 millones USD instalar una turbina en tierra, pero reemplazar una después de un incendio catastrófico probablemente cueste tres o cuatro veces más.

4.1.1 Aumento de temperaturas y sequías

La infraestructura energética puede contribuir a incendios forestales, además las altas y prolongadas temperaturas que provocan sequías, son las condiciones perfectas para un incendio y **en conjunción con un incendio en un aerogenerador pueden provocar un desastre ambiental en un área amplia y consecuencias económicas catastróficas para la propiedad y en su reputación**. Por ejemplo, en junio de 2020, la empresa Pacific Gas & Electric, se declaró en bancarrota debido a pasivos multimillonarios por incendios forestales que se iniciaron en sus líneas eléctricas en 2019. Y aunque este caso no está vinculado a un incendio en una turbina, podría haberlo sido, provocando un daño

significativo a la reputación no solo para el sitio individual sino para la industria en su conjunto.

Ilustración 2: Incendio en aerogenerador con desprendimiento de materiales que causa incendios forestales. Fuente: http://turbinesonfire.org/

En años recientes se tienen ejemplos en la industria eólica en los que las turbinas han contribuido a incendios similares, pero más pequeños.

- Buffalo Gap: Un incendio de una turbina en Texas en agosto de 2019 provocó el incendio de 250 acres en Mulberry Canyon.
- Juniper Canyon: un incendio de una turbina en el sur del estado de Washington en julio de 2019 encendió la hierba y la maleza circundantes después de que secciones derretidas cayeran al suelo. Esto causó el incendio forestal de Juniper Canyon de más de 250 acres.
- Game Ranch Fire: un incendio de una turbina en Texas en julio de 2020 causó un incendio forestal de 3,200 acres en el condado de Nolan.

4.1.2 Caída de rayos

Lamentablemente, cada vez más se leen noticias que reportan **incendios originados por descargas eléctricas** cuando se registran tormentas, esto se debe a **varios factores en conjunto: el cambio climático, el aumento de parques eólicos, las características de su ubicación, ya que se encuentran en su mayor parte aisladas y en grandes zonas abiertas y su gran altura**. Los aerogeneradores generan cargas electrostáticas con el movimiento propio de las palas y los materiales utilizados en la construcción de las turbinas.

De acuerdo a la empresa Aplicaciones Tecnológicas[8], un estudio realizado en Dinamarca, a lo largo de 15 años, comprobó que **el impacto de rayos implica un 20% del total de las reparaciones llevadas a cabo en las instalaciones eólicas, lo que representa un 25% del costo en siniestros.** La International Association of Engineering Insurers (IMIA)[9], responsable de este estudio, situó, además, **la caída de rayos como el segundo daño más común tras los daños mecánicos y por delante de los incendios en el sector.**

Ilustración 3: Incendio en aerogenerador por impacto de rayo (diciembre 2011 Ardrossan, Ayrshire, UK), a pesar de no estar operativa. Los escombros en llamas se esparcieron a grandes distancias debido al fuerte viento. Fuente: The Guardian

Un impacto de rayo quizá no cause un incendio, pero si puede provocar graves daños personales y materiales. Las reparaciones menores pueden llegar a ser subsanadas en pocos días. Pero si el aerogenerador es afectado por la descarga, la turbina puede quedar fuera de servicio durante largos periodos de tiempo, con graves consecuencias económicas para la empresa generadora.

Algunos ejemplos de siniestros de incendio por caída de rayos:

- Mill Creek – Texas USA: Mill Creek[10]: en abril de 2021, una turbina de un parque eólico en el condado de Johnson se incendió, luego de que fue alcanzada por un rayo durante el paso de una tormenta. La turbina quedó completamente destruida y se estima que su reemplazo costará entre 2 y 5 millones de dólares.
- Localidad de Ventosa de San Pedro, Soria - España[11]: en agosto de 2020, un rayo provocó un incendio, como consecuencia del cual ardió un aerogenerador. El

[8] https://at3w.com/
[9] https://www.imia.com/
[10] https://www.kxii.com/2021/04/25/wind-turbine-struck-by-lighting-catches-fire/
[11] https://www.desdesoria.es/2020/08/22/dos-incendios-en-soria-un-aerogenerador-en-palacio-de-san-pedro-seis-hectareas-en-renieblas/

fuego se controló 5 horas después gracias a la participación de agentes especialistas, dos autobombas, una cuadrilla de tierra y bomberos voluntarios.

- Parque eólico Ransonmoor en Benwick Road, Doddington UK[12]: en mayo de 2018, una turbina de 89 m se envolvió en llamas rápidamente después de recibir el impacto de un rayo, los bomberos llegaron cuando los escombros caían al suelo y se limitaron a controlar las inmediaciones.

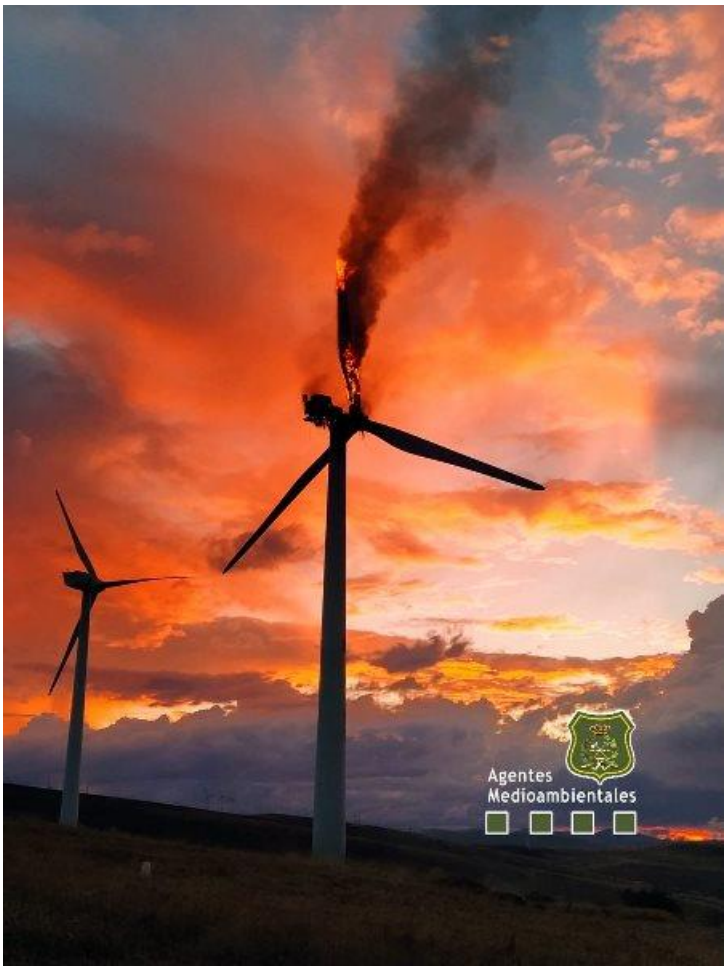

Ilustración 4: Incendio en aerogenerador por caída de rayo - Ventosa de San Pedro, Soria - España. Fuente: Agentes Medioambientales

Los técnicos de campo se pueden proteger, instalando detectores de tormentas capaces de anticipar tanto las tormentas que se forman sobre el parque eólico, como aquellas que se acercan a la zona de trabajo y de esta forma tener el tiempo necesario para buscar refugio.

4.1.3 Envejecimiento del parque

[12] https://www.cambridge-news.co.uk/news/local-news/fire-march-chatteris-wind-turbine-14722380

La primera gran ola de turbinas instaladas a mediados de la década de 1990 está **llegando al final de su vida operativa** y en general, alrededor del 7% de la flota eólica actualmente tiene más de 15 años. En **Europa esta cifra ronda el 28%** debido a la madurez del sector.

Los riesgos de incendio varían dependiendo de la forma en que se mantienen. Una turbina más vieja que ha recibido un buen mantenimiento puede tener un riesgo bajo, mientras que una turbina más reciente que no ha recibido un buen mantenimiento o tiene un defecto intrínseco podría ser de alto riesgo.

Pero también hay que reconocer que **los modelos más antiguos pueden ser menos confiables porque la tecnología era menos sofisticada.**

Los aerogeneradores se incendian por las mismas razones que otras maquinarias pesadas: los componentes dentro de la turbina fallan, generan calor o chispas y encienden materiales inflamables como plásticos, resinas, fibra de vidrio y lubricantes hidráulicos. **La mayoría de los incendios de turbinas se originan en la góndola**, típicamente en:

- Los armarios del convertidor y condensadores en la góndola
- El transformador
- El área del freno de la góndola
- El área hidráulica

La ubicación más común de una falla eléctrica en una turbina eólica son los gabinetes del convertidor y los gabinetes del capacitor en la góndola. Cuando una falla eléctrica produce un arco eléctrico o chispas.

Los transformadores, ubicados en la góndola o en la base de una turbina, son el segundo punto de ignición más común para los incendios de turbinas eólicas. Los transformadores convierten la energía en el voltaje apropiado para la red eléctrica y, al igual que con los gabinetes de convertidores y capacitores, las chispas y los arcos eléctricos debidos a fallas eléctricas pueden provocar un incendio.

El freno de la góndola, que se encuentra comúnmente detrás de la caja multiplicadora, es otro componente que puede ser un punto de ignición, aunque debido a la fricción más que a una falla eléctrica. En caso de emergencia, el freno de la góndola impide que giren las palas de la turbina. El sistema de frenado mecánico puede generar una gran cantidad de fricción y calor, lo que a veces puede provocar un incendio. Si bien las turbinas más nuevas pueden incluir sistemas de frenos eléctricos, que son menos

susceptibles al fuego, los frenos mecánicos se utilizan a menudo como respaldo de los sistemas de frenos eléctricos.

Cabe resaltar que los **incidentes de incendio en aerogeneradores con transmisión directa o sin engranajes son menores.**

También hay que **tener controlado el clima interno de los gabinetes**, ya que están sujetos a importantes variaciones en los ciclos de día y de noche y en los cambios estacionales, ya que la **temperatura y la humedad** que pueden causar importantes daños a equipos y mecanismos, **derivando en posibles incendios.**

Estas amenazas son relativamente bien conocidas, pero **aún no conocemos el impacto que la flota de turbinas envejecida podría tener en la frecuencia de los incendios**.

Ilustración 5: Incendio en aerogenerador. Fuente: Wind Power Engineering Development

4.1.4 Materiales inflamables

El crecimiento de la energía eólica ha sido impulsado **por la innovación de materiales y la caída de los costos, pero el sector debe asegurarse de que estos materiales no generen riesgos adicionales**.

La fibra de vidrio que se utiliza en las palas, puede exponer a los trabajadores a residuos altamente inflamables durante las reparaciones internas y externas, sobretodo usando herramientas eléctricas como amoladoras.

4.1.5 Los desafíos de la eólica marina

En un estudio hecho por SP Safety at the Technical Research Institute of Sweden[13] en turbinas eólicas marinas sobre incidentes de incendios, muestra que **entre el 10 y el 30% de todos los incidentes de pérdida de generación de energía en las centrales eólicas se deben a incendios**. Lamentablemente, se dispone de información estadística limitada de dominio público relacionada con las plantas de energía eólica (tanto en tierra como en alta mar) y su funcionalidad.

En el estudio del Instituto de Investigaciones Técnicas de Suecia, el número de incendios en centrales eólicas varió según la fuente de información. Se estima que la fuente más confiable es DNV GL (Det Norske Veritas Germanischer Lloyd), que recopila estadísticas y cita **0,5 incendios por 1.000 turbinas al año.**

La organización G+ global health and safety organization for offshore wind[14], informa que sus registros de los **años 2018, 2019 y primer trimestre de 2020, no había habido incidentes de incendios en parques eólicos marinos** y es posible que esto se deba a una mayor

Ilustración 6: Técnico de mantenimiento en aerogenerador de proyecto Off shore Fuente: WORLD ENERGY TRADE

[13] https://www.ri.se/sv?refdom=www.sp.se
[14] https://www.gplusoffshorewind.com/

La tendencia del tamaño de los aerogeneradores en los proyectos Off shore va en aumento, para el proyecto Dogger Bank de 3.6GW en aguas del Reino Unido se ha confirmado el pedido de aerogeneradores Haliade-X de 13MW de GE Renewable Energy, estas máquinas son tan altas como un rascacielos y como están a muchas millas de tierra firme, plantean un conjunto de riesgos diferente a los de la energía eólica terrestre. Afortunadamente, **los riesgos para la vida de los técnicos de mantenimiento en caso de incendios son bajos. Si se produce un incendio, hay un barco de evacuación disponible, pero esto es diferente si cae un rayo mientras se está trabajando.**

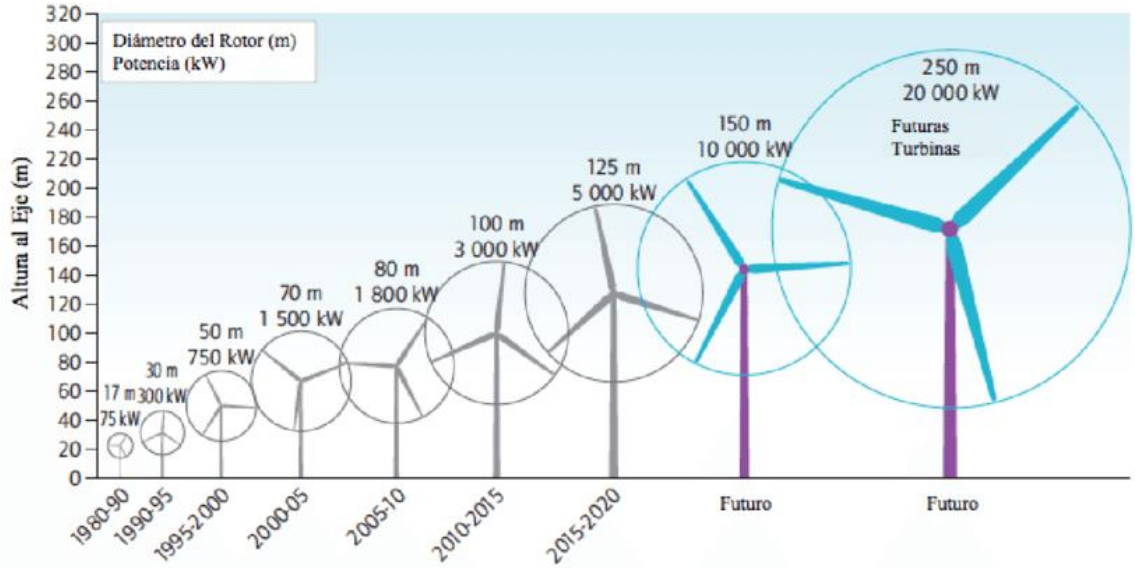

Ilustración 7: Evolución del tamaño de los aerogeneradores

Sin embargo, los costes de un incendio catastrófico en una turbina eólica marina serían enormes. La contratación de embarcaciones para reparar máquinas destruidas puede costar cientos de miles de dólares al día. Por tanto, aunque el número de incendios fuera mínimo se tendrían **eventos de "baja frecuencia, pero alto coste"**.

4.1.6 Escasez de personal técnico capacitado

Las propiedades y los gestores de activos eólicos deben estar conscientes de los posibles impactos de la escasez de técnicos cualificados de O&M en algunos países y, por lo tanto, de los **posibles riesgos de incendio al no ejecutar correctamente las inspecciones, trabajos de mantenimiento y no detectar posibles riesgos de incendios**.

En el año 2019 en EE. UU. se pusieron en servicio parques eólicos por un total de 9,1 GW y 4,4 GW adicionales en los primeros seis meses de 2020. Ahora hay más de 60.000 turbinas que suman 109,9 GW operando en los EE. UU., pero solo hay una plantilla de alrededor de 7.000 técnicos para gestionar esa flota, con una amplia dispersión geográfica. **Los especialistas en operación y mantenimiento empiezan a advertir sobre**

la escasez de técnicos cualificados y esto aumenta para los proyectos Off shore, ya que la capacitación de los técnicos dura aproximadamente un año, por las dificultades inherentes de los proyectos.

Ilustración 8: Acceso a aerogenerador en proyectos Offshore Fuente: G+

Ilustración 9: Piscina de entrenamiento para los técnicos de proyectos Offshore Fuente: Cinco días

Además, **las propiedades y gestores de activos están aumentando la presión sobre los contratistas para reducir los costes. Esto genera preocupaciones sobre el sufrimiento de la calidad del servicio, ya que los contratistas buscan llevar a cabo operaciones y mantenimiento a precios más bajos**. El sector debe estar atento en los próximos años a que esto no incremente los riesgos de incendios.

Todas estas situaciones descritas, pueden originar reclamos legales, incluso si no hubo negligencia por parte del tecnólogo/operador/mantenedor. También pueden provocar discusiones entre aseguradoras, fabricantes y operadores, ya que las aseguradoras quieren asegurarse de que solo están pagando por accidentes genuinos y no por maquinaria o mantenimiento deficientes.

4.2 Prevención de incendios

Lamentablemente, **como sistema eléctrico, el riesgo de incendio en un aerogenerador no se puede eliminar por completo**, pero si se pueden impulsar iniciativas que reduzcan al mínimo los riesgos.

En términos de investigación y desarrollo, **el enfoque principal de los tecnólogos se centra en la prevención** a través de buscar formas de reducir la fricción de los sistemas mecánicos, nuevas propiedades de los lubricantes, reemplazar materiales inflamables por materiales no inflamables en el aerogenerador y la infraestructura asociada cuando sea posible. También hay **un fuerte enfoque en la tecnología de evacuación** si los trabajadores necesitan salir rápidamente ante un siniestro.

Las propiedades de los activos también pueden tomar medidas para reducir los riesgos de incendio en sus turbinas. Esto incluye **trabajar con empresas de mantenimiento que tengan técnicos capacitados que presten servicios con alta calidad** para que las turbinas funcionen de manera segura. También deben de **adoptar un enfoque proactivo para instalar sistemas de extinción de incendios**.

Ilustración 10: Imagen de góndola completamente quemada

La ingeniería de seguridad contra incendios proporciona dos tipos de sistemas de protección contra incendios: protección activa y protección pasiva contra incendios. Los 2 sistemas juegan un papel importante en la seguridad contra incendios en las turbinas eólicas. Estos sistemas ayudan a lograr los objetivos de seguridad contra incendios deseados: la seguridad de las personas, la protección de la propiedad, el impacto ambiental y la continuidad del negocio. En el contexto de las turbinas eólicas, los principios básicos de los sistemas de protección contra incendios se aplican tanto si la ubicación es en tierra como en alta mar.

Los sistemas de **protección activa** contra incendios aplicables en relación a los aerogeneradores **comprenden la detección (llama, calor, gas y humo), aviso al personal y servicio de salvamento, así como la activación de sistemas de control o extinción de incendios**. Sin embargo, los sistemas activos pueden conducir a la aplicación de sistemas de control o extinción y la liberación de gas o aerosoles. Estos son intrusivos y, en algunos casos, pueden provocar daños no térmicos de los dispositivos eléctricos de la góndola.

La **protección pasiva contra incendios incluye la selección de materiales, la compartimentación y otras medidas para minimizar la propagación del fuego. La contención se logra mediante el uso de elementos de construcción resistentes al fuego y al humo, tales como paredes, pisos, puertas, cortafuegos, revestimientos protectores, etc.** Las características de desempeño de reacción al fuego se logran mediante la selección de materiales que tienen baja combustibilidad y propiedades de

producción de humo, que son inherentes o se deben a la modificación del comportamiento frente al fuego de los materiales. La resistencia al fuego generalmente se logra protegiendo los elementos vulnerables de la construcción y / o diseñando para un desempeño residual.

Con respecto a la seguridad humana, se aplican las normas nacionales de salud y seguridad. Dependiendo de la ubicación y propiedad de la turbina, el desarrollo de un plan de respuesta a emergencias puede ser uno de los requisitos. **Se recomienda que el operador de una instalación eólica proporcione un plan detallado de seguridad contra incendios que contenga detalles tales como un Plan de Respuesta a Emergencias y un Plan de Evacuación de Emergencia**. Esta documentación debe desarrollarse en colaboración con los servicios de rescate pertinentes. Además, **se recomienda realizar la formación pertinente para los trabajadores, así como para los posibles bomberos**.

Para reducir la gravedad de los incendios de la góndola, se pueden instalar varios tipos de **tecnologías enfocadas en prevenir que se inicien incendios en los principales puntos de ignición: como sistemas de detección de incendios, detección de arco eléctrico, sistemas de monitorización de condición; pero solo los sistemas de supresión pueden apagar un incendio una vez que ha comenzado.**

Existen pocos proveedores experimentados en sistemas de extinción de incendios que cuentan con tubos flexibles de detección de calor y que una vez que se produce un incendio, la tubería se rompe y se libera automáticamente un agente de supresión a través de la tubería o mediante las boquillas más cercanas al punto donde se detecta la mayor cantidad de calor, extinguiendo el fuego donde comienza y antes de que pueda extenderse y sea imposible controlarlo.

De acuerdo a la empresa Firetrace[15], una vez que la capacidad de una turbina excede los 3 MW, el costo de la extinción de incendios para proteger las principales áreas de riesgo se ve compensado por el costo de reemplazar esa turbina. La instalación de sistemas de extinción de incendios en las principales fuentes de ignición generalmente cuesta menos de $30,000 USD: menos del 1% del costo promedio de instalación de una turbina eólica terrestre de 3 MW y menos del 0,6% del costo promedio de una pérdida por incendio.

Considerando que la frecuencia promedio de incendio es de uno o dos incidentes a lo largo de la vida útil de un parque eólico, es necesario hacer los cálculos de coste/ beneficio de la protección total de todos los puntos de ignición.

[15] https://www.firetrace.com/

5. Incendios en instalaciones Fotovoltaicas

Es importante exponer la importancia y trascendencia de los incendios en instalaciones FV, ya que además de los aspectos de seguridad, económicos y ecológicos, este tipo de incidentes pueden **afectar seriamente la aceptación, difusión y amplia implantación de la energía fotovoltaica.**

El incremento de plantas, y en muchos casos la rapidez en su construcción en un mercado altamente competitivo**, hace previsible el aumento del riesgo de incendios en los sistemas fotovoltaicos**. Adicionalmente, el envejecimiento de los materiales conducirá a un aumento de los fallos de aislamiento, problemas de contacto y resistencia de los conductores. En condiciones desfavorables estos defectos pueden desencadenar un incendio.

Además del gran crecimiento de instalaciones FV sobre suelo que hubo en la primera década de este milenio (ligadas a garantías de retribuciones económicas), recientemente, en España hay un auge de nuevas instalaciones FV para el autoconsumo, ya que el Real Decreto 244/2019 [16], que fomenta este tipo de instalaciones, simplifica los trámites administrativos requeridos y establece un mecanismo simplificado de compensación de la energía autoproducida y no consumida, pero ya sin retribuciones extras.

No hay razón para creer que los riesgos de incendio asociados a las instalaciones FV sobre cubiertas de naves y techos de edificios, son mayores que los asociados con

[16] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5089

otros equipos eléctricos, pero esta nueva legislación está incrementando exponencialmente las instalaciones FV en estos emplazamientos; por ello, es importante conocer los riesgos inherentes, principalmente el de incendio por un deficiente diseño, fallo en la instalación u omisiones en la O&M del sistema FV.

Hay países (principalmente Alemania, Australia, UK y EE.UU.) que llevan varios años instalando este tipo de instalaciones sobre cubiertas y edificios. De ellos se puede aprender, sobretodo en la prevención y en la fase de extinción de los incendios donde **los bomberos pueden verse afectados por no tener un camino despejado en el techo para cortar un orificio de ventilación, por resbalones y tropiezos con los módulos y cables, colapso estructural debido al peso extra, la exposición a la inhalación de sustancias nocivas y por supuesto, electrocuciones ante maniobras incorrectas de desconexión del sistema FV en el proceso de extinción del incendio.**

5.1 Antecedentes de siniestros FV

Con el objetivo de **crear conciencia de este importante tema** a continuación se exponen **algunos casos representativos y sus repercusiones de incendios tanto en instalaciones fotovoltaicas flotantes, sobre suelo, en techos de naves industriales y edificios**.

En Alemania, en junio de 2009 se produjo un incendio en el que hasta entonces era el sistema FV sobre cubierta más grande del mundo (5 MW) en la ciudad de Bürstadt (Hesse) en el sur de Alemania. El siniestro solo afecto alrededor de 80 metros cuadrados de módulos FV, gracias a la rápida intervención de los bomberos.

Ilustración 11: Foto de la instalación FV sobre cubierta de 5 MWp donde se produjo el siniestro de incendio. Se indica la ubicación del incendio en la esquina noroeste del sistema. Fuente: [17]

[17] http://www.polderpv.nl/nieuws_PV46.htm

Ilustración 12: Foto del siniestro de incendio de la instalación FV sobre cubierta de 5 MWp. Fuente: [18]

El fabricante de los módulos FV indico en su informe que de acuerdo al material fotográfico proporcionado por la ingeniería/instalador, algunos módulos se habían instalado cerca o incluso sobre las partes metálicas de un sistema de pararrayos existente y la película aislante del módulo (tedlar) pudo haberse rasgado ante movimientos por fuertes ráfagas de viento, lo cual pudo haber sido el motivo del inicio del incendio.

Ilustración 13: Foto de uno de los módulos FV del siniestro de incendio. Fuente: [19]

Por su parte, la ingeniería/instalador comentó que la causa radicó en la deficiente calidad del recubrimiento de los módulos FV y esto causó puntos calientes, según ellos,

[18] https://www.photovoltaik.eu/article-440918-30021/tauber-solar-und-bp-solar-streiten-weiter-.html

[19] https://www.photovoltaik.eu/Archiv/Meldungsarchiv/article-441702-110949/bp-solar-und-tauber-solar-legen-streit-um-buerstadt-brand-bei-.html

las estructuras metálicas de la instalación podrían energizarse si se rompía el aislamiento de los módulos.

Después de varios meses de acusaciones y litigios, las empresas involucradas firmaron una declaración conjunta [20] donde anunciaban la reconstrucción del sistema FV sobre la cubierta dañada. **Casi 3 años después del incidente**, la ingeniería/instalador comunicó en una nota de prensa [21] que **se habían invertido casi 2 millones de euros en la reconstrucción del sistema**. **Se instalaron más mecanismos de protección.** Toda el área se dividió en varias secciones más pequeñas, las cuales se pueden monitorizar individualmente. Se configuraron alarmas para informar en tiempo real el punto donde hubiera alguna irregularidad. Además, se capacito al personal de seguridad del edificio para interrumpir el suministro de energía (apagado de emergencia) ante una incidencia similar.
También incorporaron sus experiencias a un **nuevo protocolo de acción con el departamento de bomberos**. **Se instalaron tres torres de escaleras, con las cuales los bomberos pueden llegar al techo directamente desde tres lugares diferentes en caso de emergencia. Además, incluyeron en la cubierta contenedores, en cuales los bomberos encuentran todo el material necesario** para su uso y una bomba de agua que proporciona el caudal requerido. Por último, realizan un **simulacro anual de incendio sobre la cubierta.**

En septiembre del año 2012, nuevamente en Alemania, se registró otro siniestro de incendio en una cubierta FV de 50 kW sobre un almacén de piezas de plástico; afortunadamente la rápida intervención de los bomberos y la pronta desconexión del sistema FV redujeron los daños. Desde un inicio **los bomberos apuntaban a un fallo técnico**. Las investigaciones revelaron **signos de sobrecalentamiento e incendio en varios componentes de los sistemas FV (módulos dañados o descoloridos, cables desgastados y conexiones incorrectas**).

[20] https://www.tauber-solar.de/de/news-presse-eintrag/items/wiederaufbau-buerstadt.html?file=files/downloads/presse/Buerstadt_joint_release_dt.pdf
[21] https://www.tauber-solar.de/de/news-presse-eintrag/items/sonnenfleck-in-buerstadt.html

Ilustración 14: Foto siniestro de incendio sobre almacén. Fuente: [22]

En septiembre de 2013, en Delanco, Nueva Jersey (USA), un almacén de la empresa Dietz & Watson, con más de 7.000 módulos FV, fue consumido casi por completo. En el siniestro hubo **problemas con el suministro de agua en el sitio**, **los bomberos no sabían con certeza cómo actuar debido a los paneles solares instalados en el tejado**. Este evento influyó en la definición de los requisitos actuales del Código Eléctrico Nacional de USA, que prevé el apagado automático a nivel de módulo, para proteger a los equipos de respuesta inmediata contra el riesgo del flujo de electricidad, incluso si los interruptores eléctricos principales del sitio han sido apagados.

Ilustración 15: Fotos siniestro de Incendio de instalación FV en almacén Dietz & Watson, Nueva Jersey (USA) Fuente: [23]

En febrero de 2018, bomberos y personal de Protección Civil acudieron a la Ciudad Judicial de Jalisco (México), para sofocar el fuego y ayudar a **evacuar a más de 3.000**

[22] https://www.op-online.de/region/rodgau/feuer-solardach-rodgau-einsatz-2487464.html

[23] www.nj.com

trabajadores del recinto. Los bomberos indicaron que el incendio se produjo a un corto circuito en la instalación FV.

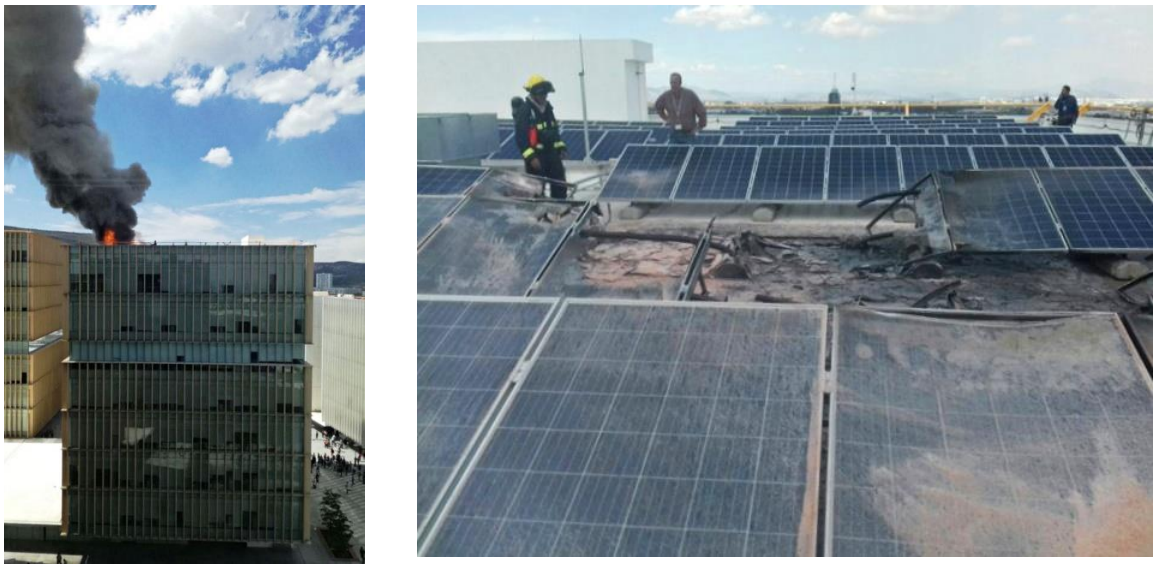

Ilustración 16: Fotos siniestro de Incendio de instalación FV en el techo de Ciudad Judicial Jalisco (México). Fuente: Canal44TV Video: [24]

En septiembre de 2019, la planta solar flotante de 13,7 MW, en la presa Yamakura, prefectura de Saga, resultó dañada por un incendio que se inició tras el paso del tifón Faxai (vientos de 120 mph). Los bomberos dijeron que **el incendio pudo haber sido generado por el fuerte calor producido por los paneles apilados**.

Ilustración 17: Fotos siniestro de Incendio en la mayor planta fotovoltaica flotante de Japón. Fuente NHK News Video: 25

[24] https://www.youtube.com/watch?v=0UoREDpGEWQ&t=25s
[25] https://abcnews.go.com/International/video/floating-solar-power-farm-catches-fire-japan-65518363

En agosto de 2020, los bomberos de la Diputación de Zaragoza (España), extinguieron un incendio en un transformador de la planta fotovoltaica de 600 MW del municipio de Chiprana. La eficiente intervención de los bomberos evitó daños mayores.

Ilustración 18: Fotos siniestro Incendio en un transformador en la planta fotovoltaica de Chiprana (Zaragoza) Fuente: Heraldo.es

En octubre de 2020, se produjo un incendio en algunos inversores del Parque Solar Ullum II (Argentina), los técnicos de campo se dieron cuenta a tiempo y solo se vio afectada el 4% de la capacidad operativa (3MW del total de 82 MW), afortunadamente las pérdidas no comprometieron los compromisos contractuales del PPA (Power Purchase Agreements).

Ilustración 19: Fotos siniestro Incendio de inversores en parque solar Ullum (Argentina). Fuente: PV Magazine

5.2 Principales causas de incendio

La organización alemana **Instituto para la Investigación de Desastres y la Prevención de Pérdidas** (**IFS**) [26], que agrupa a compañías de seguros; lleva el registro de más de 15 000 investigaciones de siniestros de incendios en Alemania desde el año 2002. Indica que **aproximadamente un tercio de todos los incendios son provocados por la electricidad, representando el rubro más alto**.

De acuerdo a un estudio de incendios del año 2018 por parte del **Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE** [27] "PV Systems and Fire Hazard - Experiences and discussion topics in Germany", **el 28% de los incendios fueron causados por una deficiente instalación (fallas en las conexiones eléctricas por error humano y sobrecalientamiento)**. De 120 casos analizados, 75 casos registraron daños severos y la pérdida total de edificios en 10 casos.

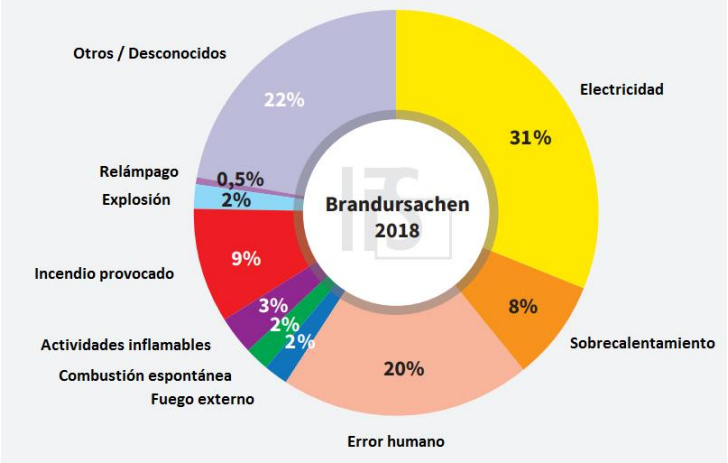

Ilustración 20: Causas de incendio en edificios en Alemania (año 2018). Fuente: [28]

La Comisión japonesa de investigación de la seguridad de los consumidores informó sobre 127 problemas en instalaciones FV sobre tejados, "incluidos los incendios", que se produjeron durante un período de diez años que finalizó en noviembre de 2017. De ellos, **13 provocaron incendios a partir de un módulo o cable, y 7 de ellos se extendieron hasta el tejado**. En octubre de 2018, había 2,4 millones de instalaciones con energía solar en los tejados de Japón.

De acuerdo a PVMAGAZINE, el análisis de los incendios en Corea del Sur encontró que los 23 incendios FV inspeccionados estaban todos **relacionados con la instalación y el diseño.**

[26] https://www.ifs-ev.org/das-institut/wir_ueber_uns/
[27] https://www.ise.fraunhofer.de/
[28] https://www.ifs-ev.org/schadenverhuetung/ursachstatistiken/brandursachenstatistik/

En Australia, la red de Investigación de Incendios **Australasian Fire and Emergency Service Authorities Council (AFAC)**[29] proporcionó estadísticas sobre incendios relacionados con sistemas FV en cuatro estados (NSW, QLD, VIC, WA). **Entre los años 2009 a 2015 se registraron un total de 400 incendios que involucraban sistemas FV**.

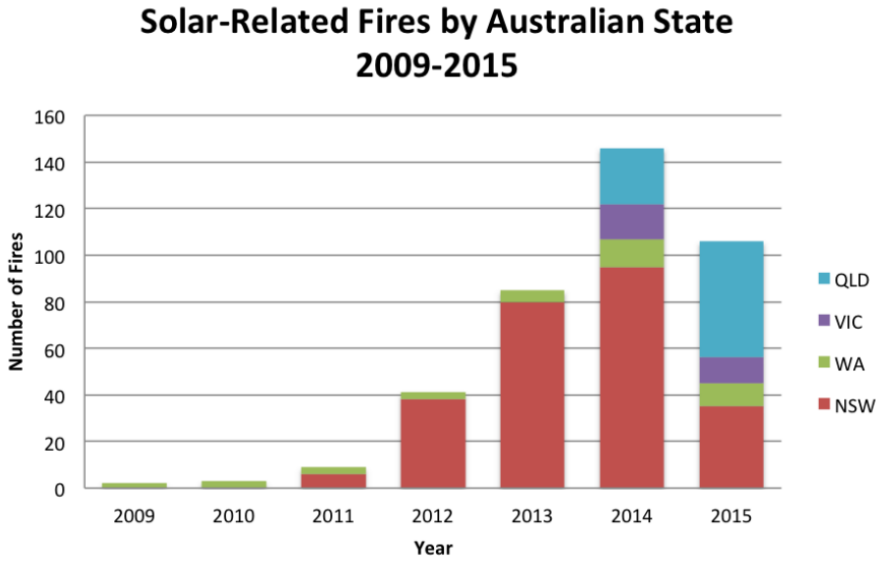

Ilustración 21: Incendios en las plantas FV en 4 estados de Australia 2009 a 2015. Fuente: AFAC [30]

Aproximadamente el 40% de los incendios registrados tuvieron causas desconocidas. **El 35% de los registros de incendios fueron causados por equipos eléctricos (se incluyen los inversores y aisladores).**

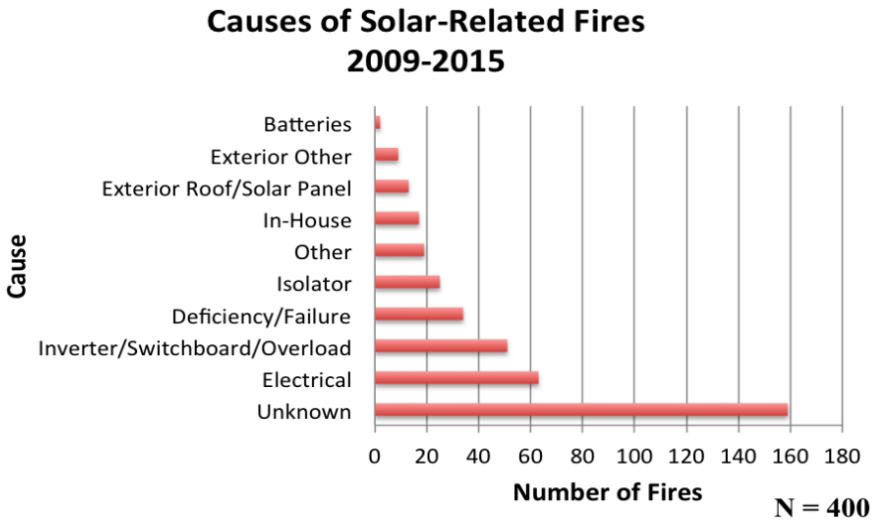

Ilustración 22: Causas de los Incendios en las plantas FV 2009 a 2015. Fuente: AFAC [31]

[29] https://www.afac.com.au/
[30] https://renew.org.au/wp-content/uploads/2018/08/FireRisksOfSolarPV_ATA_D16_Final.pdf
[31] https://renew.org.au/wp-content/uploads/2018/08/FireRisksOfSolarPV_ATA_D16_Final.pdf

En Alemania, Australia y Gran Bretaña, **la mayoría de los fallos se produjeron en el lado de la CC del circuito eléctrico** (módulos fotovoltaicos, cableado de CC, seccionadores de CC, etc.) [32].

5.2.1 Análisis detallado

En junio de 2018 **TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH** y **Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)**, publicaron un análisis detallado de casos de incendios en sistemas FV registrados en Alemania.

De 103 casos estudiados, **los errores de instalación y los defectos de producto predominan** en gran medida sobre los factores externos como la causa. Los fallos de funcionamiento que involucran líneas de aluminio se engloban dentro de los errores de instalación o de diseño y por razones de claridad aparecen como áreas sombreadas y se cuantifican por los números internos.

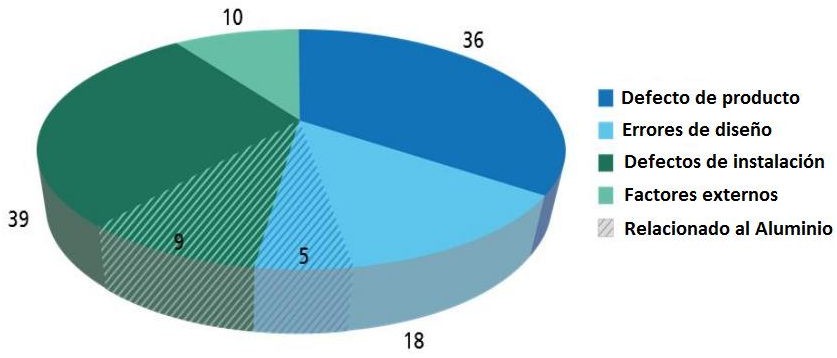

Ilustración 23: Causas de daños que provocaron incendios en 103 sistemas FV. Fuente: TÜV y ISE

Los "**defectos de producto**" se refieren especialmente a módulos e inversores. En el pasado, varios fabricantes de módulos tuvieron partidas defectuosas y de baja calidad en la fabricación. Algunas series de inversores también presentaron consistentemente defectos en diseño y/o fabricación.

Los "**errores de diseño**" se refieren, por un lado, al diseño mecánico con errores como: **módulos sin la separación correcta, lo que hace que se fracturen y se produzcan arcos eléctricos**. Rieles de montaje colocados demasiado juntos dañaron las cajas de conexión y produjeron arcos eléctricos. Instalaciones en el exterior de cajas de conexión e inversores desprotegidas. Omisión de cortafuegos en las trayectorias de las líneas de CC dentro del edificio, por lo que un incendio puede ser directamente conducido al interior.

[32] https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/630639/fire-solar-pv-systems-investigations-evidence.pdf.

Inversores inadecuados al aire libre, inversores colocados inadecuadamente (insolación directa, gases corrosivos). Cables y líneas de menor tamaño. Interruptor principal de CC de tamaño reducido. Fusibles incorrectos en el extremo de CC. Líneas de CC en las cajas de conexiones del generador que rozan los bordes metálicos. Terminales inadecuados en líneas de aluminio. Estos errores pueden tener una gran influencia en las posibles consecuencias de un incendio.

Los "**defectos de instalación**" son **las causas más frecuentes de fallas**. En parte, estos defectos pueden deberse a condiciones de instalación extremas. Algunos de estos defectos son:

- Conectores mal enchufados o engarzados
- Terminales de tornillos no apretados
- Aislamiento inadecuado de las líneas
- Fallos de instalación en las líneas de aluminio (terminales incorrectos, sin control de par de apriete)
- Sin alivio de tensión en los cables (provoca tensión mecánica en las terminales)

Los "**factores externos**" son principalmente las mordeduras de animales, los daños de un rayo o accidentes fortuitos causados por trabajadores.

Supuestamente la parte de CC es la más crítica debido a las numerosas conexiones eléctricas, la gran cantidad de componentes expuestos a la intemperie; sin embargo**, los defectos son más frecuentes en la parte del sistema FV de CA**, aunque el número de componentes es menor que en la parte de CC en un factor de 10 a 1 y los equipos estén alojados en lugares protegidos contra la intemperie y mayores protecciones eléctricas.

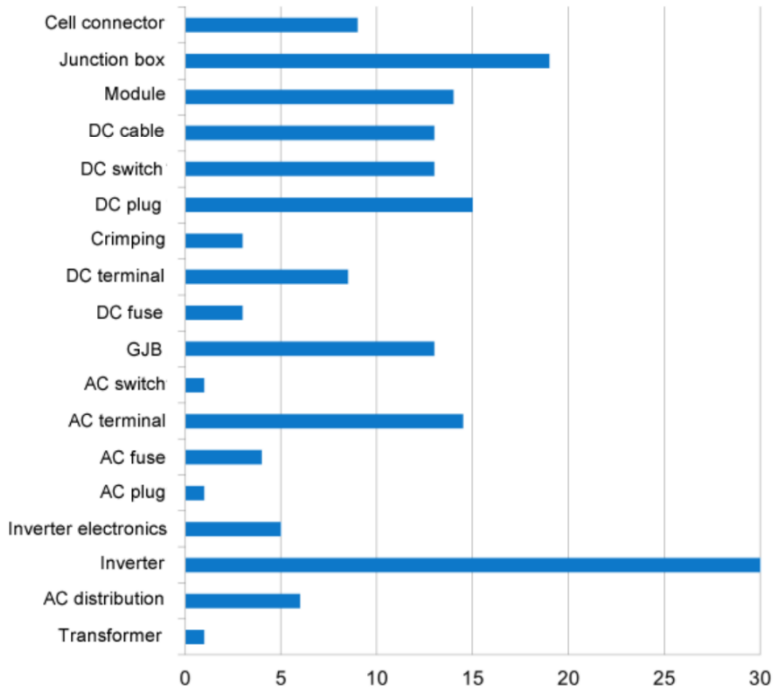

Ilustración 24: Número de defectos por componente (número total de defectos: 174). Fuente: TÜV y ISE

Los defectos que se producen en módulos e inversores, no es muy sorprendente, ya que el módulo es un destacado componente cuantitativamente hablando, y el inversor el componente más complejo, de un sistema FV.

En el sector de CA, después del inversor, el "terminal de CA" es la ubicación más común de defectos (los errores de instalación se vuelven especialmente evidentes).

Las terminales de los tornillos tienen un mayor riesgo de causar sobrecalentamiento en comparación con otras tecnologías de conexión.

La organización **PVEUROPE** [33] advierte sobre **otra causa de incidentes**: los **daños por caída de rayos en cubiertas FV**, siendo uno de ellos el incendio, pero también lesiones a los ocupantes del recinto y que estén en zonas perimetrales. **Recomienda el diseño e instalación de equipos a medida de acuerdo a las características de cada sistema FV**.

5.2.2 Carencia de documentación técnica adecuada

De acuerdo a una publicación conjunta por parte del **TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH** y el **Fraunhofer - Institut für Solare Energiesysteme (ISE)** llamada "*PV-Brandschutz – Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaik-Anlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung*" [34] de junio de 2018, algunos errores en la

[33] https://www.pveurope.eu/News/Planning-Operation/Solar-advice-Protect-your-roof-top-installation
[34] https://www.ise.fraunhofer.de/en/research-projects/pv-brandschutz.html

fase de instalación se deben a que **la documentación del fabricante a menudo contiene información insuficiente sobre posibles fuentes de peligro.**

Respecto a los **módulos FV**, aunque todos los fabricantes cumplen las mismas normas de calidad, por lo general los fabricantes alemanes proporcionan **instrucciones de instalación más completas** que sus competidores internacionales, especialmente cuando se trata de medidas de seguridad y protección. **Se recomienda que al igual que se exigen las garantías de los módulos, se exijan las instrucciones completas de instalación para verificarlas en la operación y mantenimiento.**

Las instrucciones de instalación para inversores son considerablemente más completas que para otros componentes. Además, cubren temas de operación y mantenimiento.
Los problemas de seguridad laboral reciben relativamente poca atención. Si bien las medidas de protección individuales como la desconexión antes de trabajar en el inversor y la consideración de los tiempos de descarga de los condensadores preceden a los pasos operativos particulares.

Generalmente faltan referencias a las pautas de seguridad en el trabajo, al equipo de protección y al uso de las herramientas correspondientes. El alivio de tensión y la fijación de los cables de conexión rara vez se abordan. Los diversos fabricantes tratan el tema de la conexión de maneras muy diferentes. Mientras que algunas instrucciones proporcionan información extensa o al menos algunas notas sobre la conexión, otras descuidan completamente el tema.

En el rubro de los **Cables de CC y conectores**, los grandes fabricantes proporcionan instrucciones especiales para el usuario, mientras que los otros se limitan a breves guías. **El alcance de las instrucciones varía más para cables y conectores que para otros componentes del sistema**. La documentación de varios fabricantes contiene información contradictoria sobre la compatibilidad de diferentes sistemas. En particular, muchas compañías más pequeñas afirman que sus sistemas son compatibles con los sistemas de conector estándar, mientras que los fabricantes de estos últimos desaconsejan categóricamente las combinaciones con otros sistemas.

Referente a los **sistemas de montaje**, las instrucciones de ensamblaje son generalmente extensas, pero se orientan más al ensamblaje que al diseño y a la resistencia estática del sistema. Algunas instrucciones contienen recomendaciones para evitar daños causados por rayos y sobretensiones mediante la canalización de cables, instalación de pararrayos y conexión a tierra del bastidor auxiliar.

La mayoría de las investigaciones dan como mayor causa fallos en la instalación y en lo referente a los temas eléctricos, por ello, apretar correctamente las conexiones es el reto número uno, ya que las conexiones sueltas pueden provocar arcos eléctricos que causan fuego a los objetos cercanos.

5.2.3 Antigüedad de las instalaciones

Del informe del ISE del año 2018, la mayoría de los siniestros ocurrieron en los primeros años de la instalación, de 99 casos, se encontró una significativa acumulación de daños durante el primer año de operación. En opinión de los autores, la gran cantidad de daños se deben a defectos en la producción (principalmente inversores) y por otro lado a las malas condiciones de trabajo durante la instalación. En 2011, por ejemplo, alrededor del 40% de la capacidad recién instalada en Alemania se instaló en el mes de diciembre, bajo presión de tiempo y condiciones de trabajo adversas. Se sabe que la causa está relacionada con la fecha límite de entrega de las instalaciones al haber de por medio término de compensaciones económicas o plazos límite de puesta en servicio que podían afectar la viabilidad económica de los proyectos.

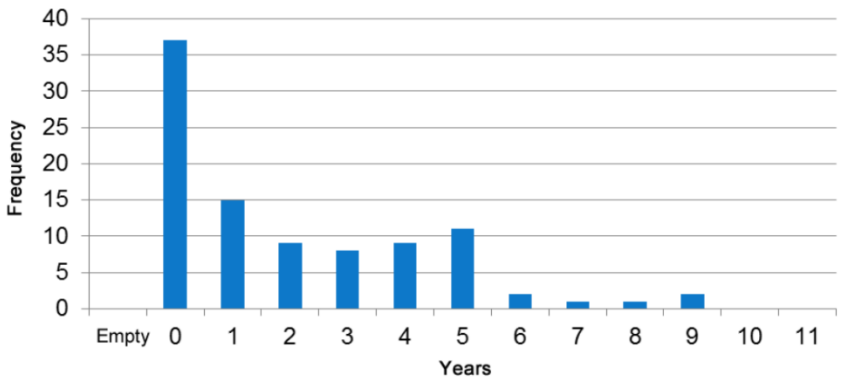

Ilustración 25: Antigüedad de los sistemas al momento del daño (99 casos). Fuente: TÜV y ISE

5.2.3.1 Mes y hora de los incendios

Los siguientes dos gráficos ayudarán a comprender los mecanismos que pueden provocar un incendio. Muestran el mes y la hora del día en que se produjeron los incidentes.

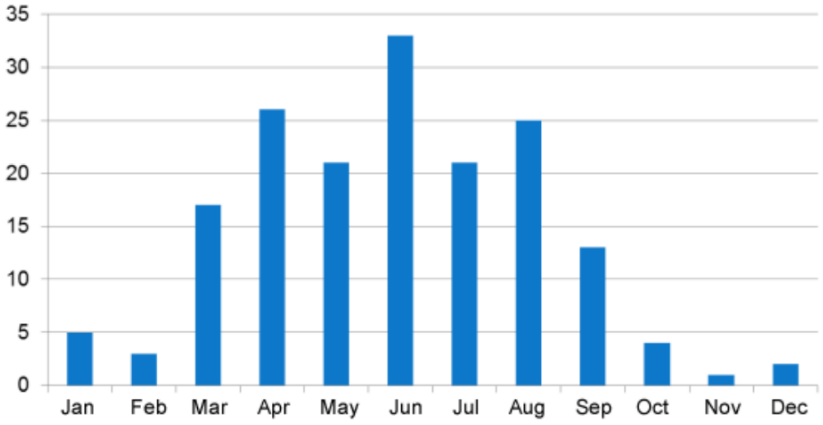

Ilustración 26: Número de casos de incendio por mes (total: 171 casos). Fuente: TÜV y ISE

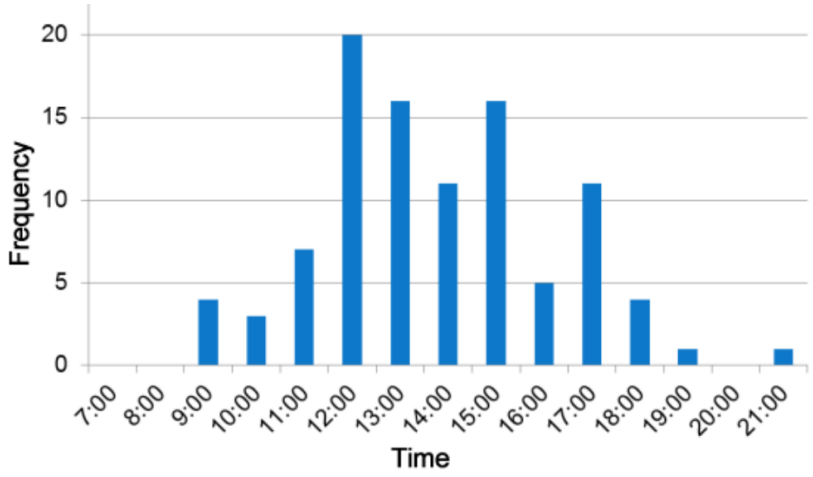

Ilustración 27: Incidentes en función de la hora del día (datos de solo 99 casos) Fuente: TÜV y ISE

Los gráficos muestran que **el mal funcionamiento aumenta con el nivel de irradiación. La mayoría de los fallos de funcionamiento están relacionados con la corriente, es decir, debido al fallo de las conexiones o contactos y sobrecarga del equipo operativo.** Los defectos de aislamiento juegan un menor papel.

5.2.4 Arcos eléctricos

Como se ha mencionado anteriormente, **una mala configuración o deficiente instalación aumenta el riesgo de formación de un arco eléctrico, lo que puede provocar un incendio en la planta.**

Un arco eléctrico es el flujo de energía eléctrica en un espacio de aire a través de moléculas de gas ionizado. Si bien el aire se considera normalmente como un medio no conductor, una gran diferencia de potencial (voltaje) entre dos conductores cercanos puede hacer que las moléculas de aire se descompongan en sus componentes ionizados (llamados 'plasma'), que luego pueden transportar un cargar de un electrodo al otro. **La**

temperatura de un arco eléctrico depende de una serie de factores, como el nivel de flujo de corriente, pero en un sistema fotovoltaico típico, **es lo suficientemente caliente como para fundir vidrio, cobre y aluminio e iniciar la combustión de los materiales circundantes.**

Los sistemas fotovoltaicos admiten arcos eléctricos en caso de falla ya que funcionan con voltajes y corrientes de CC apreciables y en constante variación. También tienen que soportar condiciones ambientales extremas y tienen una vida útil muy larga. Por esa razón, aunque la probabilidad de que se forme un arco en un generador FV bien diseñado e instalado con materiales de calidad es muy baja, no se puede descartar por completo. Por lo tanto, **el problema del arco eléctrico merece una atención especial en referencia a los riesgos de incendio**.

El arco de CC es más peligroso que el arco de CA porque no hay caídas a cero cuando la corriente cambia de dirección y el arco de CA tiende a autoextinguirse a medida que el voltaje alterna. **En los sistemas de CC una vez que se ha establecido un arco, continuará mientras el voltaje DC esté presente**.

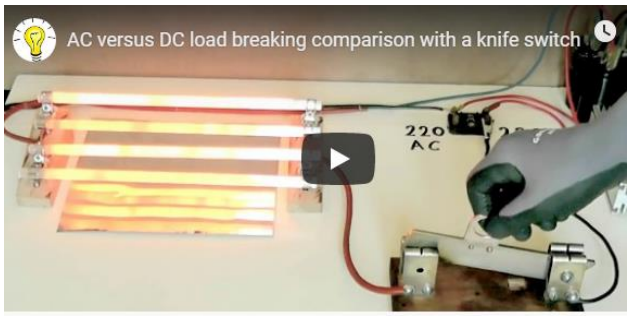

Ilustración 28: Comparativa de comportamiento de arco eléctrico CA vs CC. Fuente: Electric Experiments Roobert33 [35]

[35] https://www.youtube.com/watch?v=Zez2r1RPpWY

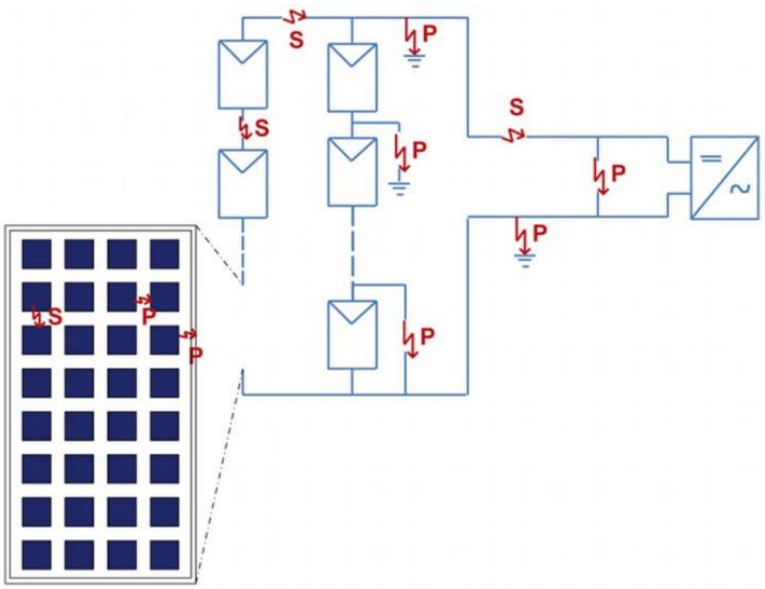

Ilustración 29: Tipos de fallas de arco que pueden ocurrir en un sistema FV. S = fallas de arco en serie, P = fallas de arco paralelo. Fuente: ***MAPFRE*** [36]

Para que se produzca un arco eléctrico estable y de combustión libre, debe haber suficiente voltaje disponible para el arco eléctrico. **Tanto el voltaje mínimo como la corriente mínima de un arco eléctrico dependen del material**.

En el caso del cobre, son 13 V y 0.4 A, respectivamente[37]. Mediciones realizadas en **TÜV Rheinland** confirman estas magnitudes[38]. El arco eléctrico en sí se distingue por temperaturas extremadamente altas > 10,000 K, por tanto, **el fuego resultante puede extenderse fácilmente a los componentes circundantes.**

Ilustración 30: Demostración de Arco Eléctrico en módulos FV. Fuente: AC Solar Warehouse [39]

[36] http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n000/numAnteriores.html (año 34, No. 133)
[37] P. Slade, Electrical Contacts, Marcel-Dekker, New York, 1999.
[38] http://www.pv-brandsicherheit.de/fileadmin/downloads_fe/Leitfaden_Brandrisiko_in_PV-Anlagen_V01.pdf
[39] https://www.youtube.com/watch?v=S9a2oPCIMr0

De acuerdo a una Investigación del comportamiento y resistencia al fuego de los módulos fotovoltaicos editada por el **Fraunhofer IRB [40], los módulos fotovoltaicos son combustibles independientemente de su tecnología y diseño, y pueden continuar ardiendo independientemente en caso de un incendio a gran escala**.

En pocos minutos, los materiales en llamas (películas, vidrio fundido) pueden comenzar a gotear. Las placas de vidrio también pueden explotar después de unos minutos. Los módulos de vidrio-vidrio desarrollan menos calor de combustión y gases de humo debido a su menor contenido de polímero.

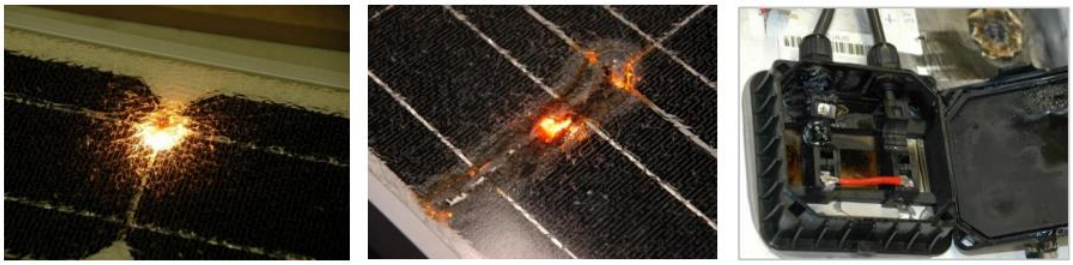

Ilustración 31: Arcos eléctricos en módulos FV. Fuente: TÜV Rheinland

Sin duda, **ante un mal funcionamiento de conductores y conectores, el mayor peligro potencial dentro de un sistema FV proviene de los arcos eléctricos**. Un solo módulo contiene cientos de contactos entre las celdas y cadenas individuales.

En Europa actualmente no hay ninguna normativa que exija un circuito de extinción del arco eléctrico en inversores FV. La **Norma IEC 63027** "Detección & Extinción del Arco DC en Sistemas FV"[41] está **en proceso de elaboración**. Esta norma pretende aportar los requisitos de AFCI en sistemas FV.
Las fallas de arco de CC pueden presentarse donde haya uniones eléctricas. Esto puede originarse en los módulos FV, los conectores de CC, el cableado de CC, las uniones en los aisladores de CC o dentro del inversor.
Dependiendo de la ubicación de la falla, actuar sobre el aislador de CC puede aislar la falla y extinguir el arco, sin embargo, esto requerirá ubicar el aislador de CC correcto.
La interrupción de una falla de arco de CC con un aislador no está exenta de peligros propios y solo se consideraría como último recurso.

Apagar el inversor no eliminará del todo una falla de arco de CC, pero si reducirá los daños. Hay algunos inversores de cadena disponibles ahora con detección de falla de

[40] https://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Systematische-Untersuchung-des-Brandverhaltens-und-des-Feuerwiderstandes-von-PV-Modulen-einschlie%C3%9Flich-der-Emission-im-Brandfall/20128035519/
[41] https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/proyecto?c=P0052776

arco incorporada. Sin embargo, estos inversores NO detectan ni aíslan todos los tipos de fallas de arco de CC.

Los inversores con detección de arco incorporada identifican una falla de arco de CC que detecta ruido en el cableado de CC producido por el arco. Una vez que se detecta un arco, el circuito de CC en el inversor queda aislado. Esto extinguirá un arco de 'serie' pero NO extinguirá un arco de falla 'paralelo' o de 'tierra'.
El cableado de CC aguas debajo de los módulos y hasta el inversor permanecerá activo cuando el circuito de CC esté aislado en el inversor. Una falla paralela o de tierra continuará formando un arco en los sistemas solares usando inversores de cadena con protección de falla de arco en CC.

Ilustración 32: Daños por arcos eléctricos en CC. Fuente: AC Solar Warehouse

Los equipos de desconexión de módulos son innecesarios para la prevención de incendios en plantas fotovoltaicas. Y por ello el instituto de ensayo independiente **TÜV** no prescribe el uso de equipos de desconexión de módulos: "*El análisis objetivo correspondiente ha dado lugar a que el cuerpo de bomberos se haya posicionado en contra del uso generalizado de equipos de desconexión argumentando que, por regla general, ningún dispositivo de desconexión está exento de fallos*" [42].

El uso de optimizadores de módulos puede ser útil, por ejemplo, en plantas fotovoltaicas ubicadas en zonas donde hay mucha sombra, con la finalidad de maximizar el rendimiento de la planta fotovoltaica y minimizar la carga del módulo que se encuentra a la sombra. Se recomienda solo instalarlos en los módulos afectados para emplear así solo los componentes y conexiones estrictamente necesarios.

Añadir equipos adicionales se traduce en un número mayor de conexiones y componentes que podrían fallar. Añadir, por ejemplo**, equipos para la desconexión de módulos duplica el número de conexiones de CC**, lo que a su vez aumenta la cantidad de lugares en los que podría surgir un problema, ya sea el fallo de un componente, un error de instalación o conexiones realizadas incorrectamente. **Siempre existe el riesgo de que un sistema de protección que no esté instalado y mantenido correctamente no funcione cuando ocurra una falla.**

Gracias a **la incorporación de nuevas funciones de seguridad, los sistemas FV son cada vez más seguros, si están configurados e instalados correctamente es muy poco**

[42] https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/pv-brandschutz.html

probable que se produzca un incendio. **Los sistemas FV podrían ser aún más seguros si se eliminasen los errores humanos que tienen lugar durante el diseño e instalación de las plantas.**

En 2014, EE.UU. introdujo a través del Código Nacional de Electricidad (**NEC**), **requisitos de apagado rápido en paneles solares. Esto desactiva el cable de CC desde el techo hasta el inversor cuando el sistema está apagado**. Varias marcas ya ofrecen sistemas de pagado rápido (Rapid shutdowwn boxes). Si bien esto ha ayudado, los incidentes de fallas de arco de CC con el conjunto solar han continuado, por lo que ahora planean introducir medidas para limitar el voltaje máximo de CC dentro de los conjuntos a 80 V CC o menos cuando el sistema se apaga. Se están tomando estas medidas para proporcionar también una mayor seguridad para los servicios de emergencia y cualquier persona que pueda entrar en contacto con el sistema solar.

También es importante considerar que **la probabilidad de una falla de arco DC aumenta a medida que los sistemas solares envejecen**. Esto se debe a que las uniones en el cableado de CC se corroen con el tiempo aumentando la impedancia, causando calor y la ruptura de la continuidad de la unión dando como resultado una falla de arco de CC. Además, los sellos en aisladores, conductos, etc. se degradan con el tiempo permitiendo un aumento de agua que puede causar una falla de arco de CC. Asimismo, **los roedores, los insectos, las aves pueden dañar el aislamiento.**

Por todo lo anterior, **AEMER** promueve ampliamente la **certificación de calidad de las empresas de O&M** renovable que garantizan una operación segura y el cumplimiento de las normativas de los fabricantes. Promoviendo un **sector fotovoltaico con personal diversificado y cualificado. Una mano de obra cualificada exige una formación y sistema de certificación adecuados.**

5.3 Seguridad del personal de emergencia y bomberos ante un siniestro de incendio FV

Cuando se presentaron los primeros siniestros de incendio en sistemas FV, prevaleció la incertidumbre generalizada, se generaron informes drásticamente exagerados en algunos medios de comunicación[43] y en consecuencia, dudas públicas sobre la seguridad de los sistemas fotovoltaicos montados principalmente en cubiertas de naves industriales y tejados de viviendas. Pero todo ello por la falta de información a la sociedad y capacitación a los bomberos.

Los incendios que implican energía FV, presentan riesgos nuevos para los bomberos a comparación de cualquier otro incendio que involucra electricidad. Cualquier incendio que involucra un sistema FV en un edificio o vivienda requiere que sea atendido por

[43] https://www.youtube.com/watch?v=A0piSVAKWSY

personal ampliamente capacitado, ya que las actuaciones de extinción presentan un mayor riesgo para los bomberos.

Además del riesgo eléctrico que se puede tener al tener un sistema generador de electricidad mientras haya irradiación en pleno siniestro de incendio, se tienen otros riesgos como la posible liberación de metales pesados y toxinas de las células fotovoltaicas durante la combustión. Por lo tanto, aunque se considera que tales riesgos son bajos, se necesita precaución, como con cualquier incendio que involucra elementos electrónicos.

En diferentes países se están desarrollando guías de actuación para minimizar la vulnerabilidad del bombero ante los riesgos eléctricos y de accidentes al mitigar un incendio que involucra sistemas de módulos FV.

También existen proyectos de investigación como el desarrollado por los laboratorios **Underwriters Laboratories Inc** (**UL**) - "*Firefighter Safety and Photovoltaic Installations Research Project"* [44] asistido por el **Departamento de Seguridad Nacional (DHS)** [45] de los Estados Unidos. El proyecto estudió el desempeño eléctrico y diversos experimentos contra incendios con la finalidad de identificar y cuantificar el riesgo de descarga eléctrica que puede estar presente durante las actividades de supresión, ventilación y revisión asociadas a un siniestro de incendio de un sistema FV. El objetivo del estudio fue desarrollar datos con base científica que puedan usarse como base para una amplia capacitación de los bomberos para combatir incendios de manera segura y efectiva en instalaciones fotovoltaicas.

Las preocupaciones clave incluyeron la vulnerabilidad del bombero a los riesgos eléctricos y de accidentes al mitigar un incendio que involucra estos sistemas. A través de esta investigación, la empresa **UL** desarrolló los datos empíricos necesarios para cuantificar los peligros y proporciona la base para el desarrollo de prácticas operativas para reducir las lesiones y la muerte de los bomberos. Los principales hallazgos fueron:

1. **El riesgo de descarga eléctrica debido a la aplicación de agua depende del voltaje**, la conductividad del agua, la distancia y el patrón de rociado. El agua salada no debe usarse con electricidad viva. Se determinó una **distancia segura de 20 pies para reducir el potencial de peligro de descarga eléctrica de una fuente de 1000 V CC a un nivel inferior a 2 mA.**

2. **Las cajas eléctricas de interconexión** que tienen clasificación de uso en la intemperie, **no son resistentes a la penetración de agua por chorros de una**

[44] http://www.globalfireresearch.com/reports/research/firefighter-safety-and-photovoltaic-installations-research-project#.XWPCwOMzaCg
[45] https://www.dhs.gov/

manguera contra incendios, por tanto, es un foco de peligro eléctrico al acumular agua internamente.

3. **Los guantes y botas de bombero ofrecen protección limitada contra descargas eléctricas**, solo cuando la superficie aislante esté intacta y seca.

4. **Apagar un sistema FV no es tan simple como abrir un interruptor de desconexión**. Cada sistema tiene sus características de diseño y puede haber múltiples circuitos conectados a un punto común como una caja de primer nivel. **Todos los circuitos que vierten energía a este punto en común deberán desenergizarse y revisar el resto de puntos de concentració**n. A diferencia de un típico cuadro eléctrico o sistema de gas; en un sistema FV, **por lo general no hay un único punto de desconexión**.

5. Cubiertas portátiles (lonas) para tapar los módulos FV ofrecen diversos grados de efectividad para interrumpir la generación de energía de un sistema FV. Como guía general, si se puede ver la luz a través de una lona, no se debe usar. Se debe tener precaución durante el despliegue de lonas en equipos dañados, ya que una lona húmeda se puede energizar y conducir una corriente peligrosa si entra en contacto con otros equipos activos. **No se debe confiar en la espuma contra incendios para bloquear la luz.**

Ilustración 33: Experimentos con lonas para interrumpir la generación eléctrica. Fuente: UL

6. **Ante fuentes de luz artificial**, como las luces auxiliares de los camiones de bomberos o la misma exposición al fuego, **los sistemas fotovoltaicos son capaces de producir suficiente energía eléctrica para causar un importante peligro**.

Ilustración 34: Generación eléctrica nocturna con iluminación artificial y por irradiación de fuego cercano
Fuente: UL

7. Los módulos fotovoltaicos gravemente dañados son capaces de producir situaciones peligrosas.

8. La manipulación de herramientas para la extinción de incendios puede causar daños físicos a los módulos FV que deriven en riesgos eléctricos y de incendio. Hay que prestar mayor cuidado en cubiertas metálicas ya que la superficie por lo general es conductiva a diferencia de otros tipos de materiales.

9. Cortar los cables conductores en las canaletas de metal y plástico produce riesgos eléctricos y de incendio. **Se debe tener cuidado durante el proceso de ventilación y revisión.**

10. El personal debe mantenerse alejado de la línea del techo, ya **que módulos individuales o secciones pueden deslizarse del techo**.

11. Los incendios originados debajo de los módulos, pero por encima del techo pueden romper los materiales de los techos y cubiertas, permitiendo que el fuego se propague a zonas internas.

Pruebas de conductividad confirmaron que **si se mantienen las distancias mínimas (5 m con chorro completo y 1 m con chorro de pulverización), no habrá peligro para los trabajadores de rescate por corrientes eléctricas peligrosas a través del chorro de agua de extinción**.
Los aditivos de espuma aumentan la conductividad.
Los sótanos inundados con instalaciones eléctricas como inversores o acumuladores eléctricos (baterías) representan un peligro para la vida en caso de falla.
Además del riesgo de descarga eléctrica, se pueden formar gases cáusticos y explosivos (gases electrolíticos). Por lo tanto, una buena ventilación es esencial.

No hay dos eventos de incendio FV que sean iguales y no todos los escenarios tienen un único procedimiento de actuación. La mayoría de las veces, depende de diversas variables que hay que evaluar previamente.

Por otra parte, la organización independiente **BRE GLOBAL**[46] cuyo objetivo es garantizar que los productos y servicios contra incendios, seguridad, medioambientales, recibió en 2015 un contrato por parte del **Department for Communities and Local Government** (**DCLG**)[47] del Gobierno del Reino Unido para garantizar que los resultados de las investigaciones sobre incendios en sistemas FV se pongan a disposición de la comunidad de bomberos y otras partes interesadas. En su informe "*Fire safety and solar electric/photovoltaic systems*"[48]. Los principales problemas ante actuaciones de incendios de sistemas FV que encontraron fueron los siguientes:

- **Los bomberos pueden no detectar a simple vista la existencia de un sistema fotovoltaico**, sobretodo en naves industriales y edificios comerciales en el cual el sistema puede estar oculto. Por ello, en las guías de actuación se está poniendo énfasis en la señalización del tipo de sistema FV instalado. **Las señales se deben colocarse cerca del punto de corte eléctrico al cual acceden normalmente los bomberos.**

- Los bomberos no están acostumbrados a lidiar con CC en edificios, aunque tienen una experiencia considerable en el manejo de la electricidad de los vehículos (que es CC). Hay voltajes de CC potencialmente muy altos (hasta 1000 voltios de CC en instalaciones grandes) que son más peligrosos que las instalaciones eléctricas de automóviles y las instalaciones eléctricas normales (CA).

- Partes del sistema FV pueden estar activas mientras haya irradiación, incluso la iluminación artificial puede generar pequeñas corrientes.

- Existe el riesgo de descarga eléctrica si los cables se cortan o se dañan por el fuego. Esto incluye cables de bancos de baterías que se utilizan para almacenar la electricidad generada.

- Si el techo del edificio se ve afectado por el fuego, la carga mecánica adicional debido al peso de los paneles fotovoltaicos, o la carga adicional de viento causada por los paneles, puede causar un colapso temprano del techo.

[46] https://www.bregroup.com/about-us/bre-global/
[47] https://www.gov.uk/government/organisations/ministry-of-housing-communities-and-local-government
[48] Fire safety and solar electric/photovoltaic systems By Martin Shipp, Ciara Holland, David Crowder, Steve Pester and John Holden

- Existe el riesgo de que los paneles, o el vidrio de los paneles, se rompan y caigan sobre el personal que se encuentra debajo.

- Dado que los paneles pueden ser resbaladizos, esto será un peligro para los bomberos que trabajan en el techo de un edificio y puede limitar el acceso y el uso de un techo. En general, **los paneles no deben usarse como pasarelas**, a menos que se confirme que han sido diseñados para soportar la carga mecánica.

- **Los módulos FV sobre una cubierta o tejado reducen las vías para desahogar la ventilación del humo y canalización controlada del fuego**. Se han reportado dificultades para combatir incendios en cubiertas FV desde plataformas aéreas. En un incidente particular, los módulos FV permanecieron en el techo cuando el resto del techo debajo se había derrumbado, ya que **los módulos FV desviaron el agua que se aplicaba desde la plataforma aérea.**

Ilustración 35: Siniestro de incendio con desprendimiento interno del tejado. Fuente: [49]

- Las instalaciones FV instaladas en edificios con inversores de cadena o centrales incluyen al menos un interruptor de aislamiento de CC. A menudo, cuando hay un largo tramo de cable entre las cadenas FV y el inversor, se puede usar un segundo aislador. Cuando se instalan microinversores, es posible que no haya interruptores de aislamiento de CC, ya que la mayoría del cableado es de CA.

- Los inversores (y los interruptores de aislamiento de CC) a menudo se instalan en el piso superior del edificio o en / debajo del techo. Es probable que esto no sea fácilmente accesible para los bomberos que abordan un incendio en el edificio. Hay nuevos productos disponibles que permiten que el interruptor de CC se opere de forma remota, por ejemplo, desde la unidad eléctrica principal a nivel de la planta baja. A veces se los conoce como 'interruptores de bombero'.

[49] https://www.bbc.com/news/uk-england-surrey-20714485

5.3.1 Recomendaciones para reducir incidentes de incendio FV

En la actualidad, no hay razón para creer que los riesgos de incendio asociados a los sistemas FV son mayores que los asociados con cualquier otro equipo eléctrico. Lamentablemente, **el "factor humano" es la fuente principal de fallas que originan un incendio**, por tanto, **las medidas de mejora se encuentran principalmente en el ámbito del aseguramiento de la calidad tanto en el diseño, la instalación y en el mantenimiento de los sistemas FV**.

La seguridad de los bomberos y otro personal que interviene depende de un conocimiento adecuado y una gestión adecuada de estos riesgos adicionales. Esto significa que **se debe impartir formación e instrucción adecuadas tanto a los bomberos como a los responsables de la evacuación de los edificios con estos sistemas**.

Los sistemas FV, como con todos los equipos eléctricos, deben estar diseñados correctamente, incluir componentes probados adecuadamente, estar instalados de manera competente y mantenerlos regularmente con profesionales capacitados.

Las inspecciones periódicas durante la operación son fundamentales para reducir los riesgos. Ayudan a detectar errores de instalación ocultos, defectos debidos al envejecimiento o defectos relacionados con un estrés extraordinario (mal tiempo). Por ejemplo, es de vital importancia detectar contactos de componentes defectuosos o envejecidos prematuramente, ya que estos defectos conducen a largo plazo al sobrecalentamiento, lo que en última instancia puede causar quemaduras o un arco eléctrico.

En caso de detección de fallas, la empresa de O&M deberá informar de inmediato a la propiedad y proponer planes correctivos.

Todos los interruptores deben inspeccionarse una vez al año para descubrir cualquier signo de calentamiento excesivo. Al igual que las líneas de CC, los interruptores deberían tener una capacidad de carga de al menos 125% de la corriente nominal del sistema.

Se recomienda evitar conexiones atornilladas en circuitos de corriente de carga, preferentemente usar de tipo resorte.

Los componentes de seguridad adicionales, como los detectores de arco eléctrico, pueden reducir aún más el riesgo, pero es más importante y decisivo un diseño profesional del sistema FV, la instalación con componentes de alta calidad y un mantenimiento reglar con personal altamente y constantemente cualificado.

Para los servicios de bomberos y rescate, es necesario formular una orientación operativa adecuada y sólida.

En la actualidad, no existe un "estado de la técnica" establecido para las paradas de módulos y generadores y, en consecuencia, todavía no existen estándares de productos e instalaciones. Mientras tanto, ante un rescate de personas, **el peligro se puede reducir manteniendo una distancia mínima de 1 m, como generalmente se recomienda para instalaciones eléctricas**.

Merece especial atención la correcta canalización o enrutamiento de los cables de CC en los sistemas FV, ya que, en casos de incidentes de incendio con visibilidad muy restringida, los cables de CC dañados representan un riesgo eléctrico de alto grado para los trabajadores de rescate. Por lo tanto, **el enrutamiento del cableado debería hacerse tanto como sea posible fuera del edificio o a través de conductos protegidos contra incendios**.

Una medida de protección elemental y efectiva para los bomberos es **una señal fácilmente visible que indica la presencia de un sistema fotovoltaico en el edificio**.

Para facilitar las acciones de los bomberos ante un siniestro de incendio, las edificaciones con sistemas FV instalados deberían tener como mínimo:

- Acceso seguro a la cubierta o tejado (múltiples en caso de una instalación grande).
- Pasillos específicos en el tejado (al menos 1 metro de ancho).
- Perímetro despejado de al menos 1 metro de ancho alrededor de los bordes del techo.
- Áreas de ventilación de humo.
- Salida de emergencia en la azotea.
- Distancia mínima de 1 metro alrededor de tragaluces, trampillas de ventilación e hidrantes.

Las empresas de O&M juegan un papel muy importante en la prevención de incendios FV, ya que son la entidad que de alguna manera audita el correcto diseño e instalación del sistema FV que debe mantener y preservar por su vida útil.

Por ello, **antes de firmar un contrato de O&M deberán requerir toda la información necesaria para diagnosticar si la instalación cumple con las especificaciones de los fabricantes y es segura ante probables causas de incendio.**

6. Servicios de calidad en las empresas de O&M

Por lo general, las empresas de O&M se enfrentan a una intensa rotación de actuación en diferentes instalaciones FV debido a las condiciones comerciales del sector; donde el precio a veces es más importante que la calidad de los servicios. Por tanto, las recomendaciones de diagnóstico y evaluación expuestas anteriormente pueden ser ejecutadas o evidenciadas solo por aquellas empresas del sector que tienen una naturaleza de ofrecer servicios de calidad.

AEMER detectó este comportamiento del sector hace varios años y lanzó una iniciativa para avalar la rigurosidad, excelencia, capacidad, profesionalidad y calidad de los servicios de las empresas que prestan servicios de O&M en el sector de las energías renovables.

Desde el año 2016 conjuntamente con la compañía internacional **Applus+** [50] certifica con un **sello de calidad** aquellas empresas que disponen de altos niveles de seguridad laboral, que cuentan con una estrategia de servicio definida, incorporando procedimientos y certificaciones de control de calidad, así como personal con amplia experiencia y formación adecuada, entre otras actividades.

El **Sello de Calidad ISP** (*Independent Services Provider*) **AEMER** [51], identifica a aquellas empresas con calidad suficiente para destacarse por su excelencia dentro del O&M. Es una garantía de cara a favorecer el crecimiento, consolidación y la confianza de los clientes en la Operación y Mantenimiento de activos renovables, consolidando y profesionalizando al sector.

[50] https://www.applus.com/es/
[51] https://aemer.org/sello-calidad-isp-aemer/