



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

Estudio de viabilidad de un sello de calidad para paneles fotovoltaicos de segundo uso

Autora:

Ranero Mata, Ana

Tutores:

Serrano Gutiérrez, Jorge
Departamento de Física de la Materia
Condensada, Cristalografía y Mineralogía

Martín Cruz, Natalia
Departamento de Organización de
Empresas

Valladolid, Junio 2021.

RESUMEN

Es sabido que las energías renovables, y en España en especial la solar, están en auge y tendrán un crecimiento exponencial en los próximos años. Este crecimiento también significa que toneladas de residuos de paneles solares serán desechados próximamente. Para lograr un medio ambiente más sostenible se puede alargar la vida útil de los paneles fotovoltaicos dándoles un segundo uso. Con el desarrollo de esta nueva industria se incrementará el autoconsumo entre particulares, quienes estarán interesados en paneles menos exigentes como los de segunda mano y el que hayan sido evaluados les aportará la confianza y seguridad sobre el buen estado del panel.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es realizar un estudio de viabilidad de la creación de un sello de calidad para paneles solares de segunda mano, para lograr disminuir el impacto ambiental y apoyar la economía circular.

Para lograrlo, se ha empleado un estudio DELPHI para prever la evolución del sector de energía solar y la posible cabida de un sello de calidad dentro del sector de segunda mano. Con esta información, posteriormente se desarrolla un proceso de evaluación del sello, en el que se explica el protocolo que se deberá llevar a cabo para la valoración del estado del panel y su rendimiento.

PALABRAS CLAVE

Calidad, paneles solares, segunda mano, proceso evaluación

NOTA: Durante todo el trabajo se utilizarán los términos panel solar/ panel fotovoltaico/ módulo fotovoltaico indistintamente, al igual que los términos paneles de segunda mano/ paneles de segundo uso.

ABSTRACT

It is known that renewable energies, and especially solar energy in Spain, are on the rise and will grow exponentially in the coming years. This growth also means that tons of solar panel waste will soon be disposed of. To achieve a more sustainable environment, the useful life of photovoltaic panels can be extended by giving them a second use. With the development of this sector, self-consumption by individual family units will increase. Some of them are likely to be interested in less demanding and more affordable panels such as second-hand ones and a certified inspection will provide them with the confidence and security of the good condition of the panel.

The objective of this Final Degree Project is to carry out a feasibility study for the creation of a quality seal for second-hand solar panels, in order to reduce the environmental impact and support the circular economy.

To achieve this, a DELPHI study has been used to foresee the evolution of the solar energy sector and the potential of a quality seal within the second-hand sector. With this information, a panel evaluation process is subsequently designed and developed, which contains the protocol to be carried out to assess the panel state and performance.

KEYWORDS

Quality, solar panels, second hand, evaluation process

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. CONTEXTO.....	10
1.2. OBJETIVOS	11
1.3. METODOLOGÍA.....	11
2. ESTUDIO DE VIABILIDAD	13
2.1. PANELES SOLARES.....	13
2.1.1. PRINCIPALES PARÁMETROS.....	15
2.1.2. FALLOS COMUNES EN PANELES SOLARES	18
2.1.3. ESTÁNDARES DE CALIDAD EN PANELES NUEVOS	24
2.2. VIABILIDAD DEL SELLO DE CALIDAD	28
2.2.1. ESTUDIO DE LAS 5 FUERZAS DE PORTER	30
2.2.2. MÉTODO DELPHI.....	40
2.3. DISEÑO DEL SELLO DE CALIDAD.....	51
2.3.1. ACREDITACIÓN.....	51
2.3.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN	52
3. CONCLUSIONES	60
4. BIBLIOGRAFÍA	61
5. ANEXOS.....	63
5.1. STAKEHOLDERS.....	63
5.2. CUESTIONARIO 1	64
5.3. CUESTIONARIO 2	85
5.4. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN PANELES DE SEGUNDO USO	96

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Capacidad fotovoltaica global acumulada proyectada [1]	10
Ilustración 2: Instalación fotovoltaica.....	13
Ilustración 3: Estructura básica de una celda fotovoltaica [4]	14
Ilustración 4: Tipos de paneles fotovoltaicos.....	15
Ilustración 5: Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación [5]	15
Ilustración 6: Asociación en células solares [5]	16
Ilustración 7: Gráfica de las características eléctricas más relevantes [5].....	16
Ilustración 8: Causas de fallos tempranos. Elaboración propia.....	18
Ilustración 9: Causas de fallos extrínsecos. Elaboración propia.	19
Ilustración 10: Fallos de deterioro. Elaboración propia.....	20
Ilustración 11: A la izquierda, rotura de un panel FV debido al diseño ineficiente de la abrazadera. A la derecha, rotura del panel debido a un tornillo demasiado apretado [8]	21
Ilustración 12: Fallos de la caja de conexiones: La foto de la derecha muestra un cableado deficiente, la del medio está mal adherido en la hoja posterior y la foto de la izquierda muestra una caja de conexiones abierta en el campo. [8].....	23
Ilustración 13: Bastidores de módulos dañados después de una fuerte carga de nieve [8]	23
Ilustración 14: Logo IEC.	24
Ilustración 15: Resumen de los niveles de ensayo [13].....	26
Ilustración 16: Diagrama del sector de sellos de calidad. Elaboración propia.	27
Ilustración 17: Diagrama de Abell sellos de calidad de paneles solares. Elaboración propia.	28
Ilustración 18: Sistema de valor de los sellos de calidad en paneles solares nuevos. ..	29
Ilustración 19: Fuerzas de Porter	30
Ilustración 20: Presencia de TÜV Rheinland en el mundo.....	31
Ilustración 21: Datos financieros de TÜV Rheinland.....	31
Ilustración 22: Presencia de SGS en el mundo	32
Ilustración 23: Datos financieros de SGS	33
Ilustración 24: Facturación 2019 Onyx Solar.....	34
Ilustración 25: Techo fotovoltaico - Bodega en California.....	34
Ilustración 26: Fases de los proyectos de Enertis	35
Ilustración 27: Facturación 2018 Enertis.....	35
Ilustración 28: Plantas fotovoltaicas instaladas en España.....	36
Ilustración 29: Facturación Encavis 2020 Fuente: Orbis	36
Ilustración 30: Facturación Iberdrola 2020 Fuente: Orbis.....	36
Ilustración 31: Presencia de Q-Cells en el mundo.....	38
Ilustración 32: Pruebas de calidad Q-Cells.	38
Ilustración 33: Datos financieros de Q-Cells.....	39
Ilustración 34: Diagrama circular de los sectores participantes en el cuestionario 1....	43
Ilustración 35: Respuesta cuestionario 1.	43
Ilustración 36: Respuesta cuestionario 1.	44

Ilustración 37: Respuesta cuestionario 1.	44
Ilustración 38: Instrucciones para la realización del cuestionario 2.....	46
Ilustración 39: Procedimiento de evaluación. Elaboración propia.	54
Ilustración 40: Defectos encontrados con electroluminiscencia en distintos módulos solares	56
Ilustración 41: Curva I-V de módulo en buen estado y módulo débil.....	57
Ilustración 42: Termografía realizada con dron	58
Ilustración 43: Recursos necesarios para la realización de ensayos. Elaboración propia.	59

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO

La energía fotovoltaica es un recurso que está tomando gran importancia en los últimos años, ya que es inagotable, no contamina y favorece el desarrollo de empleo local.

España es uno de los mercados solares más interesantes de Europa, debido a su favorable clima que, aproximadamente, conlleva 2500 horas/año de sol. En 2021 en España, las plantas fotovoltaicas en suelo aportaron 4.201 MW de nueva capacidad, y el autoconsumo 459 MW. La abolición del llamado "Impuesto del Sol" y el plan de la Unión Europea para lograr la neutralidad del carbono, y, por lo tanto, incrementar las energías renovables, han supuesto un potencial crecimiento de este recurso. Se espera que en el futuro la generación de energía fotovoltaica crezca exponencialmente alcanzando 1.632 GW en 2030 y alrededor de 4.512 GW en 2050 en el mundo.

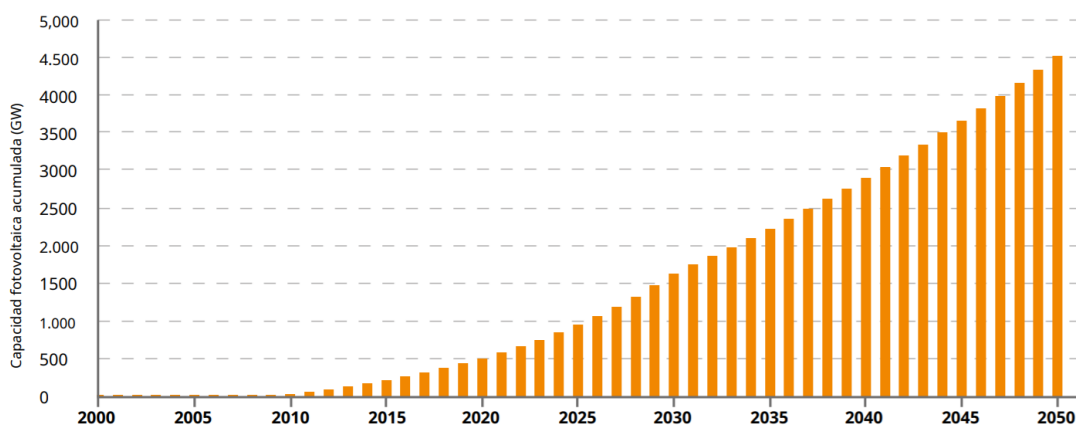


Ilustración 1: Capacidad fotovoltaica global acumulada proyectada [1]

El auge de la instalación de paneles fotovoltaicos comenzó en 2008, y se estima que la garantía de estos es aproximadamente 20-25 años, aunque pueda extenderse hasta 40 años. Por lo tanto, en un futuro cercano se procederá al desecho de grandes cantidades de paneles solares que hayan disminuido su rendimiento.

El objetivo de este TFG es **analizar la viabilidad de dar una segunda vida a esos módulos** que, aunque no logren la eficacia requerida por una gran planta fotovoltaica, pueden ser útiles en usos domésticos, huertos solares o pequeños negocios. Para ello, se estudia la **viabilidad de crear un sello de calidad que permita ofrecer una garantía de fiabilidad a sus compradores**, y así favorecer la economía circular y disminuir el impacto ambiental.

El origen de este proyecto nace en el grupo GDS Optronlab, donde advirtieron el rápido desecho de los paneles solares por parte de grandes plantas fotovoltaicas a pesar de tener un rendimiento aceptable, y vieron la posibilidad de dar una segunda vida a estos paneles. De este modo, el curso académico 2019/2020 se desarrolló el Trabajo de Fin

de Grado “*Estudio económico de la reutilización de paneles solares en pequeñas instalaciones fotovoltaicas [2]*” por María González Cano dirigido por el profesor Miguel Ángel González Rebollo. Este TFG ofrecía unos resultados positivos sobre la rentabilidad y eficiencia de los paneles de segunda mano en instalaciones de autoconsumo inferiores a 20 kW. Por lo tanto, en este documento vamos a extender el trabajo anterior estudiando la posibilidad de crear un sello de calidad para los paneles de segundo uso.

Es necesario resaltar que este TFG es un **trabajo colaborativo** junto a mi compañero de grado, Mario Obispo, quien desarrolla una aplicación de viabilidad de instalación de módulos solares para autoconsumo, y dos estudiantes del MBA de la Universidad de Valladolid, Sotirios Fotopoulos y Héctor Raúl García, que han realizado sus TFM sobre el análisis del modelo de negocio y plan de empresa del proyecto. El desarrollo de ellos no hubiese sido posible sin la contribución de la Prof. Natalia Martín Cruz, co-tutora de este TFG.

El objetivo común, con el conocimiento obtenido en todos ellos, es valorar la creación futura de una spin-off en la Universidad de Valladolid, que permita la comercialización de un sello de calidad de paneles de segundo uso en el sector de la energía fotovoltaica.

1.2. OBJETIVOS

El objetivo principal del TFG es el **análisis de viabilidad de un sello de calidad para paneles fotovoltaicos de segunda mano o uso**. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Análisis de los estándares de calidad en paneles de primer uso
- Estudio del mercado de sellos de calidad
- Evaluación del sector de segunda mano
- Definición del procedimiento de evaluación y estándares de calidad

1.3. METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos definidos en el punto anterior, se define, en primer lugar, una **descripción del funcionamiento, parámetros y principales fallos** de los paneles solares, realizados a partir de revisiones bibliográficas.

En segundo lugar, se estudian los **estándares de calidad requeridos para la comercialización de paneles solares nuevos**, que están definidos por la IEC (Comisión Internacional Electrotécnica) en los siguientes documentos: IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701 y IEC 62716. Estos estándares se encuentran adaptados a la lengua española por las normas UNE.

En tercer lugar, se plantea el **estudio del mercado de sellos de calidad** se realiza a través de las 5 fuerzas de Porter, el que se hace un análisis de los siguientes puntos relevantes del sector:

- Poder de negociación de los clientes.
- Poder de negociación de los proveedores.
- Amenaza de nuevos competidores entrantes.
- Amenaza de nuevos productos sustitutivos.
- Rivalidad entre los competidores.

A continuación, se realiza un **panel DELPHI**, un estudio que recopila **opiniones de distintos grupos de expertos a través de la consulta iterativa y confidencial** sobre cuestiones referidas al sector fotovoltaico. Se realizan distintas rondas hasta conseguir llegar a un consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes. Para hacer la selección de expertos que contestasen el cuestionario, se hizo una división de actores relevantes (stakeholders) para el sello, y posteriormente, se buscaron los líderes en el mercado de ese ámbito.

Finalmente, se define un **procedimiento de evaluación propio de los paneles solares de segundo uso**, en base a los estándares de calidad de primer uso definidos por la IEC, y los fallos más comunes en paneles solares determinados por la IEA (Agencia Internacional de la Energía).

2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

2.1. PANELES SOLARES

Los paneles o módulos solares son dispositivos diseñados para captar la radiación electromagnética proveniente del sol para su posterior aprovechamiento y transformación en energía útil. [3]

Estos dispositivos absorben la radiación del sol gracias al conjunto de cristales de material semiconductor que los componen: silicio cristalino o arseniuro de galio, y que al estar conectados responden al efecto fotovoltaico, según el cual cierta materia puede emitir electrones al ser bombardeada con radiación electromagnética (generalmente luz visible o luz ultravioleta).

Estos materiales reciben la luz solar y generan un campo eléctrico que luego es reconducido a través de cables y transmisores hasta dispositivos de almacenamiento. Así, las estructuras de los paneles de metal inoxidable se hallan constantemente expuestas a la luz solar, captando constantemente la energía térmica y/o lumínica de la radiación solar.

Existen paneles solares para la generación de energía fotovoltaica y para la energía térmica. Podemos diferenciar:

- **Colectores solares:** Para instalaciones de energía solar térmica. Elevan la temperatura de un fluido gracias a la radiación solar.
- **Paneles fotovoltaicos:** Para instalaciones de energía solar fotovoltaica. Se trata de un conjunto de células fotovoltaicas. Su función es generar una corriente eléctrica.

En este documento nos centraremos en los segundos.



Ilustración 2: Instalación fotovoltaica

Este último tipo de paneles está diseñado para la producción de electricidad. Se utilizan en instalaciones fotovoltaicas donde los paneles convierten la radiación del Sol en energía eléctrica.

El elemento principal de los paneles fotovoltaicos son las células solares. Para que ocurra el efecto fotovoltaico es necesario que aparezca un voltaje que mueva a los electrones en una dirección preferencial, generando una corriente eléctrica. La forma más común de lograr esto es unir dos materiales semiconductores de características electrónicas diferentes: uno de ellos debe ser capaz de ceder parte de sus electrones con facilidad (se le llama material tipo N), mientras que el otro debe aceptar fácilmente electrones adicionales (material tipo P). El efecto fotovoltaico se produce precisamente al iluminar la superficie de unión entre los dos diferentes materiales. Dado que la potencia que genera una celda solar es pequeña, lo que se hace es conectar varias entre sí para aumentar el voltaje o la corriente, formando el panel o módulo fotovoltaico. [4]

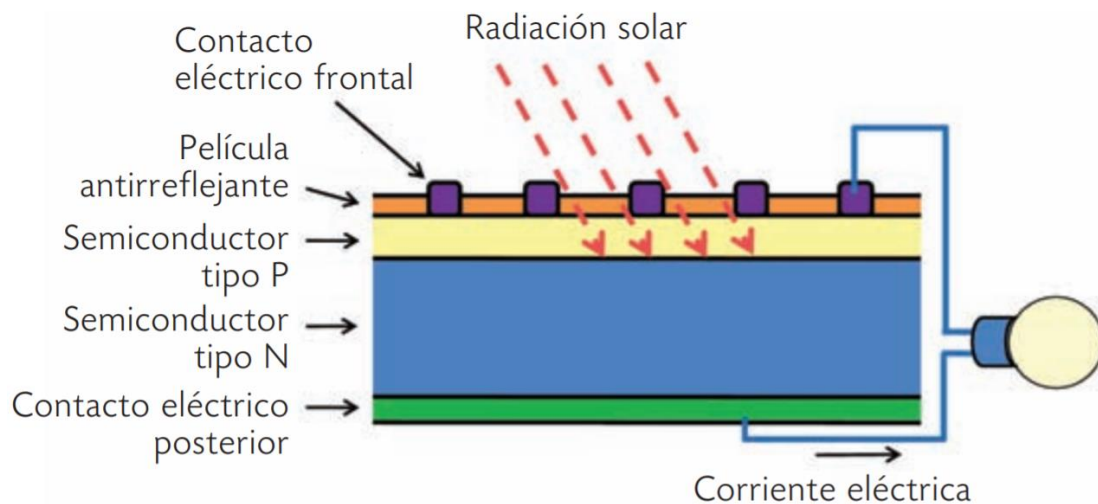


Ilustración 3: Estructura básica de una celda fotovoltaica [4]

Estos paneles solares generan electricidad en forma de corriente continua. Usualmente van conectados a inversores de corriente para obtener corriente alterna.

De acuerdo con la estructura cristalina y el material utilizado en células solares, los módulos fotovoltaicos pueden ser:

- Paneles de silicio monocristalino: Tienen los índices de eficiencia más altos y una estimación de vida útil mayor.
- Paneles de silicio policristalino: Menor pureza del silicio y por lo tanto, menos eficiencia. Disminución de costos.
- Paneles solares de capa fina o delgada: Pueden estar compuestos por: Silicio amorfo (a-Si), Teluro de cadmio (CdTe), Seleniuro de cobre, galio e indio (CIS/CIGS) ó Células fotovoltaicas orgánicas (OPC). Son los más económicos, pero también requieren mucho espacio y tienen menor garantía.

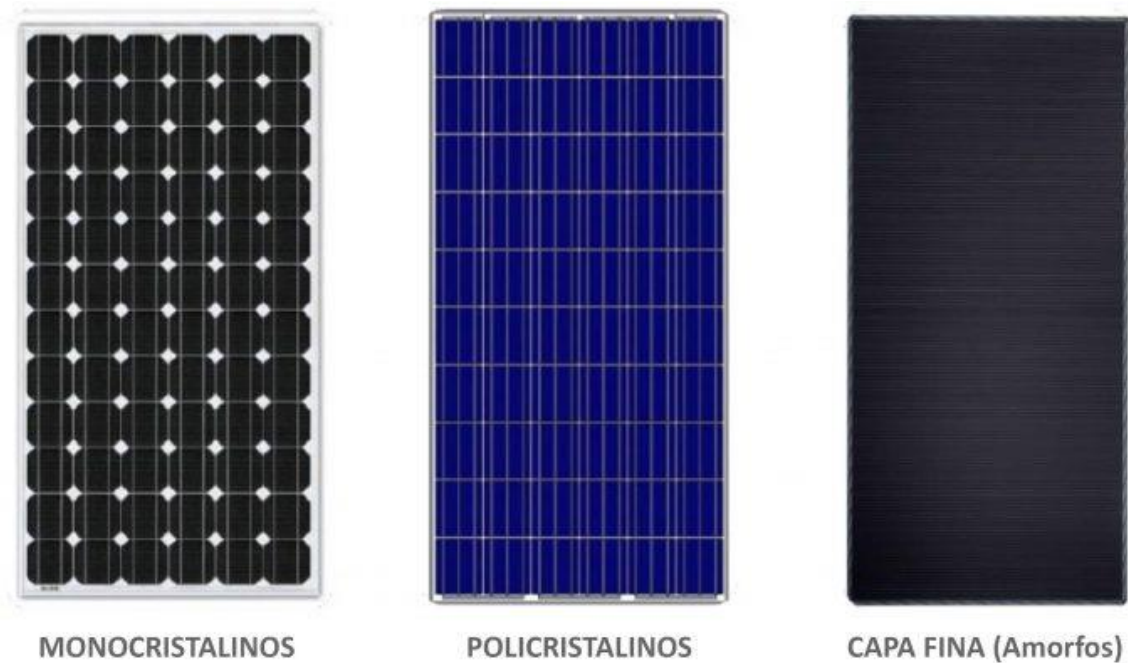


Ilustración 4: Tipos de paneles fotovoltaicos

Fuente: Enofener

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Ilustración 5: Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación [5]

2.1.1. PRINCIPALES PARÁMETROS

La potencia proporcionada por una célula de tamaño estándar (16x16 cm) es muy pequeña (de 4.8-5 W), por lo que normalmente se asocian varias de ellas para proporcionar la energía necesaria al sistema.

Según la conexión que hagamos entre las células, podemos encontrar diferentes posibilidades:

- Conexión en serie: Permite aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.
- Conexión en paralelo: Permite aumentar la intensidad total del conjunto.

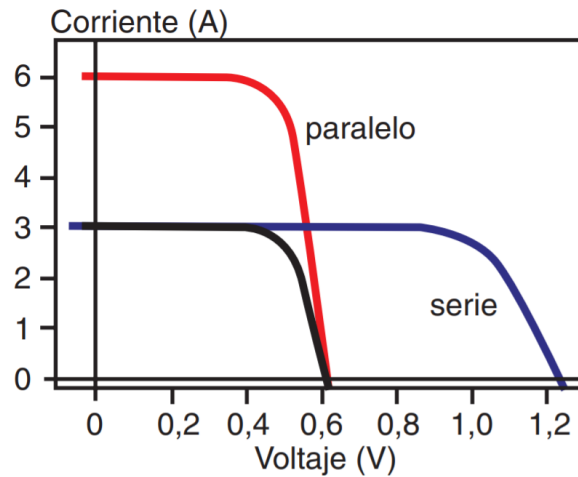


Ilustración 6: Asociación en células solares [5]

Características eléctricas

Potencia máxima (P_{mpp}): Es el valor pico, la máxima potencia que puede entregar el panel en un determinado momento. El panel funcionará correctamente si este valor supera al del consumo máximo para el que se ha diseñado el sistema fotovoltaico.

Tensión en el punto de máxima potencia (V_{mpp}): Es el valor en voltios de la tensión que proporcionará el panel cuando esté trabajando en el valor de potencia máxima.

Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{mpp}): Es el valor de la corriente proporcionada por el panel cuando se encuentre en el punto de máxima potencia.

Intensidad de cortocircuito (I_{sc}): Intensidad que circula por el panel cuando la salida está cortocircuitada.

Voltaje en Circuito Abierto (V_{oc}): Tensión de salida de un panel cuando no hay ninguna carga.

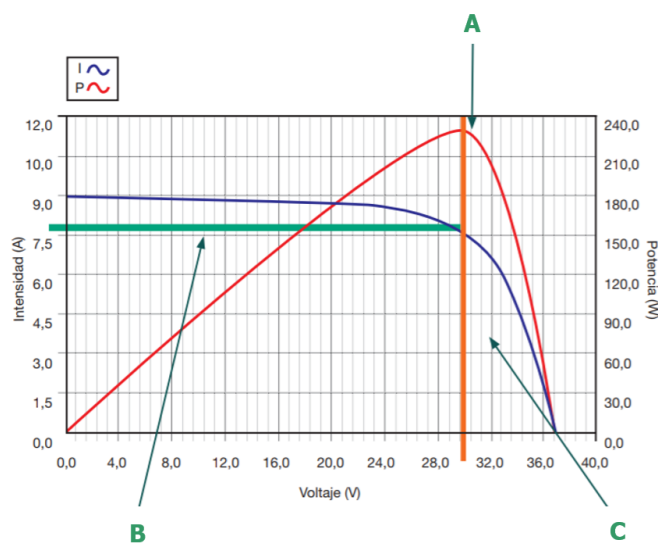


Ilustración 7: Gráfica de las características eléctricas más relevantes [5]

La curva de potencia (en rojo) se obtiene multiplicando los valores de tensión e intensidad de la gráfica I-V (en azul). Los valores de esta gráfica se leen en el eje de la derecha, que está calibrado en vatios (W). Así, trazamos una línea desde el pico de la gráfica (punto A) hasta el eje X (Voltaje), y vemos que obtenemos un valor cercano a los 240 W correspondiente a este pico en el eje de Potencia.

En el punto B, trazamos una línea horizontal desde el punto de corte con la gráfica azul hasta el eje Y, obtenemos el valor de I_{mpp} . En este caso será $I_{mpp} = 7,75$ A.

Si trazamos una línea vertical desde el punto de máxima potencia bajando hasta el eje X, obtenemos el valor de V_{mpp} . En este caso corresponde a $V_{mpp} = 30$ V.

Eficiencia

La eficiencia es el parámetro más comúnmente utilizado para comparar el rendimiento de una célula solar a otra. Se define como la **relación entre la producción de energía de la célula solar y la energía entrante del sol**. [6]

Además de reflejar el rendimiento de la propia célula solar, la eficiencia depende del espectro y la intensidad de la luz solar incidente y la temperatura de la célula solar. Por lo tanto, las condiciones bajo las cuales se mide la eficiencia se deben controlar cuidadosamente con el fin de comparar el rendimiento de un dispositivo a otro.

La eficiencia de una célula solar se determina como la fracción de potencia máxima entre el área del módulo en metros cuadrados entre 1000.

$$\eta = \frac{V_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF}{G \cdot \text{Área}}$$

Dónde: $G=1000$ W/m² irradiancia que incide

FF= Factor de relleno, que se define como la relación entre la potencia máxima de la celda solar y el producto de V_{OC} e I_{SC}

V_{OC} = Voltaje en Circuito Abierto. Tensión de salida de un panel cuando no hay ninguna carga

Hay muchos factores que afectan el desempeño de los paneles y causan pérdidas en el rendimiento.

Algunos de estos (temperatura, polvo, nieve) están relacionados con las condiciones locales, otros están asociados con el diseño (efecto fantasma, pérdidas de cables de CA y CC). Otros factores están relacionados con la calidad de los materiales utilizados (desajustes entre módulos, pérdidas del inversor). La razón principal de la reducción máxima de potencia es que tanto la corriente de cortocircuito como la tensión de circuito abierto disminuyen. [7]

2.1.2. FALLOS COMUNES EN PANELES SOLARES

A continuación, se presenta una revisión de los fallos más comunes en los paneles fotovoltaicos, definidos por la Agencia Internacional de Energía [8]. De esta forma, se obtiene una base de conocimientos que nos permite analizar posteriormente qué fallos afectan al rendimiento o seguridad del módulo y decidir cuáles son aptos.

DEFINICIÓN DE FALLO

Un **fallo** del módulo fotovoltaico es un **efecto que degrada la potencia del módulo o crea un problema de seguridad**. Un problema puramente estético sin consecuencias no se considera un fallo del módulo fotovoltaico.

El módulo fotovoltaico en ocasiones puede resultar difícil de diagnosticar, debido a que todos aparentemente se ven muy similares y, sin embargo, su capacidad es totalmente distinta, por lo que tenemos que usar metodologías especiales para su análisis.

Las estadísticas actuales muestran la tasa de degradación de potencias nominales en módulos fotovoltaicos de silicio cristalino en un 0,8% / año. [8]

Los fallos observados en los componentes se clasifican en tres categorías: Fallo temprano, fallo extrínseco ó aleatorio y deterioro.

- ✚ **Fallos tempranos:** Se observan durante las etapas iniciales de instalación y funcionamiento del módulo fotovoltaico, y como resultado existe una degradación rápida que afecta a la vida útil del módulo.

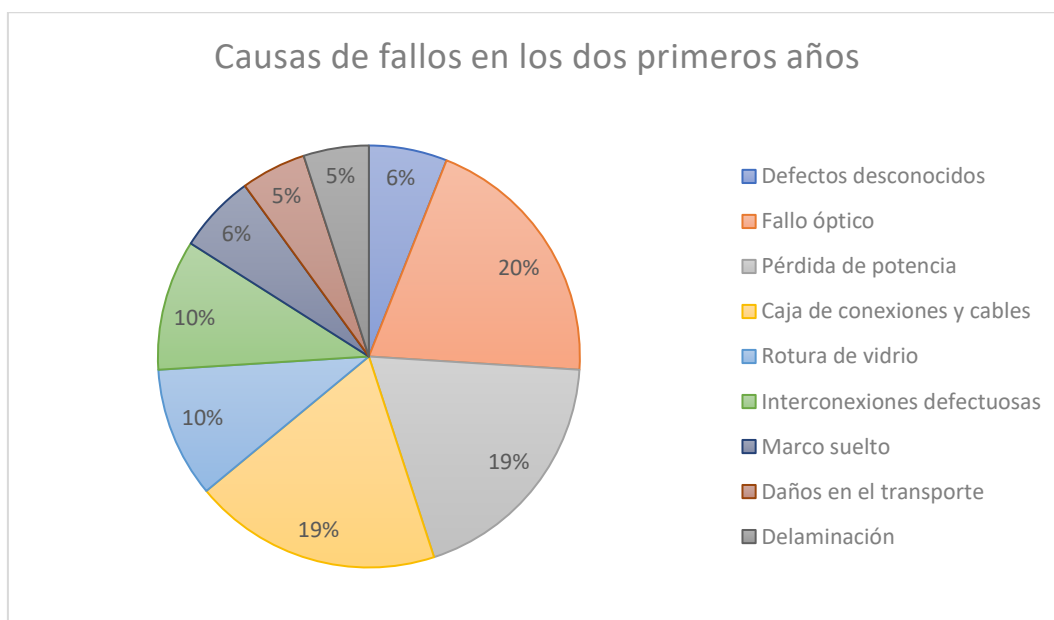


Ilustración 8: Causas de fallos tempranos. Elaboración propia.

Fuente de datos: Referencia [8]

La estadística se basa en un volumen total de 2 millones de módulos fotovoltaicos entregados y obedece a las tasas de fallos debido a quejas de los clientes en los dos primeros años después de la entrega (% del número total de fallas). Los módulos fotovoltaicos fueron entregados por un distribuidor alemán en los años 2006-2010.

✚ **Fallos extrínsecos:** También conocidos como fracasos a mediana edad. Aparecen después de un cierto lapso de funcionamiento sin llegar a cumplir las garantías del fabricante. Varios estudios describieron que los defectos de interconexión y fallos de rotura de vidrio del módulo son las principales causas de estos fallos.

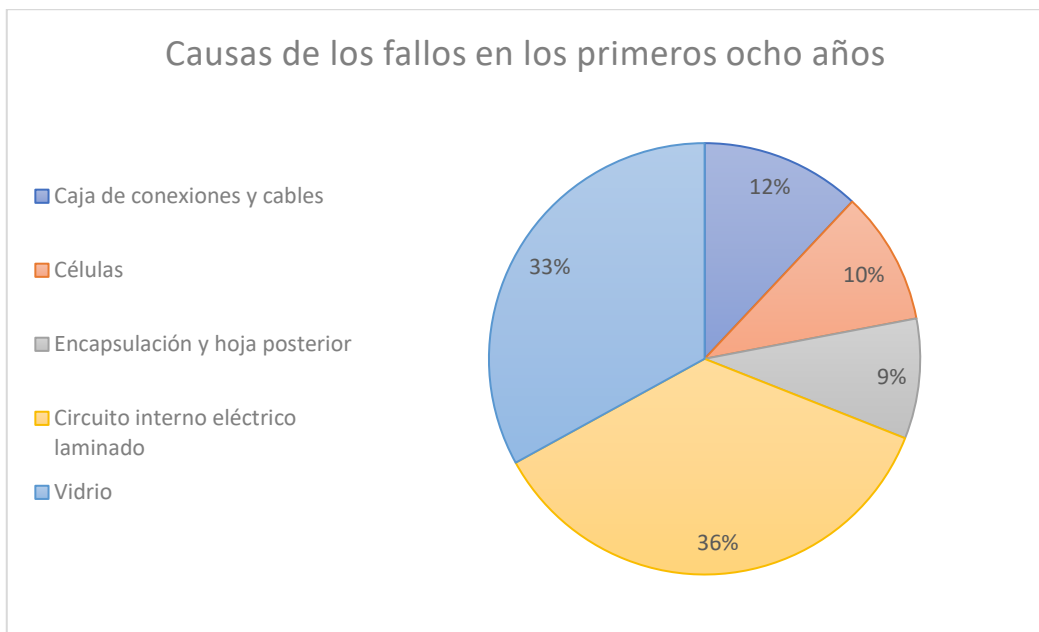


Ilustración 9: Causas de fallos extrínsecos. Elaboración propia.

Fuente de datos: Referencia [8]

Estudio de campo de los fallos encontrados para varios módulos fotovoltaicos de 21 fabricantes instalados en el campo durante 8 años. La tasa se da en relación con el número total de fallos. Se predice que aproximadamente el 2% de toda la instalación fallará después de 11 a 12 años, y, por lo tanto, no cumple con la garantía del fabricante.

✚ **Deterioro:** Los fallos por desgaste determinan la vida útil máxima de un módulo fotovoltaico. Esta finaliza si se produce un problema de seguridad o si la potencia del módulo fotovoltaico cae por debajo de un cierto nivel, normalmente definido entre el 80% y el 70% de la potencia nominal inicial.

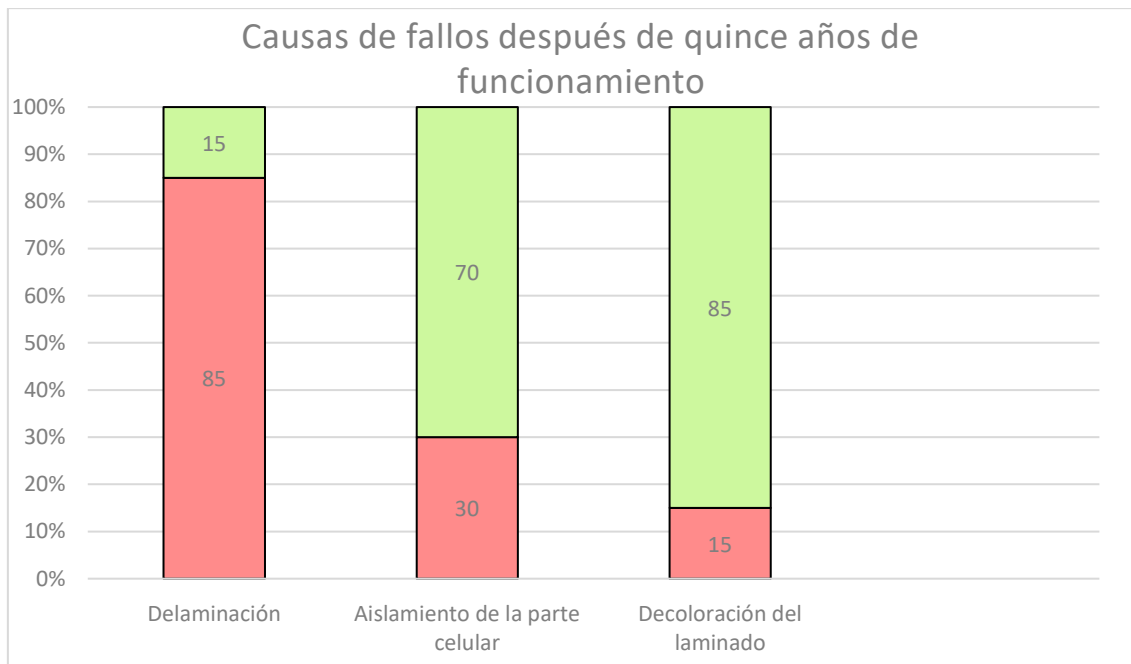


Ilustración 10: Fallos de deterioro. Elaboración propia.

Fuente de datos: Referencia [8]

Fallos ocurridos en una instalación de 272 módulos fotovoltaicos de 3 fabricantes diferentes después de más de 15 años de funcionamiento, realizado en 2011-2012.

Los colores rojo y verde indican el porcentaje de módulos que tienen o no un fallo específico, respectivamente. Cada módulo fotovoltaico puede mostrar más de un tipo de fallo. Sin embargo, estos módulos fotovoltaicos utilizados en el estudio no son representativos de los módulos fotovoltaicos actuales, ya que el material de laminación ya no se utiliza en la actualidad y las celdas y su metalización eran mucho más gruesas que en la actualidad y los tamaños de las celdas y los módulos se desvían mucho de los módulos fotovoltaicos actuales. Estos hechos afectan mucho el aislamiento de la parte celular de las células en un módulo fotovoltaico. [8]

En los últimos 15 años, las certificaciones de aprobación de tipo de acuerdo con las normas IEC 61215 (módulos cristalinos) e IEC 61646 (módulos de película delgada) han ganado la aceptación de la industria como una etiqueta de calidad para módulos fotovoltaicos. Son estándares de aprobación de tipo y tienen como objetivo identificar las debilidades de un producto responsable de "fallos tempranos".

ANÁLISIS DE FALLOS

Los defectos de fabricación se consideran el principal motivo de inestabilidad en el desempeño de algunos módulos.

1) Fallos por causas externas

Aparte de los defectos de fabricación, existen otras causas externas como transporte, sujeción, fallo del cable, fallo del conector y relámpago. [8]

TRANSPORTE E INSTALACIÓN: La rotura del vidrio de la cubierta y el daño de laminación en algunos módulos se deben a golpes y vibraciones durante el transporte. La rotura celular no se puede identificar visualmente ni mediante clasificaciones de potencia, por lo que lo detectaremos mediante electroluminiscencia o una imagen termográfica.

Causas: Caída del módulo, una paleta insuficientemente rígida tocando el módulo fotovoltaico más bajo de la pila durante el transporte, esquinas de transporte demasiado estrechas en la pila de transporte, pisar el módulo fotovoltaico.

Consecuencias: Grietas en las celdas y degradación de la potencia eléctrica.

SUJECCIÓN: es el fallo más frecuente que da como resultado rotura de vidrio principalmente para módulos fotovoltaicos sin marco.

Causas:

- Fase de planificación e instalación: Abrazadera deficiente, geometría del módulo, abrazaderas demasiado cortas y estrechas y posiciones de las abrazaderas no acordes con el manual del fabricante.
- Fase de montaje: Tornillos demasiado apretados y abrazaderas mal colocadas.

Consecuencias: Pérdida de rendimiento en el tiempo debido a la corrosión de la celda y del circuito eléctrico causada por la penetración de oxígeno y vapor de agua en el módulo fotovoltaico. También provoca problemas de seguridad eléctrica, el aislamiento de los módulos ya no está garantizado y la rotura del vidrio provoca puntos calientes que provocan un sobrecalentamiento del módulo.

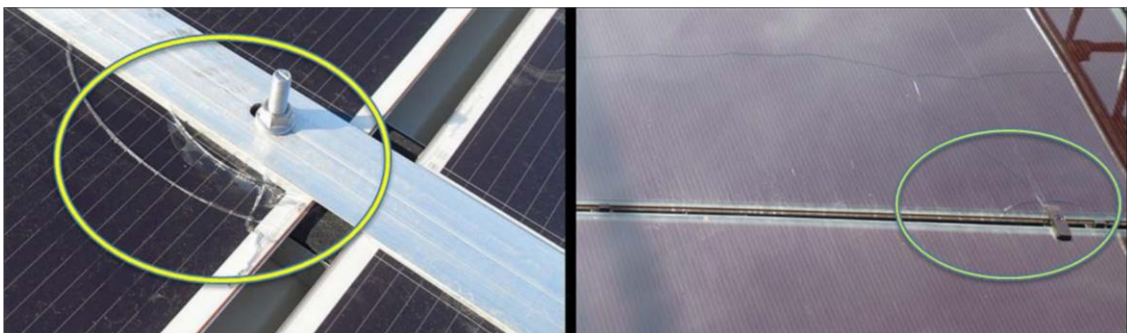


Ilustración 11: A la izquierda, rotura de un panel FV debido al diseño ineficiente de la abrazadera. A la derecha, rotura del panel debido a un tornillo demasiado apretado [8]

CABLES Y CONECTORES: El conector rápido conecta eléctricamente los módulos solares entre sí, a las cajas de fusibles, a los cables de extensión, a las cajas de conexiones y al inversor. Este elemento es muy importante para la seguridad y la generación de energía confiable del sistema.

Causas: Uso de conectores rápidos de diferentes tipos que no se ajustan exactamente o los conectores necesarios o prensados incorrectamente para conectar los módulos fotovoltaicos a los cables de extensión, la caja de fusibles, la caja de combinación o el inversor en el lugar de instalación. Pueden mostrar defectos y causa de corrosión cuando se expone a la humedad atmosférica solo o en combinación con gases.

Consecuencias: Estos fallos a veces causan pérdida de la potencia total en la cuerda y puede provocar arcos eléctricos e incendios.

RAYOS: Un diodo de derivación defectuoso por un rayo es causado por una fuente externa, para la cual el módulo no está diseñado. Por lo tanto, el módulo fotovoltaico no es la fuente del fallo. Este efecto se ha encontrado a menudo y puede causar fallos de seguridad posteriores.

Causas: Golpeo del rayo y por lo tanto, diodos de bypass defectuosos y módulo fotovoltaico roto mecánicamente.

Consecuencias: Puntos calientes y fallos de seguridad posteriores.

2) Fallos generales en todos los módulos fotovoltaicos

DELAMINACIÓN: Debido a la contaminación por adherencia a causa de factores ambientales que ingresan humedad y corrosión en los laminados del módulo PV. Tiene como resultado una reflexión óptica y la consiguiente pérdida de potencia de los módulos.

La delaminación es relativamente fácil de observar mediante un reflectómetro, termografía y escáner ultrasónico.

PÉRDIDA DE ADHERENCIA DE LA HOJA TRASERA: La hoja posterior de un módulo sirve tanto para proteger los componentes electrónicos de la exposición directa al medio ambiente como para proporcionar un funcionamiento seguro en presencia de altos voltajes de corriente continua. Las láminas posteriores pueden estar compuestas de vidrio, polímeros, una hoja de metal y diversas composiciones de materiales que derivan a múltiples modos de fallo.

En los vidrios traseros, brechas en el aislamiento eléctrico, delaminación por estrés físico o químico...pueden provocar riesgos de seguridad, pérdidas de energía, delaminación e incluso incendios.

CAJA DE CONEXIONES: La caja de conexiones es el contenedor fijado en la parte posterior del módulo que protege la conexión de las cadenas de celdas a los terminales externos. Pueden tener distintos fallos:

- Mala fijación de la caja de conexiones a la hoja posterior.
- Cajas abiertas o mal cerradas debido a un proceso de fabricación deficiente.
- Entrada de humedad que causa la corrosión de las conexiones y las interconexiones.
- Mal cableado que provoca un arco interno en la caja de conexiones (puede iniciar un incendio).



Ilustración 12: Fallos de la caja de conexiones: La foto de la derecha muestra un cableado deficiente, la foto del medio muestra una caja mal adherida en la hoja posterior y la foto de la izquierda muestra una caja de conexiones abierta en el campo. [8]

ROTURA DEL MARCO: Muchos bordes de marcos han sido averiados debido a factores climáticos como la nieve y el hielo. Las bajas temperaturas, cargas no homogéneas y tensiones en el módulo resultan en la rotura del marco.

Si el marco se desprende, el módulo fotovoltaico se destruye y debe cambiarse.

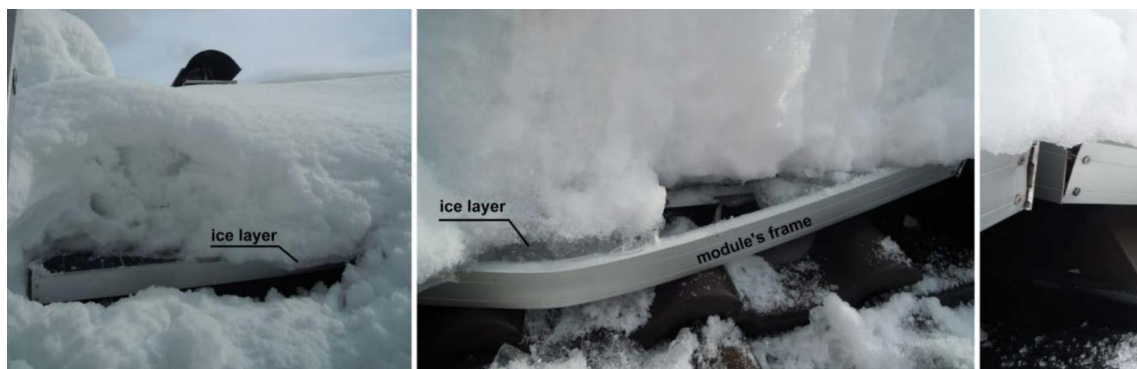


Ilustración 13: Bastidores de módulos dañados después de una fuerte carga de nieve [8]

2.1.3. ESTÁNDARES DE CALIDAD EN PANELES NUEVOS

Las certificaciones o sellos de calidad informan de los procesos y pruebas de resistencia, potencia, seguridad, etc. por las que han pasado las placas solares, a veces durante varios meses, verificando así que el producto cumple con todos los requisitos de seguridad y calidad en curso legal.

Todas las certificaciones han de tener como base unos estándares técnicos iguales para todos los fabricantes. Para ello, la IEC (Comisión Internacional Electrotécnica) establece estándares internacionales para todos los aparatos eléctricos, incluyendo los equipos fotovoltaicos. Entre ellos se encuentran:

- IEC 61215: Este es el **estándar fundamental** que ha de superar cualquier panel solar para su entrada en el mercado. Contempla **pruebas a nivel eléctrico** (resistencia de aislamiento), **mecánico** (carga de viento) y **meteorológico** (radiación ultravioleta) para paneles solares, tanto monocristalinos como policristalinos. [9]
- IEC 61701: Evalúa la **resistencia** que ofrece un panel **ante la corrosión por salinidad**. Por ello, es muy importante si el panel se va a instalar en zona de costa. [10]
- IEC 62716: Su misión es evaluar la **resistencia** de los paneles a la **corrosión por amoníaco**. Igualmente, será muy importante si la instalación se va a realizar en una explotación ganadera. [11]
- IEC 61730: Relativo a diversos **requerimientos de seguridad** para paneles solares. El estándar insta a revisar la calidad de la construcción del panel así como a evaluar la seguridad eléctrica, mecánica, térmica y ante la eventualidad de un fuego que ofrecen los módulos. [12]

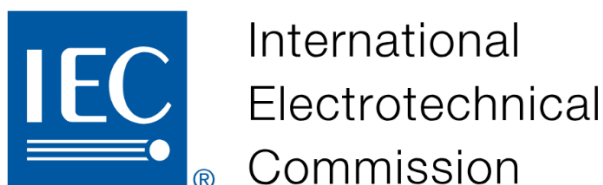


Ilustración 14: Logo IEC.

Fuente: IEC

Debido a que la norma IEC 61215 es la imprescindible para la comercialización de paneles solares, se va a realizar un resumen con los puntos más relevantes de la normativa. Para ello, se va a emplear la normativa UNE-EN 61215: Cualificación del diseño y homologación de módulos fotovoltaicos [13], que es la adaptación de la norma IEC 61215 a la lengua española, aprobada por el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC). A modo de resumen, estos son los estándares marcados por la norma:

1. **ETIQUETADO:** Cada módulo debe llevar marcado claramente información relativa a su nombre, número de serie y modelo, fabricación y tensiones y potencias máximas del módulo.
2. **DOCUMENTACIÓN:** Ésta debe describir los métodos de instalación, especificaciones eléctricas, clase de protección cualificada, instrucciones de montaje, tolerancias y coeficientes máximos.
3. **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN:** Los módulos deben corresponder a los criterios de ensayo, a los valores asignados por el etiquetado. Deben ajustarse a la degradación máxima de potencia durante los ensayos, no tener defectos visuales y los requisitos de seguridad eléctrica.
4. **REVISIÓN DE DEFECTOS VISUALES:** Considerados aquellos como superficies rotas o agrietadas, dobladas, desalineadas. Huecos o corrosión en las capas del circuito activo del módulo...
5. **INFORME:** Para la correcta homologación se debe preparar un informe que incluya los ensayos de cualificación, características de comportamiento medidas y los detalles de cualquier fallo y repetición de ensayo producidos de acuerdo con la Norma ISO/IEC 17025.
6. **MODIFICACIONES:** Se deben detallar los cambios en materiales, componentes y procesos de fabricación que puedan afectar a la cualificación del producto.
7. **SECUENCIA DE ENSAYOS Y PROCEDIMIENTOS:** Válidos para módulos de silicio cristalino y de lámina delgada. Resumidas en la siguiente tabla:

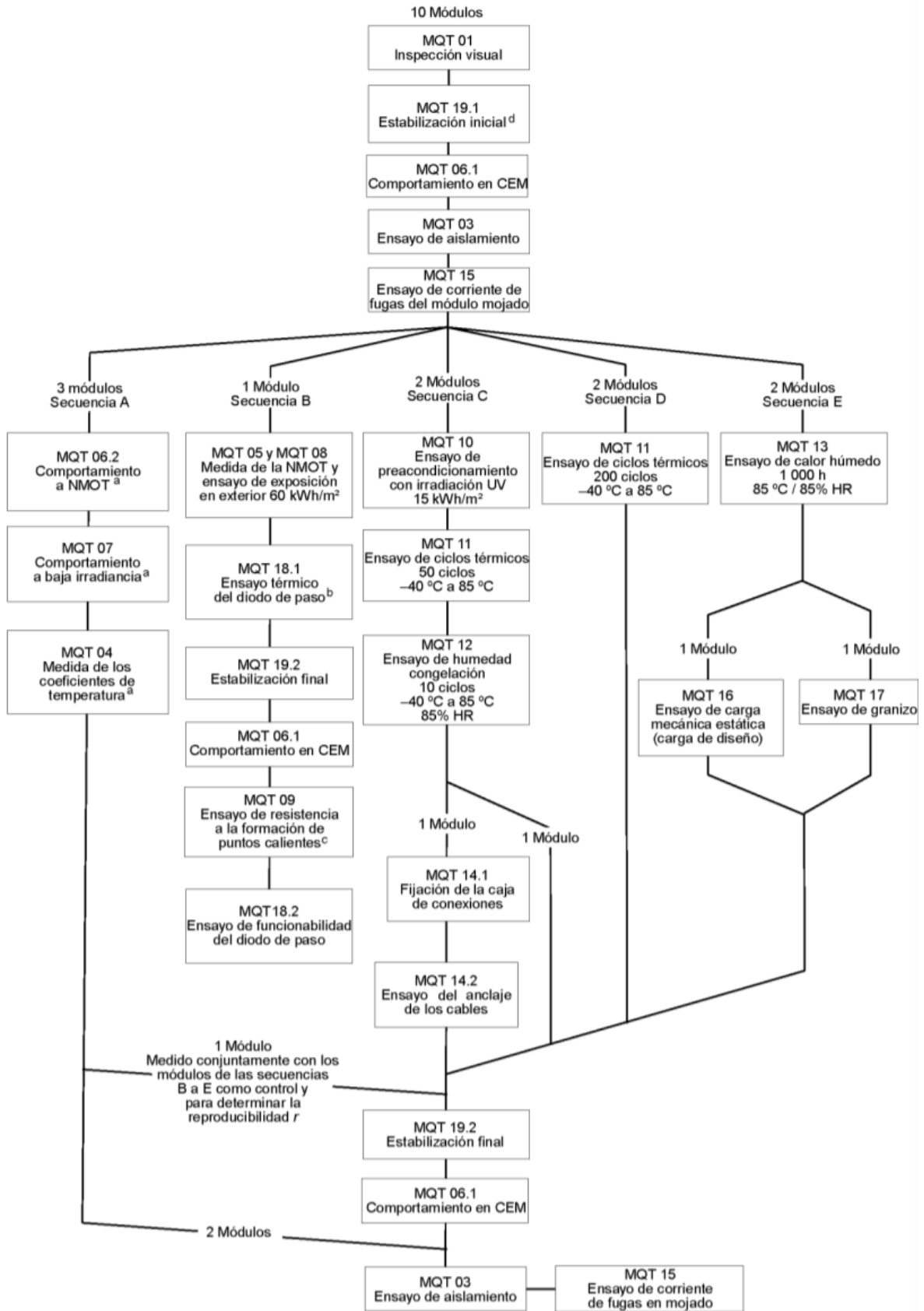


Ilustración 15: Resumen de los niveles de ensayo [13]

Una vez analizados los estándares normalizados por la IEC, existen certificaciones o sellos de calidad adicionales, que pueden ser: Nacionales (JET en Japón, CQC en China, BBA en Reino Unido), certificaciones creadas por las propias marcas (QTSS de Sharp) sellos que reflejan legislación supranacional (la certificación CE de la Unión Europea o la NRTL de EEUU y Canadá) y que pueden necesitar de una entidad externa independiente que realice las comprobaciones, y finalmente otras certificaciones procedentes precisamente de este tipo de compañías y laboratorios independientes, como la americana UL o la alemana TÜV, una de las más reconocidas internacionalmente.

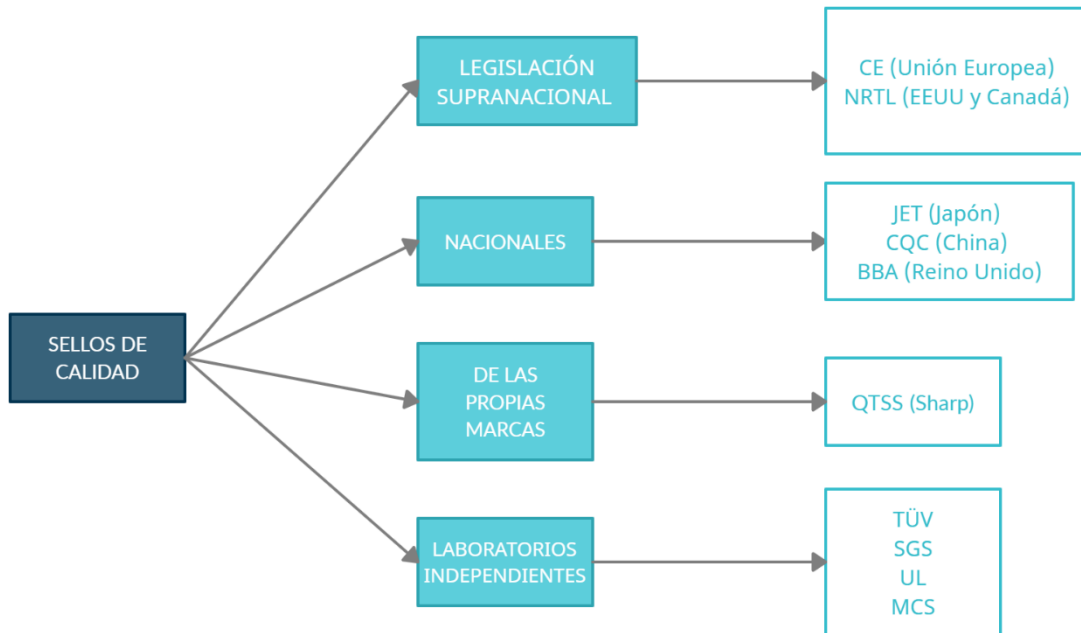


Ilustración 16: Diagrama del sector de sellos de calidad. Elaboración propia.

Algunos de estos sellos de calidad serán analizados a continuación en el diagrama de las 5 Fuerzas de Porter.

2.2. VIABILIDAD DEL SELLO DE CALIDAD

Para llevar a cabo el estudio de viabilidad, en primer lugar, se realizará un estudio del sector de los sellos de calidad en paneles fotovoltaicos mediante las cinco fuerzas de Porter. Otra posibilidad sería estudiar el sector/industria de paneles solares de segunda mano, pero es inviable debido a que este sector todavía no está creado, por lo que es más completo y beneficioso realizarlo sobre los sellos de calidad.

Posteriormente, para estudiar la evolución del sector de paneles solares de segunda mano, se realiza un panel DELPHI, dónde se podrán concluir unos resultados en base a la opinión de los expertos de distintas partes del sector fotovoltaico (fabricantes, instaladores, inspectores...).

Antes de iniciar estos estudios, es conveniente delimitar el sector con un **análisis de Abell, en función de las variables función-tecnología-clientes.**

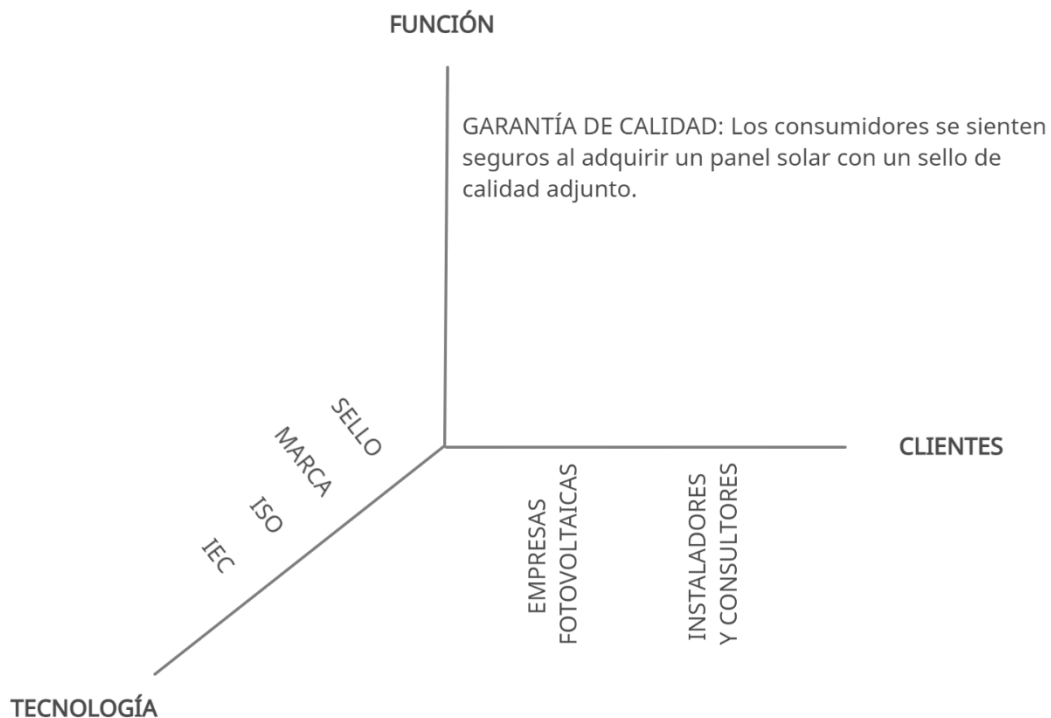


Ilustración 17: Diagrama de Abell sellos de calidad de paneles solares. Elaboración propia.

En relación con los clientes, consideramos únicamente el modelo B2B (Business to Business), por lo tanto, los consumidores finales, que serán propietarios de viviendas o pequeños negocios para autoconsumo no están incluidos en el diagrama. Encontramos empresas fotovoltaicas dispuestas a retirar sus paneles solares y darles una segunda vida, y, consultores y asesores (BIPV) interesados en el sello de calidad para comercializarlo con sus clientes.

La tecnología empleada es la forma en la que se garantiza la calidad del panel solar, como se puede ver en la Ilustración 17, tanto las normas empleadas para conseguir los estándares de calidad como la marca son identificativos de ello.

Por último, las funciones que satisface este servicio son garantías de calidad, de forma que los clientes sientan mayor confianza y seguridad en los paneles fotovoltaicos que adquieren.

También, para comprender mejor la estructura del sector de los sellos de calidad en paneles fotovoltaicos, se muestra la **cadena de valor** a continuación.

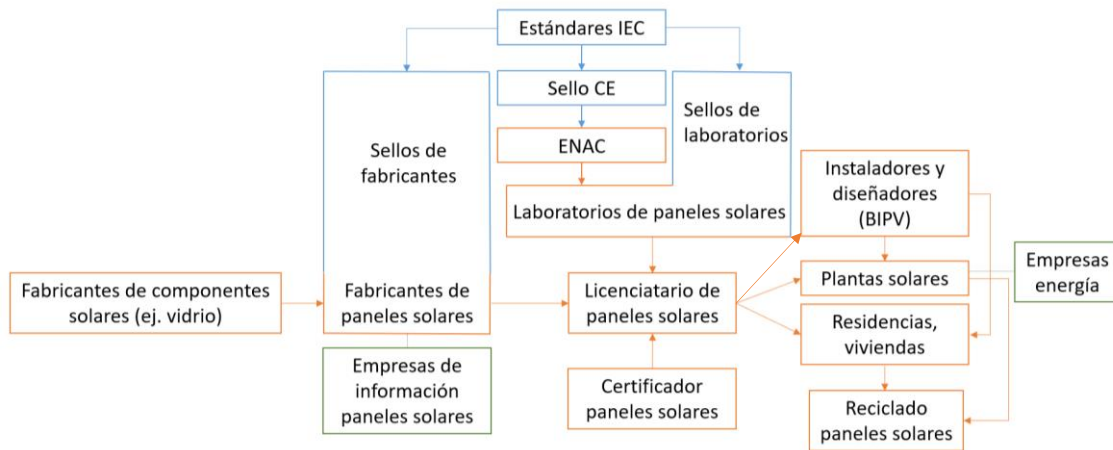


Ilustración 18: Sistema de valor de los sellos de calidad en paneles solares nuevos.

Fuente: Natalia Martín Cruz

En la Ilustración 18 se puede apreciar que los proveedores de un sello de calidad son ENAC (en España), y los estándares de la IEC, encargados de acreditar y normalizar.

Los clientes de la cadena de valor son los licenciatarios de paneles solares, y posteriormente, instaladores y diseñadores (BIPV), plantas solares y residencias y viviendas, que son los consumidores finales.

Los competidores del sello de calidad son los sellos de fabricantes (Sharp) y los sellos de laboratorios (SGS, TÜV). Los certificadores de paneles solares son empresas complementarias a los sellos, por ejemplo, en España son AENOR o Bureau Veritas, su función es inspeccionar y certificar los procesos, productos y marcas.

A continuación, se desarrolla un estudio de las 5 fuerzas de Porter para un mejor entendimiento del sector.

2.2.1. ESTUDIO DE LAS 5 FUERZAS DE PORTER

El estudio de las 5 fuerzas de Porter es una herramienta para analizar y medir recursos frente a los proveedores, clientes, productos sustitutivos, nuevos entrantes y la rivalidad en el mercado (Ilustración 19).

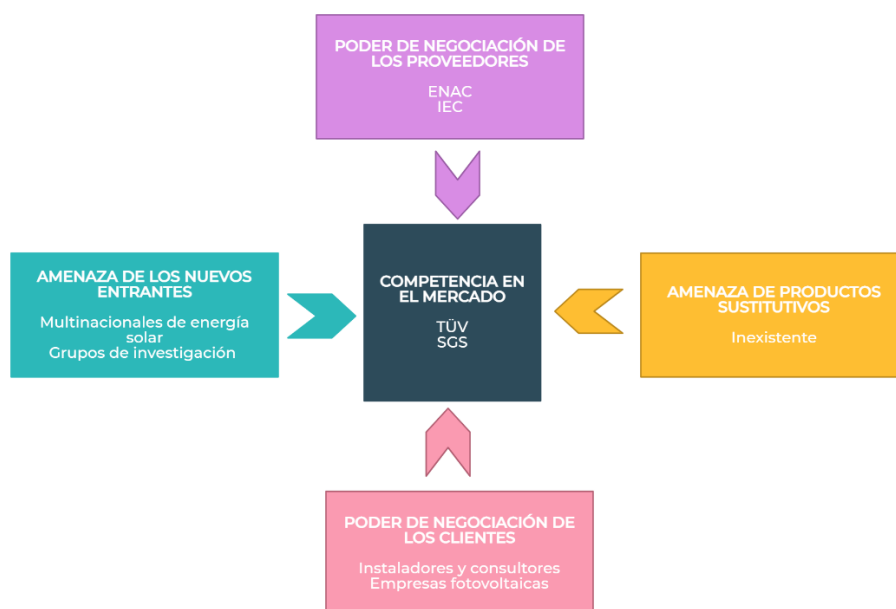


Ilustración 19: Fuerzas de Porter

Fuente: Elaboración propia

Para centrar más el estudio se va a enfocar únicamente en el ámbito nacional.

A. RIVALIDAD COMPETITIVA

Actualmente en el mercado de sellos de calidad podemos encontrar sellos de laboratorios independientes y de fabricantes como hemos visto anteriormente. Los más destacables y competentes en el sector son los siguientes:

- TÜV RHEINLAND

TÜV Rheinland es una consultora alemana independiente dedicada a la seguridad técnica y calidad. Es una de las compañías más relevantes en el mercado, lleva 35 años trabajando en el sector de la inspección técnica y tiene una gran reputación como certificadora estricta y rigurosa.

Sus laboratorios cuentan con la certificación ISO 17025, y ensayan y certifican paneles solares siguiendo los estándares IEC 61215 e IEC 61730. Además de cumplir con estos estándares, también prometen realizar ensayos más estrictos y adversos, por ejemplo,

comprobación del rendimiento energético. Esto garantiza mayor calidad de su producto y mayor fiabilidad al cliente.

Es una empresa con presencia en varios países y gran reputación mundial.

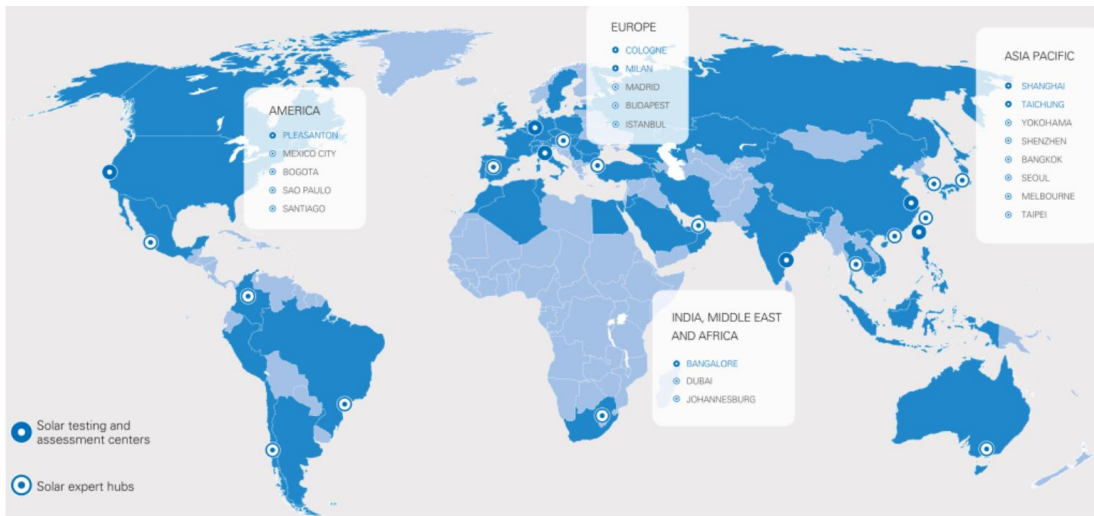


Ilustración 20: Presencia de TÜV Rheinland en el mundo

En la Ilustración 20, se puede observar el considerable tamaño y alcance de esta empresa, que en 2019 obtuvo un total de activos de 2.381.015 € y un número de empleados superior a 20.000.

	31/12/2019	31/12/2018	31/12/2017	31/12/2016	31/12/2015
	th USD	th USD	th USD	th USD	th USD
	12 months	12 months	12 months	12 months	12 months
	Audit n.a.	Audit n.a.	Audit n.a.	Audit n.a.	Audit n.a.
	IFRS	IFRS	IFRS	IFRS	IFRS
Exchange rate: EUR/USD	1.12340	1.14500	1.19930	1.05410	1.08870
Operating revenue (Turnover)	n.a.	n.a.	2,453,378 ↗	2,088,528 ↘	2,132,532
P/L before tax	n.a.	n.a.	142,043 ↗	109,841 ↗	91,273
P/L for period [=Net income]	n.a.	n.a.	93,707 ↗	69,578 ↗	52,111
Cash flow	n.a.	n.a.	184,764 ↗	144,230 ↗	127,191
Total assets	2,381,015 ↗	2,048,218 ↘	2,145,350 ↗	1,980,062 ↘	1,987,749
Shareholders funds	469,046 ↗	410,889 ↘	430,375 ↗	364,972 ↘	367,924
Current ratio (x)	1.99	n.s.	1.90 ↘	1.93 ↗	1.91
Profit margin (%)	n.a.	n.a.	5.79 ↗	5.26 ↗	4.28
ROE using P/L before tax (%)	n.a.	n.a.	33.00 ↗	30.10 ↗	24.81
ROCE using P/L before tax (%)	n.a.	n.a.	9.71 ↗	9.00 ↗	7.21
Solvency ratio (Asset based) (%)	19.70 ↘	20.06 =	20.06 ↗	18.43 ↘	18.51
Number of employees	20,537 ↗	20,450 ↗	19,924 ↗	19,671 ↗	19,630

Ilustración 21: Datos financieros de TÜV Rheinland. Fuente: Orbis

Esta empresa está diversificada en distintos campos como transportes, industria e infraestructura, sistemas y procesos, seguridad y salud en el trabajo...Esto significa una ventaja competitiva para el sello de calidad, que tiene un valor añadido al estar especializado únicamente en paneles solares.

- SGS

SGS es una compañía multinacional suiza especializada en inspección, verificación, ensayos y certificación. También tiene un gran nombre en el mercado debido a sus años de trayectoria y expansión por el mundo.



Ilustración 22: Presencia de SGS en el mundo

Cumplen con los estándares IEC 61730:2004 parte 1 y 2, IEC 61215:2005, IEC 61646:2008 ISO 9000 y ISO 14001 para módulos fotovoltaicos. Además de certificados solares, también realizan pruebas y ensayos de precalificación para prototipos fotovoltaicos y certificaciones de rendimiento, un programa detallado para asegurar al mercado la fiabilidad y rendimiento de los módulos.

Como se puede apreciar en la Ilustración 23, SGS obtuvo en 2019 una facturación de 7.093.576€, un total de activos de 6.534.807 € y 92.661 empleados. Lo que demuestra su relevancia y poder dentro del mercado fotovoltaico.

	31/12/2019	31/12/2018	31/12/2017	31/12/2016	31/12/2015
	th USD	th USD	th USD	th USD	th USD
	12 months	12 months	12 months	12 months	12 months
	Unqualified	Unqualified	Unqualified	Unqualified	Unqualified
	IFRS	IFRS	IFRS	IFRS	IFRS
	AR	AR	AR	AR	AR
Exchange rate: CHF/USD	1.03284	1.01554	1.02533	0.98425	1.00796
Operating revenue (Turnover)	7,093,576 ↗	6,810,196 ↗	6,509,792 ↗	5,890,748 ↗	5,757,484
P/L before tax	1,050,403 ↗	922,108 ↗	872,552 ↗	758,858 ↘	785,203
P/L for period [=Net income]	681,677 ↗	652,991 ↗	636,727 ↗	534,449 ↘	553,372
Cash flow	1,247,676 ↗	974,916 ↘	983,287 ↗	865,157 ↘	877,936
Total assets	6,534,807 ↗	6,162,283 ↗	6,093,510 ↗	5,264,764 ↘	5,940,934
Shareholders funds	1,647,387 ↘	1,770,082 ↘	2,055,778 ↗	1,823,819 ↘	1,996,775
Current ratio (x)	1.67 ↘	1.67 ↘	1.99 ↗	1.76 ↘	2.41
Profit margin (%)	14.81 ↗	13.54 ↗	13.40 ↗	12.88 ↘	13.64
ROE using P/L before tax (%)	63.76 ↗	52.09 ↗	42.44 ↗	41.61 ↗	39.32
ROCE using P/L before tax (%)	23.50 ↗	22.94 ↗	20.82 ↘	21.34 ↗	18.42
Solvency ratio (Asset based) (%)	25.21 ↘	28.72 ↘	33.74 ↘	34.64 ↗	33.61
Number of employees	92,661 ↘	97,368 ↗	95,745 ↗	92,269 ↗	87,962

Ilustración 23: Datos financieros de SGS

Fuente: Orbis

Como se ha podido comprobar, estos laboratorios de ensayos son potenciales adversarios que tienen una gran ventaja competitiva a causa de su experiencia y madurez como marca, notoriedad en el mercado, conocimientos y contactos en el sector, tecnologías...En su contra, tienen muy diversificados sus servicios por lo que el sello de calidad específico de paneles solares añade más valor.

B. PODER DE NEGOCIACIÓN DE LOS CLIENTES

Los clientes del sello de calidad son los siguientes: **Instaladores y consultores y empresas fotovoltaicas.** Dado que el modelo de negocio es B2B (Business to Business) no están incluidos los consumidores finales, es decir, el colectivo interesado en el autoconsumo.

Los clientes más interesantes para establecer contacto y alianzas son los diseñadores, instaladores, consultores y asesores expertos en la energía solar, que tendrán trato tanto con los propietarios de las grandes plantas como con los individuos de uso doméstico. Por lo tanto, tener unión con este tipo de empresas es esencial para lanzar el producto al mercado y que tenga una buena aceptación tanto por grandes empresas fotovoltaicas como por interesados en autoconsumo.

Algunos ejemplos de estas empresas son:

- Onyx-Solar-Energy (BIPV): Realizó la instalación de las claraboyas del Edificio LUCÍA, por lo tanto, ya se ha establecido un primer contacto y podría ser un posible contacto.

Esta empresa trabaja integrando vidrio fotovoltaico en edificios, sustituyendo el convencional utilizado en los edificios.

Ingresos operativos (facturación) para
2019

\$ 5.51 MLL ▲ +85%

Ilustración 24: Facturación 2019 Onyx Solar

Fuente: Orbis

Onyx está presente en todo el mundo y tiene una gran influencia, trabajando para empresas e instituciones líderes como las Naciones Unidas, el Gobierno de los Estados Unidos, Samsung, Coca Cola, The Heat Group, Novartis Pharmaceuticals, Pfizer, Volkswagen, Heineken e ING Bank.



Ilustración 25: Techo fotovoltaico - Bodega en California

Fuente: Onyx-Solar

- Enertis: Consultora con la que Optronlab tiene un trato cercano y excompañeros de trabajo, lo cual facilita la colaboración para la creación de la spin-off del sello de calidad.

Esta empresa da apoyo en distintas fases del proyecto:



Ilustración 26: Fases de los proyectos de Enertis

Fuente: Enertis

Presentar a Enertis la spin-off y establecer alianzas con ellos, sería una forma de garantizar que asesoren a distintos grupos, en especial a grandes plantas fotovoltaicas que es dónde focalizan su negocio, y de esta forma dar a conocer los paneles de segunda mano certificados entre las grandes instalaciones de energía fotovoltaica, como una forma de recuperar inversión de su negocio.

Ingresos operativos (facturación) para 2018

\$ 9.24 MLL ↗ +49%

Ilustración 27: Facturación 2018 Enertis

Fuente: Orbis

- **Evosol:** Es otra consultora de energías renovables, que como hemos visto anteriormente, podría ser fundamental su participación para introducir la spin-off en el mercado. Realizaron la instalación de las placas solares en el Edificio LUCÍA de la Universidad de Valladolid.
Es una empresa orientada a clientes con interés en autoconsumo: Viviendas, huertos solares, cooperativas, pequeños negocios...Por lo que es un contacto para abrir paso entre el mercado de los pequeños consumidores de energía fotovoltaica.
- **Energética cooperativa:** Una cooperativa de consumidores sin ánimo de lucro con el objetivo de tener energía renovable sin depender de las grandes eléctricas. Su mercado también está orientado a uso doméstico y comercios para autoconsumo, por lo que son otro aliado dentro de este mercado.

Las empresas fotovoltaicas son otros clientes con interés en poner un sello a sus paneles usados para obtener la posibilidad de revenderlos y recuperar parte de la inversión inicial.

En la Ilustración 28, se puede ver un mapa con las plantas fotovoltaicas instaladas en España.

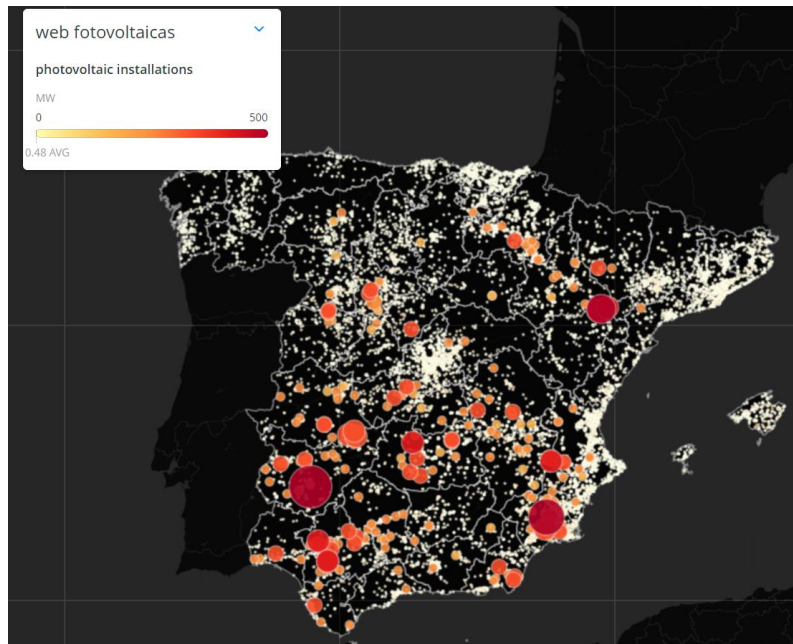


Ilustración 28: Plantas fotovoltaicas instaladas en España.

Fuente: Google

En España, el sector fotovoltaico está siendo monopolizado por un pequeño grupo de empresas, debido al incentivo de construcción de macroparques que resultan inaccesibles para PYMES o grupos locales. Los más grandes son propiedad de empresas como Iberdrola, Northleaf, Solarcentury, Encavis ó Hanwha Q Cells.

Ingresos operativos (facturación) para 2020

\$ 41.5 mil mi ▼ -0.4%

Ilustración 30: Facturación Iberdrola 2020
Fuente: Orbis

Ingresos operativos (facturación) para 2020

\$ 380 MLL ▲ +17.2%

Ilustración 29: Facturación Encavis 2020
Fuente: Orbis

Como vemos, son empresas nacionales e internacionales muy consolidadas y con gran poder, que pueden estar interesadas en desechar sus paneles solares menos eficientes y ponerles el sello de calidad para tener la posibilidad de revenderlos.

Por lo tanto, un sello de calidad es un producto atractivo para estas compañías, pero al ser empresas con amplios recursos y conocimientos sobre la energía fotovoltaica, tienen el poder de realizar este proceso internamente y convertirse en potenciales competidores. Las empresas EnergyBIN y SecondSol son ejemplos de ello.

C. PODER DE NEGOCIACIÓN DE LOS PROVEEDORES

Los proveedores de este servicio hemos visto anteriormente en la cadena de valor que son ENAC y los estándares de la IEC.

La Entidad Nacional de Acreditación, ENAC, es la entidad designada por el Gobierno, para operar en España como el único Organismo Nacional de Acreditación. ENAC es una asociación sin ánimo de lucro y declarada de utilidad pública. Su estructura y principios se basan en los principios de imparcialidad, independencia y transparencia, contando en sus órganos de gobierno con todas las partes interesadas en el proceso, esto es, los acreditados, la industria usuaria de sus servicios y las administraciones públicas.

ENAC es la responsable de evaluar y acreditar la spin-off, garantizando que los servicios que ofrece son de calidad.

La IEC (International Electrotechnical Commission), es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Su misión es desarrollar y establecer normas y promover entre sus miembros la cooperación internacional en todas las áreas de la normalización Electrotécnica. En España la UNE es la responsable de la traducción de los estándares.

D. AMENAZA DE SUSTITUTIVOS

La creación de un sello de calidad es un proceso que implica seguir unos estándares y normativas definidos por la IEC como se ha visto en el epígrafe anterior. Por lo tanto, encontrar otro servicio que ofrezca la misma prestación que un sello de calidad, sin seguir la normativa establecida implicaría un servicio ilegal, y por lo tanto, no sería viable, al menos a largo plazo.

E. AMENAZA DE NUEVOS COMPETIDORES

Los nuevos competidores en el mercado de sellos de calidad de paneles fotovoltaicos están vinculados al atractivo del mercado y a las posibilidades de crecimiento, que el clima favorable de España y el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) con la meta de un sector eléctrico 100% renovable en 2050 apoyan el crecimiento de este sector.

Por otro lado, también depende de las barreras de entrada que se deban superar para entrar en este nuevo mercado, como por ejemplo la inversión en nuevas tecnologías, conocimiento del sector, etc.

Los nuevos competidores se resumen en **empresas fotovoltaicas y grupos de investigación de energía solar**.

Las empresas dedicadas a la generación fotovoltaica tienen a su favor gran conocimiento del sector, poder adquisitivo y notoriedad en el mercado. Por ejemplo, un potencial entrante son multinacionales extranjeras con estándares de calidad que amplíen su mercado a España.

Un ejemplo de esta empresa podría ser Hanwha Q Cells Co. o "Q CELLS", una empresa internacional que fabrica celdas y módulos fotovoltaicos y ofrece soluciones de energía solar. Sus sedes principales se encuentran en Seúl, Corea del Sur y Alemania.



Ilustración 31: Presencia de Q-Cells en el mundo.

Fuente: Q-Cells

Como se aprecia en la imagen, actualmente no tienen sede en España, pero es posible que en un futuro cercano Q-Cells amplíe su negocio en nuestro país. Empresas de este tipo suponen un potencial competidor ya que tienen un gran potencial en el mercado, además de un exhaustivo sistema de calidad en sus paneles solares.

PRUEBAS REQUERIDAS

	CERTIFICACION IEC	CALIDAD VDE PROBADA	PROGRAMA DE CALIDAD Q CELLS
Frecuencia de prueba	una vez, solo para la certificación inicial	muestreo continuo, seguimiento trimestral	muestreo y monitoreo continuo
Ciclismo	200 ciclos	400 ciclos	exámenes adicionales
Prueba de humedad (DH)	1.000 h	1.500h	exámenes adicionales
Prueba de humedad-helada (HF)	10 ciclos	10 ciclos	30 ciclos
Prueba de carga	*	prueba de carga dinámica (después de la prueba UV, antes de TC y HF)	exámenes adicionales
Prueba de punto caliente	*	*	100% de la producción celular
Prueba EL	único módulo de certificación	100% de la producción de módulos	Inspección EL 100% de alta resolución
Prueba PID	-	-	Seguimiento de la producción semanal

Ilustración 32: Pruebas de calidad Q-Cells.

Fuente: Q-Cells

En la Ilustración 32 se puede ver como sus módulos superan los estándares de la IEC, VDE y su propio sistema de calidad, más riguroso que los anteriores comentados.

	31/12/2019 mil USD 12 meses Audit n.a. Local GAAP 1.12340		31/12/2018 mil USD 12 meses Audit n.a. Local GAAP 1.14500		31/12/2017 mil USD 12 meses Audit n.a. IFRS 1.19930		31/12/2016 mil USD 12 meses Audit n.a. Local GAAP 1.05410		31/12/2015 mil USD 12 meses Audit n.a. Local GAAP 1.08870
Tipo de cambio: EUR/USD									
Ingresos de explotación (turnover)	741,824	↗	723,287	↗	305,664	↗	105,189	↘	617,601
Result. ordinarios antes impuestos	-22,230	↗	-30,685	↘	-8,951	↗	-54,040	↘	-1,874
P/G por periodo [=ingresos netos]	-25,656	↗	-34,624	↘	-10,618	↗	-54,889	↘	-4,455
Flujo de caja	-20,061	↗	-28,050	↘	-70	↗	-46,690	↘	10,722
Activos totales	369,338	↘	400,001	↗	306,056	↗	298,308	↘	395,484
Fondos de los accionistas	94,769	↘	122,741	↘	164,828	↗	154,205	↘	215,957
Ratio actual (x)	1.42	↘	1.44	↘	1.95	↗	1.66	↘	2.56
Margen de beneficio (%)	-3.00	↗	-4.24	↘	-2.93	↗	-51.37	↘	-0.30
ROE - base: result. antes impuestos (%)	-23.46	↗	-25.00	↘	-5.43	↗	-35.04	↘	-0.87
ROCE - base: result. antes impuestos (%)	-12.93	↗	-18.46	↘	-3.58	↗	-28.93	↘	2.25
Coefficiente de solvencia (%)	25.66	↘	30.69	↘	53.86	↗	51.69	↘	54.61
Número de empleados	480	↗	470	↗	403	↘	468	↘	675

Ilustración 33: Datos financieros de Q-Cells.

Fuente: Orbis

La ilustración 33 corresponde a los datos de Q-Cells de su planta en Alemania en 2019, con un gran número de facturación y empleados que se puede trasladar al resto de plantas en el mundo. Además, hay que resaltar que esta empresa focaliza su negocio en la fabricación de células y paneles solares, por lo que centrarse exclusivamente en este producto aumenta su ventaja competitiva.

También, los grupos de investigación que al igual que GDS Optronlab, se deciden a crear una spin-off de sellos de calidad para paneles fotovoltaicos, algunos de los más señalables: Instituto de Energía Solar (UPM), Grupo de Investigación UJA, Instituto tecnológico de la energía y el grupo de la Universidad del País Vasco.

Para finalizar el análisis de las cinco fuerzas de Porter, podemos concluir que las oportunidades del sello en el mercado son:

- ✓ Crecimiento favorable del mercado
- ✓ Servicio exclusivo
- ✓ Posibilidad de establecer alianzas estratégicas

Mientras que las amenazas son:

- ✓ Entrada de nuevos competidores con gran potencial
- ✓ Poco poder adquisitivo del grupo de investigación Optronlab

2.2.2. MÉTODO DELPHI

El método Delphi es una técnica de comunicación estructurada, en la cual convergen una serie de personas consideradas expertas para obtener una información cualitativa y precisa sobre el futuro de una temática o una problemática en común, en este caso la viabilidad de un sello de calidad para paneles solares de segunda mano.

Este estudio se ha realizado después de las 5 Fuerzas de Porter, para primero entender la estructuración y organización del sector y después proceder al análisis de la viabilidad del proyecto.

Para llevar a cabo este estudio, se ha realizado un cuestionario que ha sido enviado a una selección de expertos en el sector. Posteriormente, se ha elaborado otro cuestionario personalizado para cada experto, con información sobre la opinión general. Por último, se han sacado las conclusiones a partir de los resultados obtenidos en los cuestionarios.

Para que los resultados sean óptimos se le ha dado una gran importancia a la formulación y elección de preguntas del cuestionario y a la elección de los expertos, de forma que haya heterogeneidad entre los distintos grupos de participantes.

El **objetivo final de este panel DELPHI es obtener previsiones generales de la evolución del sector fotovoltaico de segunda mano y de los sellos de calidad de paneles solares**, y de esta forma, anticiparse a los cambios que se produzcan y adoptar medidas o soluciones que favorezcan el crecimiento del sector.

PRIMERA FASE

Para el comienzo del estudio, primero se realizó la selección de los expertos (stakeholders), teniendo en cuenta una división en función de distintas áreas del sector:

- Grupos de investigación de otras universidades
- Asesores/Expertos/Investigadores I+D
- Fabricantes
- Reciclaje
- Comercializadores paneles de segunda mano
- Vendedores/Grandes instaladores
- Empresas certificadoras
- Laboratorios independientes
- Organismos de normalización y estándares
- Grupos locales de comunidad
- Instituciones financieras
- Productores de energía
- ONGs/Organizaciones medio ambiente

Después, se buscaron empresas y personas de cada tipo de subdivisión de expertos, y se localizaron los contactos de estos. Todo ello fue posible con la coordinación de todos los integrantes de los trabajos colaborativos, completamos todos los contactos en un Excel adjunto en el Anexo 5.1.

Para la redacción del primer cuestionario se dividió en las siguientes partes:

- Cuestiones introductorias
- Interés en paneles solares de segunda mano
- Sector paneles solares de segunda mano
- Sellos de calidad para paneles solares de segunda mano

El cuestionario completo se encuentra en el Anexo 5.2. Consideramos las siguientes categorías de cuestiones para la realización del cuestionario:

Grado de certeza respecto a que el suceso ocurra (escala 1 a 5: Bajo/Medio/Alto/Probable/Muy probable)

Grado de interés de la opinión expuesta por el experto consultado (escala 1 a 5: Muy bajo/Bajo/Medio/Alto/Muy alto)

Grado de conocimiento/desconocimiento de la opinión expuesta por el experto consultado (Si / No – Grado de conocimiento del sector)

Respuestas semi-abiertas según los conocimientos del experto consultado (N opciones y Otra: Aportación de valor)

Respuestas abiertas según el conocimiento del experto consultado

Tabla 1: Categorías de preguntas del cuestionario 1. Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de tener una previsión del sector, el cuestionario 1 solicitaba información sobre la evolución del sector solar en los siguientes aspectos:

- Estudio de los cambios que inciden en el sector fotovoltaico.
- Estudio de interés en adquisición de paneles solares de segunda mano.
- Cambios en la evolución del mercado de paneles solares y la fase de ciclo en cuanto a la tecnología fotovoltaica percibida por el experto.
- Estudio de conocimiento de procedimientos de certificación de paneles solares de segunda mano.
- Factores que el experto considera más importantes a la hora de comercialización / adquisición de paneles de segunda mano.
- Estudio de conocimientos de procedimientos de reciclaje para paneles usados, duración real de un panel fotovoltaico y punto óptimo de reciclaje y por qué razón.
- Evolución de la oferta y la demanda de paneles de segunda mano a corto y medio plazo, así como aquellos acontecimientos que se prevé que ocurrirán en relación con este ámbito.

Una vez realizado el cuestionario, nos pusimos en contacto con cada experto a través de e-mail, telefónicamente y LinkedIn. En total nos pusimos en contacto con 172 personas: 90 mediante correo y llamadas telefónicas y 82 a través de LinkedIn.

El cuestionario se envió a los expertos de forma individual y autónoma, con el objetivo de garantizar la confidencialidad y evitar que ningún miembro sea influido por la opinión de otros expertos en el primer panel.

La tasa de respuestas fue de 23 personas, número válido para la realización de un Panel DELPHI ya que el rango de respuestas para realizarlo se encuentra entre 7 y 30. Las personas que contestaron el cuestionario tienen los siguientes perfiles:

CATEGORIZACIÓN	Nº RESPUESTAS	% RESPUESTAS
Administrador solidario	1	4%
Director	7	30%
Responsable empresa/departamento	3	13%
Estudiante doctorado	1	4%
Ingeniero	6	26%
Mantenimiento	1	4%
Fundador empresa	1	4%
Desarrollo de negocio	1	4%
CEO/Head	2	9%

Tabla 2: Ocupaciones profesionales de los participantes en el cuestionario 1.

Fuente: TFM de Sotirios Fotopoulos

Se puede ver en la Ilustración 34, una representación del gráfico de los sectores a los que pertenecen cada participante, pudiendo ver que existe una homogeneidad de las respuestas, teniendo al menos una contestación de cada subdivisión del sector.

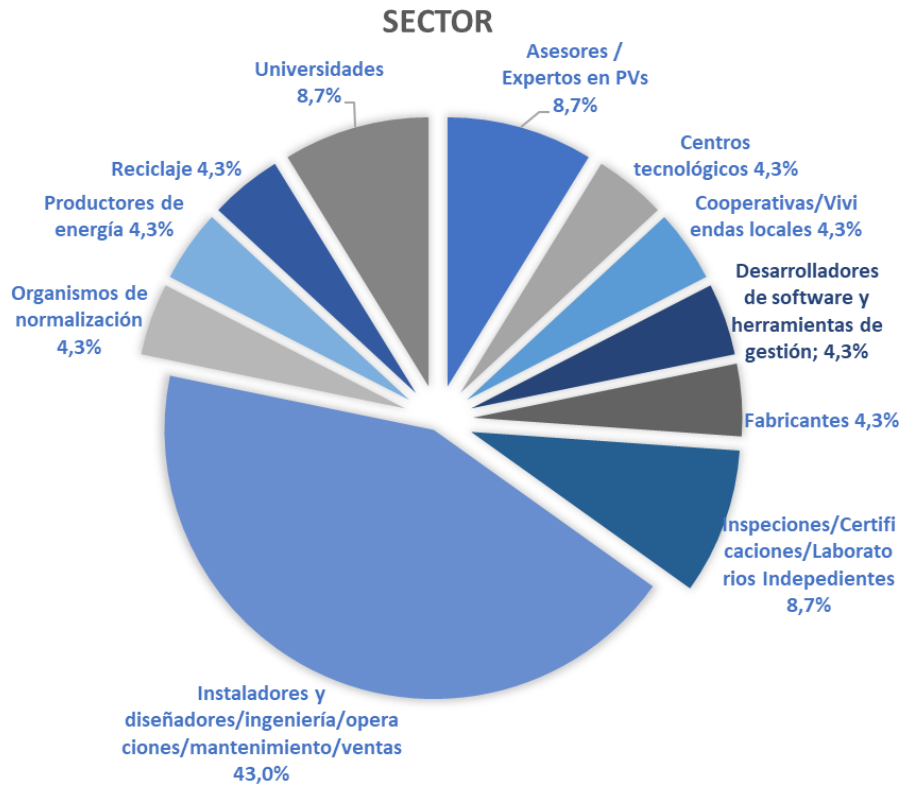


Ilustración 34: Diagrama circular de los sectores participantes en el cuestionario 1.

Fuente: TFM de Sotirios Fotopoulos

Con las respuestas de los 23 expertos, se analizó cualitativa y cuantitativamente la tasa de respuestas, a continuación, se comentan las más relevantes para este proyecto, es decir las relacionadas con el sello de calidad.

¿En qué fase del ciclo de vida cree que nos encontramos en cuanto a la comercialización y uso de paneles fotovoltaicos?

23 respuestas

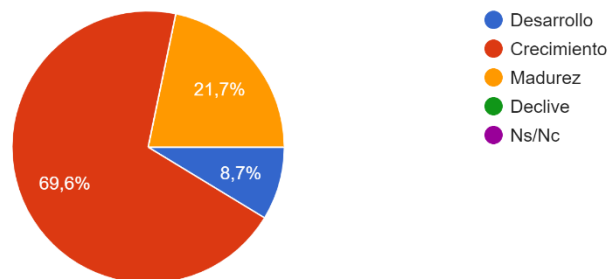


Ilustración 35: Respuesta cuestionario 1.

Fuente: Google Forms

En la Ilustración 35, se puede ver como la mayor tasa de respuesta se encuentra en “crecimiento”, por lo tanto, la opinión general es que el sector fotovoltaico es un mercado que todavía está evolucionando y en un futuro a corto-medio plazo incrementará.

¿Qué factor(es) considera más importante(s) para fomentar la comercialización y uso de paneles fotovoltaicos de segunda mano?

23 respuestas

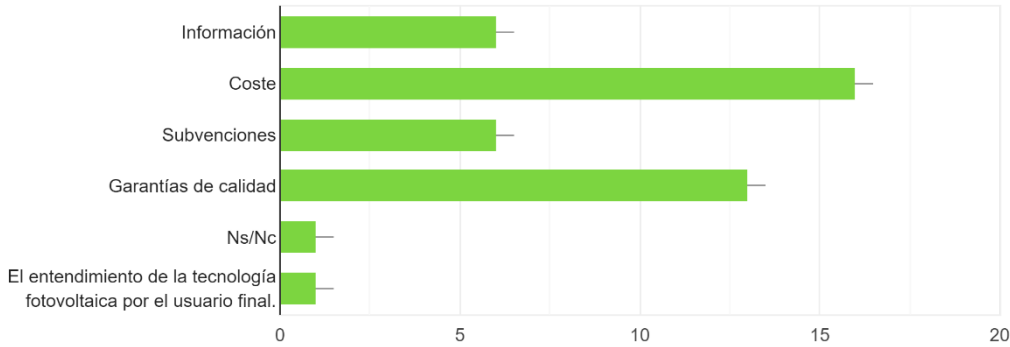


Ilustración 36: Respuesta cuestionario 1.

Fuente: Google Forms

Se puede concluir que las “garantías de calidad” son un factor importante para los expertos en el ámbito de los paneles solares de segunda mano, después del factor “coste” como se puede ver en la Ilustración 36. Por lo tanto, se puede ver un interés por su parte en un sello que garantice la calidad que los paneles solares de segunda mano.

¿Considera viable ofrecer una garantía adicional para paneles fotovoltaicos de segunda mano?

23 respuestas

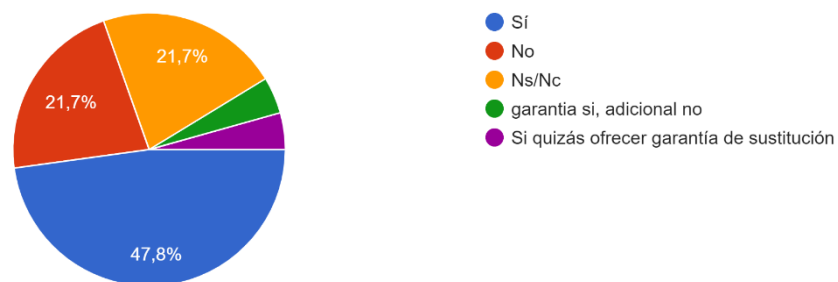


Ilustración 37: Respuesta cuestionario 1.

Fuente: Google Forms

Esta pregunta confirma las suposiciones de la pregunta anterior, afirmando que un sello de calidad para paneles solares de segunda mano es una opción factible, con el 47,8% de respuestas indicando que sí, y tan solo un 21,7% creen que no es viable el proyecto.

¿Qué actividades/ensayos considera más relevantes para una correcta certificación de un panel fotovoltaico de segunda mano?

CATEGORIZACIÓN	Nº RESPUESTAS
Los mismos que para los nuevos	3
No es rentable certificarlos	1
Ensayos de potencia y rendimiento (curvas I-V, electroluminiscencia, termografía...)	7

Tabla 3: Respuesta cuestionario 1.

Fuente: Google Forms

Por último, en la tabla 3 se pueden ver los ensayos más destacables para los expertos para comprobar el estado de un panel solar. Se realizó una categorización en la que la mayoría compartía la opinión de ensayos de potencia, rendimiento y detección de fallos, poniendo como ejemplos: Curvas I-V, electroluminiscencia y termografía.

Únicamente hay 11 respuestas ya que en todas las preguntas del cuestionario se dio la opción "No sabe, no contesta", ya que al ser enviado a distintos grupos de la cadena de valor del sector de paneles solares hay preguntas que no eran del conocimiento o competencia de todos los participantes.

SEGUNDA FASE

Una vez conocida la opinión y previsión de evolución del sector de la energía solar, se planteó un segundo cuestionario que permitiese a los participantes conocer el criterio del resto de participantes, y volver a contestar algunas de las preguntas más relevantes con el fin de lograr un consenso común.

Para ello, elaboramos un segundo cuestionario personalizado para cada experto, que incluía la opinión general y su respuesta en la primera ronda, dónde se le permitía volver a contestar una segunda vez la pregunta. En caso de que su respuesta se mantenga en la segunda respuesta y discrepe de la media, se le pedía explicar las razones de su desacuerdo con el resto. Para ello se les dio a los expertos unas instrucciones para la realización del cuestionario:

INSTRUCCIONES GENERALES PARA RELLENAR EL CUESTIONARIO

En esta segunda ronda se le va a presentar alguna de las preguntas del cuestionario que ya cumplimentó en el anterior envío.

En cada pregunta se le proporcionan los resultados y las respuestas obtenidas para el total de los expertos en la primera ronda. La respuesta que usted indicó irá señalada por un **punto verde** cuando coincide con la respuesta mayoritaria y con un **cuadrado rojo** cuando su respuesta no coincide con la media.

A continuación, se le vuelve a plantear la pregunta para que confirme o modifique su primera respuesta.

- * Cuando su respuesta anterior está marcada con un **cuadrado rojo** ■ usted debe justificar por qué ha mantenido o ha modificado su respuesta en esta segunda ronda.
- * Cuando su respuesta anterior está marcada con un **punto verde** ● sólo tiene que justificar su respuesta en esta segunda ronda, en caso de que opte por modificarla. Si no ha de modificado su respuesta no ha de contestar de nuevo a la pregunta.

Ilustración 38: Instrucciones para la realización del cuestionario 2.

Fuente: Cuestionario 2

En el Anexo 5.3 se encuentra adjunto el cuestionario 2 de uno de los participantes completo.

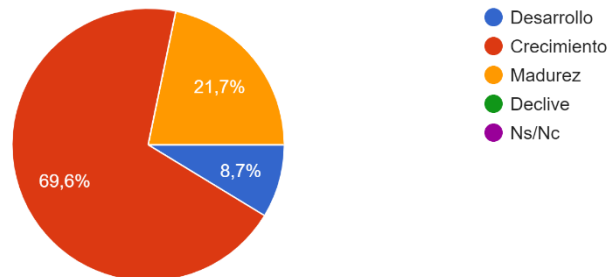
Este cuestionario fue enviado a las 23 personas partícipes del primer cuestionario, en el momento de redacción de este TFG únicamente hemos recibido 3 respuestas a este segundo cuestionario, por lo que esta segunda fase no ha podido tener un análisis completo de toda la opinión.

Aun así, vamos a proceder al estudio de las respuestas obtenidas en este último cuestionario.

- PREGUNTA 1

¿En qué fase del ciclo de vida cree que nos encontramos en cuanto a la comercialización y uso de paneles fotovoltaicos?

23 respuestas



Los tres participantes están de acuerdo en la opción "crecimiento". Uno de ellos aporta el siguiente razonamiento:

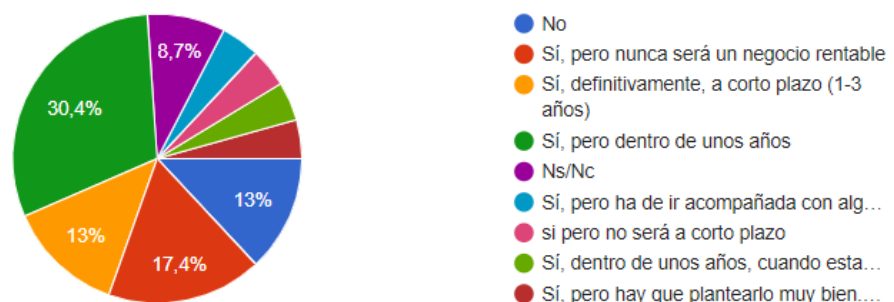
"Aún está todo por hacer en este sector. Las leyes de autoconsumo, la reducción de emisiones de CO₂, los objetivos de los distintos países, etc, son varias de las razones por las que este tipo de tecnología se está impulsando."

Por consiguiente, se puede afirmar que la comercialización de paneles solares es un sector que todavía tiene que evolucionar y crecer.

- PREGUNTA 2

¿Considera que tiene futuro la utilización de paneles fotovoltaicos de segunda mano?

23 respuestas



Un participante mantiene la respuesta de "Sí, definitivamente, a corto plazo (1-3 años)" con la siguiente explicación:

“Sigo pensando que 3 años es un plazo razonable si se extiende la instalación residencial.”

Los otros dos apoyan la opción “Sí, pero dentro de unos años”, uno de ellos aporta el siguiente razonamiento:

“Considero que cuando esta tecnología este más implantada aún, el atrevimiento para hacer este tipo de inversiones en materiales ya usados puede ser más alto siempre que se tengan amortizaciones más tempranas debido al coste reducido.”

Luego los tres participantes están de acuerdo en que es un mercado factible a corto-medio plazo.

- PREGUNTA 3

¿Considera viable ofrecer una garantía adicional para paneles fotovoltaicos de segunda mano?

23 respuestas



Esta pregunta ha supuesto un poco de controversia entre los tres sujetos, las respuestas han sido:

1. Sí
2. Otra: Dependería si se le pudiera hacer un análisis de deterioro a los módulos “No creo que esto sea una opción viable salvo que se pueda garantizar, bajo un estudio de deterioro, el buen estado del módulo en cuestión, lo que podría aprobar una garantía adicional para atraer a los clientes con un plus a mayores.”

3. Garantía sí, adicional no

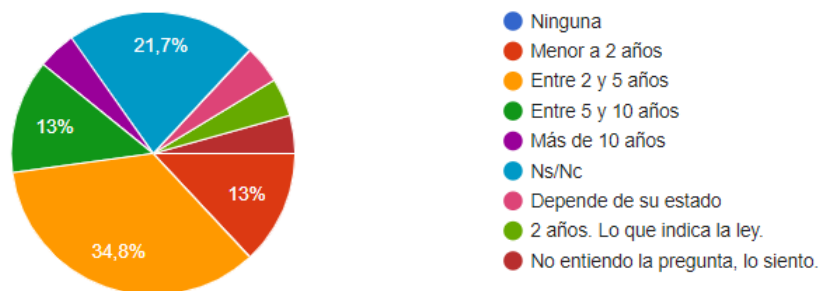
“Porque no creo que acepte un fabricante eso, si el panel es de segunda mano, la garantía será la nueva, la anterior no tendrá validez”

En la pregunta 3 se puede concluir que los tres participantes están de acuerdo con las garantías de calidad. El segundo participante exige como condición un análisis de deterioro, algo que trataremos posteriormente en el procedimiento de evaluación, y por lo tanto no supondría un problema.

• PREGUNTA 4

Una vez finalizada la revisión de un panel fotovoltaico de segunda mano, ¿cuál consideraría que sería la garantía estimada de dicha revisión?

23 respuestas



Las respuestas de dos de los participantes han sido “Entre 2 y 5 años”, uno de ellos ha justificado:

“Siempre que nos encontremos dentro de los 25 años de garantía de producto del módulo fotovoltaico y que se haya realizado un estudio de deterioro de este, se podría considerar una garantía de un período relativamente corto para motivar a los clientes finales, pero sin poner en riesgo la viabilidad de la garantía.”

El tercer participante ha contestado “Otra: Depende del estado del panel”

Como se puede apreciar, los participantes están de acuerdo en que la garantía se encuentre entre 2 y 5 años, con la condición de realizar una revisión para analizar el estado del panel, esta revisión se explicará en el Epígrafe 2.3.2.

CONCLUSIONES DEL PANEL DELPHI

Para finalizar el panel DELPHI, podemos concluir los siguientes puntos de la opinión de los expertos con todas las respuestas recibidas de los cuestionarios:

- Tanto la tecnología fotovoltaica como la comercialización y uso de paneles fotovoltaicos están en fase de crecimiento, por lo que se puede predecir que la evolución de este sector en un futuro cercano va a ser favorable.
- El momento óptimo para pasar un panel al mercado de segunda mano está entre 10 y 20 años. Los fabricantes ofrecen 25 años de garantía pudiendo alcanzar una vida de hasta 40 años con una pérdida de rendimiento, por lo tanto, existe un rango extenso de años en las que el panel pueda ser factible en el mercado de segunda mano.
- El segmento de clientes al que está enfocada la comercialización de paneles solares de segundo uso es a particulares. Como hemos explicado en las Fuerzas de Porter, se puede llegar a estos clientes a través de instaladores y consultores y empresas fotovoltaicas que retiren los paneles solares de sus instalaciones y los comercialicen.
- La mayoría de los expertos considera viable una garantía adicional para paneles fotovoltaicos de segunda mano, con una garantía estimada entre 2 y 5 años.
- Los ensayos más relevantes para una correcta certificación de paneles solares de segunda mano son ensayos de potencia y rendimiento (curvas I-V, electroluminiscencia, termografía) con el objetivo de comprobar su rendimiento y posibles defectos.

2.3. DISEÑO DEL SELLO DE CALIDAD

2.3.1. ACREDITACIÓN

Para poder realizar la evaluación de los paneles solares y comprobar los requisitos del sello de calidad, previamente es necesario acreditarse por ENAC, Organismo Nacional de Acreditación en España.

Para poder acceder a la acreditación, primero se debe identificar la actividad para la que se quiere acreditar y demostrar que la organización cumple lo establecido en la norma internacional que mejor se ajuste a dicha actividad.

Un sello de calidad implica las actividades de Inspección y Certificación

INSPECCIÓN

La inspección pretende determinar la conformidad del objeto inspeccionado a unas exigencias, sobre la base, en ocasiones, de un juicio profesional emitido por un experto. La inspección puede comprender controles visuales, medidas o ensayos funcionales de objetos físicos, exámenes documentales de especificaciones, comparaciones de resultados con las exigencias específicas o de buenas prácticas del área. La inspección no está limitada a productos; instalaciones, edificios, maquinaria e incluso planos o proyectos pueden estar sometidas a inspección.

La inspección puede ser el único servicio ofrecido al mercado por la organización (como es el caso de las inspecciones reglamentarias o las ITV), puede ser un servicio asociado a un producto o instalación (por ejemplo un servicio de inspección posterior a la instalación de, por ejemplo, una caldera, para juzgar si la instalación se ha realizado correctamente), o puede realizarse internamente en apoyo a procesos de fabricación (control de calidad o recepción de suministros) o para evaluar a suministradores (Control de suministradores)

La norma de referencia para la acreditación en este caso es la UNE-EN ISO/IEC 17020. [14]

CERTIFICACIÓN

La certificación es una "comprobación" realizada por un tercero, relativo a productos, procesos, sistemas y personas. Su objetivo es aportar confianza al cliente de una empresa o al comprador de un producto o servicio sobre que dicha empresa, servicio o producto cumplen determinados requisitos.

Existen tres tipos básicos de certificación:

Certificación de productos o servicios: Ésta puede referirse a un objeto (ejemplo: lámparas de bajo consumo), un servicio (ejemplo: transporte

de viajeros) o un proceso (ejemplo: agricultura ecológica, trazabilidad del origen de una madera,...).

La certificación es una actividad de tercera parte, esto quiere decir que las entidades de certificación deben ser independientes

La norma de referencia para la acreditación de certificación de producto es la UNE-EN ISO/IEC 17065, para certificación de sistemas de gestión la UNE-EN ISO/IEC 17021-1 y para certificación de personas la UNE-EN ISO/IEC 17024. [14]

ENAC realizará una auditoría de los procedimientos técnicos y operativos, y presenciará la ejecución en condiciones reales de la actividad a acreditar para poner de manifiesto que todas las premisas (personal, procesos técnicos y equipos) se aplican de manera eficiente y solvente.

La duración del proceso de acreditación depende de los incumplimientos normativos, en ausencia de ellos podría concederse la acreditación en un plazo entorno a tres meses desde la auditoría.

2.3.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Con el objetivo de definir el procedimiento a seguir para la evaluación de paneles solares, hemos creado la normativa correspondiente a ella: "**Módulos fotovoltaicos de segunda mano: Cualificación del Estado**" (Anexo 5.4). Para elaborarla, nos hemos basado en los estándares de paneles de primer uso además del criterio de los expertos concluido del panel DELPHI, que destacan los ensayos de curvas I-V, electroluminiscencia y termografía.

Esta normativa ha sido elaborada apoyándonos en los siguientes documentos:

- UNE-EN 61215-1, Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 1: Requisitos de ensayo
- UNE-EN 61215-1, Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 2: Procedimientos de ensayo
- IEC 60891, Dispositivos fotovoltaicos. Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos.
- IEC TS 61836, Solar photovoltaic systems. Terms, definitions and symbols
- IEC 60904-9, Solar simulator performance requirements
- IEC TS 62446-3, Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 3: Photovoltaic modules and plants – Outdoor infrared thermography
- IEC TS 60904-13:2018, Photovoltaic devices - Part 13: Electroluminescence of photovoltaic modules

Y, por último, hemos clasificado los fallos que se puedan encontrar en los módulos según la revisión de fallos de la Agencia Internacional de Energía

- IEA, Review of Failures of Photovoltaic Modules

Dentro del documento se pueden encontrar requisitos de evaluación como marcado y etiquetado, documentación, se explica la clasificación de los fallos (por pérdida de potencia y afección a la seguridad), y los ensayos que se van a realizar para verificar el estado del panel. Además de descripciones visuales sobre la categorización de los defectos del panel y la validez de éste.

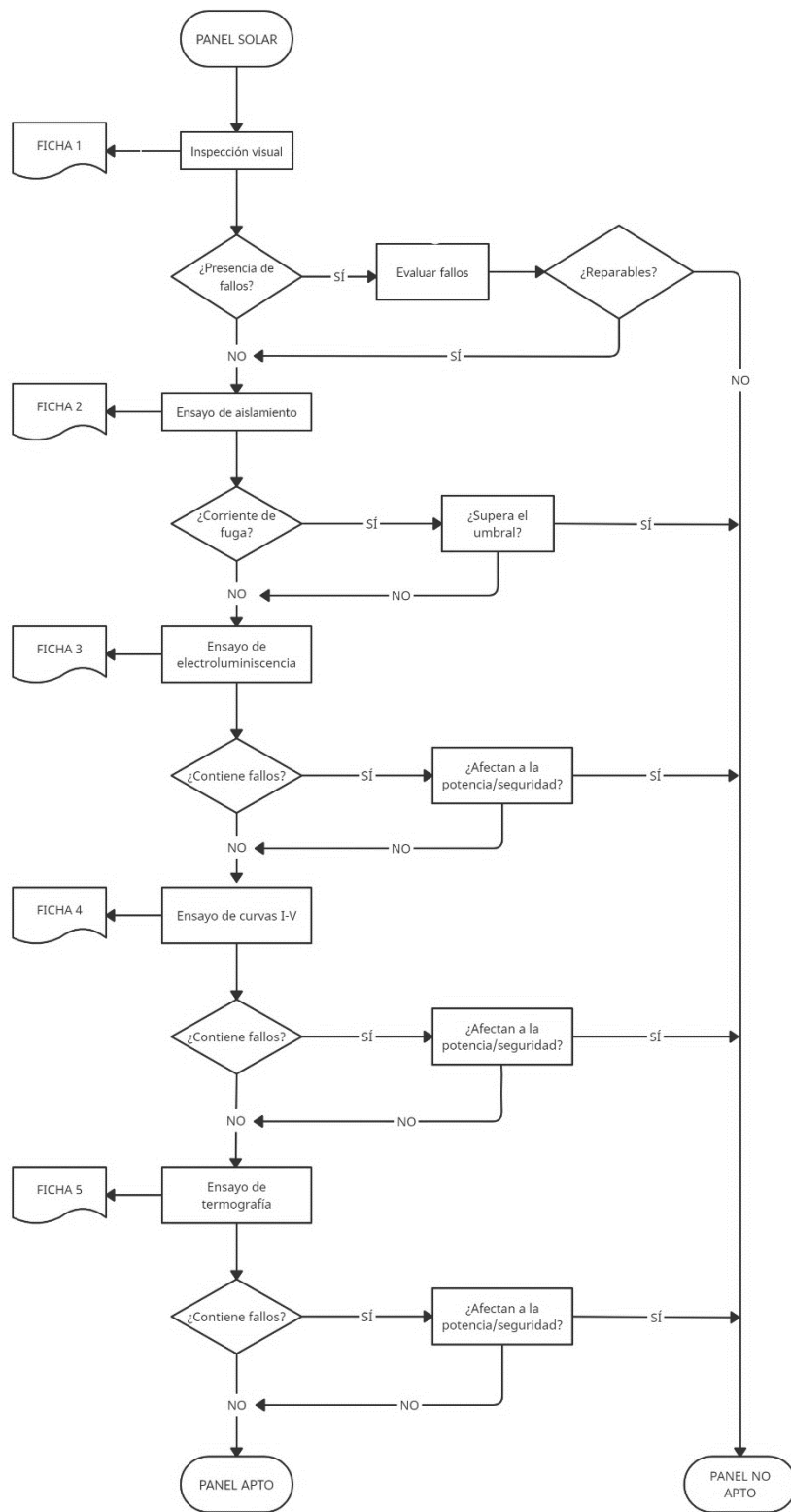


Ilustración 39: Procedimiento de evaluación. Elaboración propia.

Los ensayos elegidos para la exploración de los paneles son: Inspección visual, ensayo de aislamiento, electroluminiscencia, curvas I-V y termografía. A continuación, se detalla el objetivo de cada ensayo.

- **INSPECCIÓN VISUAL**

La inspección visual es el método más rápido y efectivo para encontrar defectos y fallos a simple vista en un módulo FV.

Según apartado 7 de IEC 61215 e IEC 61646 para fines de cualificación del diseño y homologación se consideran defectos visuales importantes los siguientes:

- a) superficies externas rotas, agrietadas o rasgadas incluyendo la cara frontal y la posterior, marcos y cajas de conexiones;
- b) superficies externas dobladas o desalineadas incluyendo la cara frontal y la posterior, marcos y cajas de conexiones cuyo estado implicara el deterioro de la instalación y/o el funcionamiento del módulo;
- c) falta de material o existencia de corrosión visible en cualquier lamina delgada del circuito activo del módulo que se extiende en más de un 10% de la superficie de cualquier célula;
- d) burbujas o exfoliaciones que crean un camino continuo entre cualquier parte del circuito eléctrico y el borde del módulo;
- e) el marcado sobre el módulo (etiqueta) ya no está adherido al módulo, o la información es ilegible.

En el documento de evaluación se explica detalladamente cada posible defecto, su relación con la pérdida de potencia y afección a la seguridad y si finalmente el panel resulta apto.

Este ensayo debe ser realizado una iluminación de al menos 1000 lux según la norma ICE 61215 para cualificación de módulos de silicio cristalino y en la norma IEC 61646 para cualificación de módulos de lámina delgada.

La inspección visual de un módulo la debe realizar una persona calificada a tal fin. El tiempo de inspección depende de: la superficie del módulo, el número de celdas, el tipo de celdas utilizadas y la experiencia del observador. Basándose en la información recopilada se adopta como valor medio un tiempo de 10 minutos por módulo.

- **ENSAYO DE AISLAMIENTO**

El ensayo verifica si el módulo fotovoltaico está lo suficientemente aislado eléctricamente mediante la comprobación de la rigidez dieléctrica y la medición de la resistencia de aislación. El ensayo consiste en aplicar tensión eléctrica entre el marco y el circuito eléctrico del módulo y verificar que no se produzcan descargas o discontinuidad dieléctrica.

La tensión aplicada es de 1000 V más el doble de la tensión de circuito abierto del sistema bajo las condiciones estándar de medida. Si la tensión del sistema no supera los 50 V la tensión aplicada debe ser de 500 V. La tensión se debe aplicar con una razón de incremento no mayor a 500 V/s y luego mantenerse durante un minuto. Posteriormente

se mide la resistencia de aislamiento a una tensión igual o superior a 500 V que deberá ser igual o superior a los 50 MΩ.

Los recursos necesarios son un Megóhmetro, megger, o medidor de aislación y una mesa regulable. El tiempo estimado de duración del ensayo son 20 minutos.

- **ELECTROLUMINISCENCIA**

Una imagen luminiscente puede ser obtenida como consecuencia de los fotones emitidos por la recombinación de portadores excitados en una célula solar. La excitación para conseguir este efecto puede ser lograda por medio de una corriente inyectada lo cual provoca un efecto electroluminiscente (EL).

Las imágenes EL permiten la detección de roturas en células, y de áreas que no pueden ser alcanzadas por la electricidad de la excitación aplicada. Estas áreas aparecerán oscuras en la imagen. Por otra parte, en células conteniendo roturas que no se extienden a todo lo largo de la célula, este tipo de ensayos puede ayudar a detectar posibles problemas futuros.

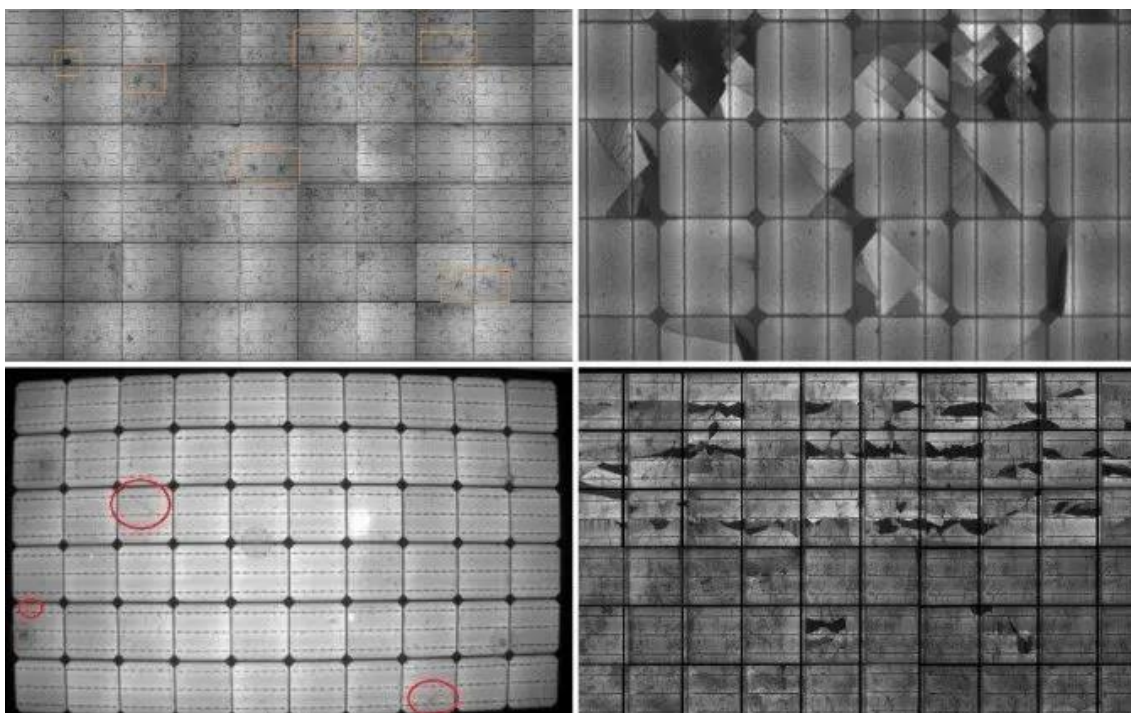


Ilustración 40: Defectos encontrados con electroluminiscencia en distintos módulos solares

Fuente: Infaimon

Al inyectar una corriente eléctrica sobre la célula de silicio, ésta emite luz en un espectro centrado en los 1.150 nm. Cuanta más radiación emite más eficiente es. La radiación se emite en toda la célula de forma que si existe una grieta o una deficiencia en las capas conductoras se ve reflejado en la imagen capturada con cámaras especialmente sensibles a esta longitud de onda. Con la ayuda de un software de inspección, esta imagen se analiza para detectar los defectos, la uniformidad y la eficiencia general de la célula.

Según la gravedad de estos defectos, la célula será aceptada o rechazada. El tiempo estimado de duración es de 5 minutos.

- **CURVAS I-V**

La medición de la curva I-V de un módulo FV determina la corriente de cortocircuito y la tensión a circuito abierto, que nos muestra la disminución de la potencia suministrada.

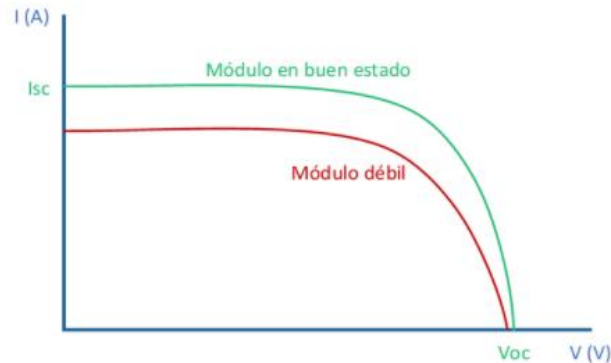


Ilustración 41: Curva I-V de módulo en buen estado y módulo débil

Fuente: Clever Solar Devices

Para detectar una disminución de potencia la medición debe hacerse en condiciones CEM, es decir: irradiancia de 1000 W/m^2 , temperatura de célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, distribución espectral AM1.5G e incidencia normal sobre la célula. Este ensayo puede ser realizado mediante un simulador solar (mediciones en laboratorio) o bajo condiciones de exposición solar directa (mediciones en campo). El tiempo estimado de duración del ensayo son 5 minutos.

- **TERMOGRAFÍA**

La termografía infrarroja (IR) es una técnica de medición no destructiva que proporciona una imagen en tiempo real del comportamiento térmico de la superficie de un objeto. Esta metodología de ensayo consiste en la detección de áreas con temperatura más altas que el resto o patrones térmicos concretos. Puede ser usado como un método sin contacto para el diagnóstico de algunos fallos térmicos y eléctricos en módulos FV. Las mediciones se pueden realizar durante la operación normal tanto para módulos FV individuales como para exploración de sistemas a gran escala. [15]

Esta técnica de medida está basada en la propiedad de que cada material emite radiación electromagnética cuyos valores máximos relativos y longitudes de onda están

relacionados con la temperatura del material. Esto se define mediante la Ley de Stefan-Boltzman, que establece la relación de cómo un cuerpo negro o ideal emite radiación. Los materiales reales, o cuerpos grises, no emiten de igual forma que un cuerpo negro. En los materiales reales no toda la energía que el cuerpo recibe es emitida puesto que parcialmente es absorbida o reflejada.

Por lo tanto, la emisividad de la superficie bajo estudio debe ser conocida para determinar este factor y corregir la ecuación. Los detectores basados en métodos de mediciones IR necesitan conocer la temperatura atmosférica del aire, la distancia y la humedad relativa con objeto de realizar correcciones para compensar el efecto del aire que separa objeto y cámara.

Aplicando la Ley de Stefan Boltzman, y teniendo en cuenta que materiales diferentes tienen una emisividad diferente, es posible identificar aéreas y puntos donde la temperatura es mayor que la esperada, así como el valor de la temperatura con un error razonable.

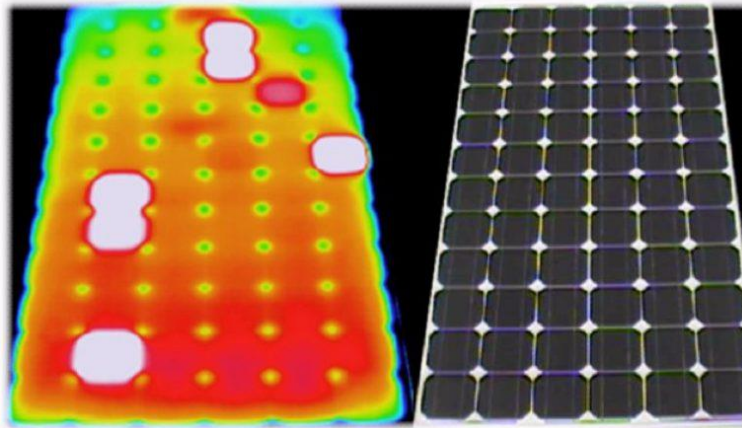


Ilustración 42: Termografía realizada con dron

Fuente: Carlotrón Solar

Según (IEC TS 62446-3 2017) las mediciones termográficas en inspecciones en el exterior deben ser realizadas con irradiancia mínima de 600 W/m^2 sobre el plano de los módulos, velocidad del viento máxima de 4 Bft y con cobertura de nubes máxima de 2 okta. El ángulo de visión debe acercarse tanto como sea posible a 90° pero no menos de 60° sobre el plano del módulo. El operador debe evitar las reflexiones tanto de los edificios cercanos, nubes o la propia autorreflexión del operador o cámara. Las mediciones desde la parte posterior de los módulos cuando sea posible son más exactas que las de la parte frontal debido a la existencia de reflexiones.

Para la realización de estos ensayos se adjunta a continuación una tabla con los tiempos y recursos necesarios para su ejecución:

	INSPECCIÓN VISUAL	ENSAYO DE AISLAMIENTO	ELECTROLUMINISCENCIA	CURVAS I-V	TERMOGRAFÍA
CANTIDAD DE PERSONAL	1	1	2	2	1
TIEMPO DE DURACIÓN (minutos)	10	20	5	5	5
TIPO DE INSTALACIONES	INTERIOR	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
	EXTERIOR	NO	NO	SÍ	SÍ
EQUIPAMIENTO NECESARIO	Sistema de iluminación localizada, mesa con plano de trabajo, cámara digital (optativo) y lupa (optativo)	Mesa de trabajo, Megóhmetro o medidor de aislación, fuente de tensión en corriente continua	Cámara de imágenes de electroluminiscencia, fuente de alimentación, software de procesamiento y visualización de imágenes	Unidad de adquisición de datos con carga eléctrica variable, soporte orientable, piranómetro, sensor de medición de temperaturas.	Cámara termográfica

Ilustración 43: Recursos necesarios para la realización de ensayos. Elaboración propia.

3. CONCLUSIONES

En el TFG "*Estudio económico de la reutilización de paneles solares en pequeñas instalaciones fotovoltaicas* [2]" realizado por María González Cano en la Universidad de Valladolid en el curso 2019/2020, se confirmó que los paneles solares de segunda mano son rentables en instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo de hasta 20 kW. El objetivo de este proyecto era analizar si un sello de calidad para paneles solares de segunda mano puede ser factible en la actualidad o en un futuro cercano.

En este punto se puede concluir que sí que es viable. En base al panel DELPHI realizado se puede afirmar que, en primer lugar, el sector solar está en fase de crecimiento y tendrá un gran desarrollo tanto tecnológico como social en un futuro. También, que existe un interés general en un sello de calidad que garantice unos estándares mínimos para el correcto funcionamiento del panel de segunda mano, ofreciendo una garantía aproximada de entre 2 y 5 años.

Los ensayos óptimos para determinar el estado del panel son pruebas de rendimiento (curvas I-V) y de detección de fallos (electroluminiscencia y termografía), que son los incluidos en el proceso de evaluación creado para chequear los paneles solares de segunda mano.

Para finalizar, me gustaría añadir que las energías renovables nos permiten obtener energía de recursos limpios e inagotables, y su funcionamiento no afecta negativamente al medioambiente. No obstante, el desecho de estos materiales si tiene un gran impacto, las estadísticas muestran que la reserva mundial de módulos fotovoltaicos al final de su vida útil que deben procesarse alcanzará de 1,7 a 8 millones de toneladas en 2030 y de 60 a 78 millones de toneladas en 2050.

Evitar estos residuos es una tarea en la que debemos trabajar todos, mi aportación es la valoración de la propuesta de un sello de calidad que permita alargar la vida útil de estos paneles y favorecer la economía circular además de disminuir la huella ambiental.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Weckend y G. Heath, «END-OF-LIFE MANAGEMENT: Solar Photovoltaic Panels,» IRENA, 2016.
- [2] M. G. Cano, «Estudio económico de la reutilización de paneles solares en pequeñas instalaciones fotovoltaicas,» Universidad de Valladolid, Valladolid, 2020.
- [3] O. Planas, «Solar Energía,» 24 01 2020. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/blog>. [Último acceso: 12 04 2021].
- [4] C. A. Bulnes y R. B. Brown, «Energía del Sol,» *Ciencia*, 2010.
- [5] McGraw-Hill, Componentes de una instalación solar fotovoltaica, 2018.
- [6] C. Honsberg y S. Bowden, «PV Education,» [En línea]. Available: <https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/4-operaci%C3%B3n-de-c%C3%A9lula-solar/eficiencia>. [Último acceso: 30 04 2021].
- [7] M. R. Tur, I. Colak y R. Bayindir, «Effect of Faults in Solar Panels on Production Rate and Efficiency,» de *IEEE*, 2018.
- [8] I. (. E. Agency), Review of Failures of Photovoltaic Modules, 2014.
- [9] IEC, Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules - Design Qualification And Type Approval, 2021.
- [10] IEC, Photovoltaic (PV) Modules - Salt Mist Corrosion Testing, 2020.
- [11] IEC, Photovoltaic (PV) Modules - Ammonia Corrosion Testing, 2014.
- [12] IEC, Photovoltaic (PV) Module Safety Qualification, 2016.
- [13] UNE, Módulos fotovoltaicos (FV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación., 2017.
- [14] ENAC, «ENAC,» [En línea]. Available: <https://www.enac.es/web/enac/-quiere-acreditarse->. [Último acceso: 05 16 2021].
- [15] G. Á. Tey, «Caracterización de instalaciones fotovoltaicas mediante técnicas de termografía infrarroja,» Escuela internacional de Doctorado, Cádiz, 2018.
- [16] C. (. N. d. E. Renovables), «IRENA,» 2017. [En línea]. Available: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Events/2017/Sep/Quality-infrastructure/1225_Quality-of-the-PV-System_Javier-

Diaz.pdf?la=en&hash=C7CB87243CBD7162FB8B4B6463012B2EFB42AB98.
[Último acceso: 05 05 2021].

5. ANEXOS

5.1. STAKEHOLDERS

Stakeholders - BIPVs	Instaladores y diseñadores BIPVs (828)					Certificador / Sellos de calidad					Interes Personal (82C)				
	Consultoría especializada paneles solares de segunda mano - Stakeholders involucrados														
PIÑCHA EL TÍTULO PARA EL CUESTIONARIO (BIPVs) ----->	Instaladoras y paneles en diseñadores (BIPVs)	Asesorías / Expertos en paneles solares / Investigadores I+D	Fabricantes	Reciclaje/Chata Zetas (consorcios europeos de investigación)	Vendedores - Grandes Instaladores	Empresas dedicadas a la certificación e inspección	Laboratorios Independientes	Organismos de normalización y estándares	Huertas Solares	Productores de Energía	Empresas / Industria (con o sin subvención)	Grupos locales de comunidad (juntas de locales, cooperativas etc.)	Vivendas y locales profesionales		
España	ONYX Solar Solar Innova Tecnalia BIPV Solutions BIREN Energéticas Sunforson Marsolar R.D.S.Renovables SL Alberca Renovables Diefel Renovables Plecasolar Empapel	CIEMAT Selectra EVO SOL Tercercentro Greenpower Enefitis Ekom Solution Grealtic Eretech Solution Iberian Solar Nauaso Navas Rekozer Silicio Sincronecton Tamesol Voltech Vindusolar Ztech Solar Solico Acceer SL	8.33 Solar Abera Abera Grupo Espino Eretech Energia Eretech Ekom Solution Grealtic Eretech Solution Iberian Solar Nauaso Navas Rekozer Silicio Sincronecton Tamesol Voltech Vindusolar Ztech Solar Solico Acceer SL	Euresi Solucion Energia T-Solar	Masters in Solar Grupo ACS SUNELEDS EUROPE Terraform Power Solar Power Abera Solar NRFL	ANOR CE PV/RLN MCS BPA NRFL	CENER TIV RHEINALD SOS JL CSA EFL MET PVEI	UNE ISO IEC CEN/IEC ENAC	Acciona Solar Europe Lantada Solaria VALPORTEC	Eral Green Power Naturey Eolisa Energia Iberdrola Aura Energia EDP Energia Aterna Energia	Iberdrola Northleaf Solarcentury Enovus Hemima O Cells DTL	Somontorsolar Aytoror Sd UNEF	Casa Rola Montegon INSEBROM		
TOTAL STAKEHOLDERS	13	6	20	3	6	6	8	5	5	7	6	3	2		

5.2. CUESTIONARIO 1

ESTUDIO DE VALORIZACIÓN DEL SECTOR DE PANELES FOTOVOLTAICOS DE SEGUNDA MANO

Gracias por acceder y realizar el cuestionario.

La actual popularidad de las energías renovables, junto con nuestra ambición por crear un planeta más sostenible y disminuir la huella ambiental que causan el desecho de los módulos, nos lleva a plantearnos nuestra posible contribución como grupo de investigación. Creemos que es el momento oportuno para reflexionar sobre el mercado de segunda mano de paneles fotovoltaicos, teniendo en cuenta su vida útil y, por tanto, la gran cantidad de módulos que se retirarán en un futuro cercano con la dificultad de llevar a cabo su reciclado.

El cuestionario tiene una duración aproximada de 15 minutos. Las respuestas son confidenciales, pero no anónimas. El objetivo del cuestionario es realizar un estudio Delphi, con el que los participantes recibirán información de alto valor del desarrollo de este sector emergente.

Este cuestionario va a ser enviado a distintos grupos de la cadena de valor del sector de paneles solares, por lo tanto, si hay preguntas que no son de vuestro conocimiento o competencias, marquen Ns/Nc ó déjenla en blanco. ***Obligatorio**

1. Correo *

2. Nombre y apellidos *

3. ¿Cuál es su edad? *

Marca solo un óvalo.

- De 20 a 30 años
- De 30 a 40 años
- De 40 a 50 años
- Más de 50 años
- No quiero compartirlo

4. ¿Cuántos años lleva trabajando en el sector fotovoltaico? * *Marca solo un*

óvalo.

- Menos de 5 años
- De 5 a 10 años
- De 10 a 20 años
- De 20 a 30 años
- Más de 30 años

5. ¿Institución a la que pertenece? * *Marca solo un óvalo.*

- Instalador y diseñador
- Asesor/Experto en paneles fotovoltaicos
- Fabricante
- Reciclaje
- Vendedores/Grandes instaladores
- Inspector/Certificador y laboratorios independientes
- Organismos de normalización
- Huertas solares
- Productores de
- energía
- Cooperativas/
Viviendas y locales

Otro: _____

6. ¿Cuál es su cargo? *

7. ¿Cuál es su motivación al realizar este cuestionario? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Interés en opinión general
- Implicación en el sector fotovoltaico
- Compromiso de respuesta

Otro: _____

8. *

Selecciona todos los que correspondan.

INFORMACIÓN PROTECCIÓN DE DATOS, GdS-OPTRONLAB, Universidad de Valladolid, CIF Q4718001C. En virtud de lo establecido en el Reglamento 2016/679 de Protección de Datos, se le informa de que los datos personales aportados serán almacenados por el Grupo de Investigación Reconocido GdS-OPTRONLAB en un fichero privado destinado únicamente a la correcta realización de este estudio delphi, siendo responsable del mismo el investigador Jorge Serrano Gutiérrez. Si desea ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, cancelación u oposición puede hacerlo dirigiéndote a jorge.serrano@uva.es, o escribiendo a Jorge Serrano, Universidad de Valladolid, Edificio LUCIA, Paseo de Belén 19, 47011 Valladolid.

Salta a la pregunta 9

INTERÉS EN PANELES SOLARES DE SEGUNDA MANO

9. ¿Considera la adquisición de paneles fotovoltaicos de segunda mano? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

10. ¿Ha adquirido paneles fotovoltaicos de segunda mano? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
-

No

11. En caso de que su respuesta anterior sea sí, ¿Cuánta garantía (restante) tenían los paneles adquiridos?

Marca solo un óvalo.

- Ninguna
- Menos de 5 años
- Menos de 10 años
- Más de 10 años

12. ¿Cuál considera que debería ser el periodo de amortización de los paneles fotovoltaicos de segunda mano? * *Marca solo un óvalo.*

- Inferior a 1 año
- Entre 1 y 3 años
- Entre 3 y 5 años
- Entre 5 y 10 años
- Ns/Nc

13. ¿Qué factor mejoraría su percepción respecto de la utilización de paneles fotovoltaicos de segunda mano? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Precio competitivo
- Tecnología vanguardista
- Durabilidad
- Novedad
- Disponibilidad de subvenciones

14. ¿Cuál considera que es la motivación para instalar paneles fotovoltaicos de segunda mano?

15. ¿Qué tipos de subvenciones conoce que apliquen en la adquisición y/o utilización de paneles fotovoltaicos de segunda mano? * *Marca solo un óvalo.*

- Europeas
- Nacionales
- De Comunidades Autónomas
- Ninguna
- _____


16. Si su respuesta a la pregunta anterior fue afirmativa, ¿qué publicación(es) o web(s) contiene(n) la información relativa a esta(s) subvención(es)?

SECTOR PANELES SOLARES DE SEGUNDA MANO

17. En su opinión, ¿cuál es el interés que existe en los paneles fotovoltaicos de segunda mano por parte de los instaladores? *

Marca solo un óvalo por fila.

	Mucho interés	Interés moderado	Un poco de interés	Neutralidad	Interés desfavorable	Percepción negativa	Percepción muy negativa
Interés de instaladores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



18. ¿Hasta qué punto a los instaladores les interesa incorporar paneles fotovoltaicos de segunda mano a su abanico de productos ofertados?

19. ¿Cómo se comercializa un panel fotovoltaico de segunda mano? *

Marca solo un óvalo.

- De instaladores a consumidores
- De empresas generadoras de energía fotovoltaica a consumidores
- Empresa de venta de material electrónico de segunda mano
- Ns/Nc
- Otro:

20. ¿Con qué periodicidad estima que se renuevan los paneles fotovoltaicos una vez instalados nuevos por primera vez? * Marca solo un óvalo.

- Menos de 10 años
- Entre 10 y 12 años
- Entre 12 y 15 años
- Entre 15 y 20 años
- Entre 20 y 25 años
- Más de 25 años
- Ns/Nc

21. ¿En qué circunstancias se repara un panel fotovoltaico antes de desecharlo? *

Marca solo un óvalo.

- Fallo mecánico
- Fallo eléctrico
- Fallo térmico
- Ns/Nc
- Otro:

22. ¿Cuál considera el factor primordial para poder elegir entre reparación o sustitución?

23. ¿Conoce algún procedimiento específico para el reciclaje de paneles fotovoltaicos? Si es así, por favor especifique la respuesta.

24. ¿Cuál considera que es la tendencia de deshecho de paneles fotovoltaicos por parte de los clientes? *

Marca solo un óvalo por fila.

	Muy frecuente	Frecuente	Poco frecuente	Muy poco frecuente	Ns/Nc
Bajo rendimiento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fallo del dispositivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiempo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nuevos modelos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25. ¿Cuál es el factor determinante para usted? *

Marca solo un óvalo.

- Bajo rendimiento
- Fallo del dispositivo
- Tiempo
- Nuevos modelos
- Ns/Nc
- Otro:

26. De entre las siguientes opciones comerciales para una segunda utilización de paneles fotovoltaicos, ¿cuál considera más factible? *

Selecciona todos los que correspondan.

Empresas

Particulares

Ns/Nc

Otro: _____

27. ¿Qué institución considera que estará más interesada en el uso de paneles solares de segunda mano con fines de RSC (Responsabilidad Social Corporativa)? *

Selecciona todos los que correspondan.

Agencias Gubernamentales

Empresas

ONGs

Ns/Nc

Otro: _____

28. ¿Qué vida útil considera que tiene un panel fotovoltaico tras una utilización intensiva? *

Marca solo un óvalo.

menos de 1 año

5 años

10 años

12 años

15 años

20 años

25 años

Ns/Nc

29. ¿Cuál considera el momento óptimo para que un panel fotovoltaico pueda pasar al mercado de segunda mano? * *Marca solo un óvalo.*

- Menos de 10 años
- Entre 10 y 12 años
- Entre 12 y 15 años
- Entre 15 y 20 años
- Entre 20 y 25 años
- Más de 25 años
- Ns/Nc

30. ¿Cuál considera como momento óptimo para reciclar un panel fotovoltaico? *

Marca solo un óvalo.

- Menos de 10 años
- Entre 10 y 12 años
- Entre 12 y 15 años
- Entre 15 y 20 años
- Entre 20 y 25 años
- Entre 25 y 30 años
- Más de 30 años
- Ns/Nc

31. ¿De qué variables depende ese momento óptimo? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Rendimiento
- Fallo del dispositivo (mecánico, eléctrico, térmico...)
- Garantía
- Ns/Nc

Otro: _____

32. ¿Qué tipos de paneles fotovoltaicos son más favorables para el clima mediterráneo en España? *

Selecciona todos los que correspondan.

Monocristalino

Policristalino

Bifacial

Ns/Nc

Otro: _____

33. ¿Qué tipos de paneles fotovoltaicos son más favorables para el clima oceánico en España? *

Selecciona todos los que correspondan.

Monocristalino

Policristalino

Bifacial

Ns/Nc

Otro: _____

34. ¿Qué tipos de paneles fotovoltaicos son más favorables para el clima de montaña en España? *

Selecciona todos los que correspondan.

Monocristalino

Policristalino

Bifacial

Ns/Nc

Otro: _____

35. Especifique su respuesta a las tres preguntas anteriores

36. ¿En qué fase del ciclo de vida cree que nos encontramos en cuanto a la tecnología fotovoltaica? *

Marca solo un óvalo.

- Desarrollo
- Crecimiento
- Madurez
- Declive
- Ns/Nc

37. ¿En qué medida considera que la evolución de la tecnología referente a la industria fotovoltaica es compatible con la reutilización de paneles solares?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy incompatible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy compatible

38. ¿En qué fase del ciclo de vida cree que nos encontramos en cuanto a la comercialización y uso de paneles fotovoltaicos? * *Marca solo un óvalo.*

- Desarrollo
- Crecimiento
- Madurez
- Declive
- Ns/Nc

39. ¿Qué factor(es) considera más importante(s) para fomentar la comercialización y uso de paneles fotovoltaicos de segunda mano? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Información
- Coste
- Subvenciones
- Garantías de calidad
- Ns/Nc

Otro: _____

40. ¿En qué medida se pueden extender las subvenciones para la instalación y/o utilización de paneles fotovoltaicos de segunda mano?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy improbable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy probable

41. ¿Qué aspectos considera más relevantes en un panel fotovoltaico de segunda mano para que resulte rentable su comercialización?

42. ¿De qué manera cree que la introducción de subvenciones para la instalación y/o utilización de paneles fotovoltaicos de segunda mano estimularía el mercado?

43. ¿Podría describir un segmento de clientes al que le resulte atractivo la utilización de paneles fotovoltaicos de segunda mano? *

Selecciona todos los que correspondan.

Grandes y medianas instalaciones (>200 kW)

Pequeñas instalaciones (entre 50 y 200 kW)

Comunidades energéticas (<50 kW)

Autoconsumo

Ns/Nc

Otro: _____

44. ¿Considera que tiene futuro la utilización de paneles fotovoltaicos de segunda mano? *

Marca solo un óvalo.

No

Sí, pero nunca será un negocio rentable

Sí, definitivamente, a corto plazo (1-3 años)

Sí, pero dentro de unos años

Ns/Nc

Otro:

SELLOS DE CALIDAD PARA PANELES SOLARES DE SEGUNDA MANO

45. ¿En qué periodo de tiempo estima que la certificación de paneles fotovoltaicos de segunda mano pueda convertirse en una opción relevante a tener en cuenta? * *Marca solo un óvalo.*

- Nunca
- Entre 0 y 2 años
- Entre 3 y 5 años
- Entre 6 y 10 años
- Ns/Nc

46. ¿Conoce algún procedimiento de certificación de paneles fotovoltaicos de segunda mano? Si su respuesta es afirmativa, por favor especifique con un ejemplo.

47. ¿Con qué probabilidad ve posible poder aplicar el mismo procedimiento de certificación para paneles fotovoltaicos independientemente de si son nuevos o de segunda mano? *

Marca solo un óvalo.

- Nunca
- Entre 0 y 40%
- Entre 60 y 100%
- Ns/Nc

48. ¿Conoce si hay alguna estandarización periódica que marque cuando se debe desechar un panel fotovoltaico? * *Marca solo un óvalo.*

- Sí, se fija de antemano un periodo temporal para cambiar una parte de los paneles fotovoltaicos
- Sí, se hace en función del rendimiento individual de los paneles fotovoltaicos
- No
- Ns/Nc
- Otro:

49. ¿Considera que el proceso actual de certificación de paneles fotovoltaicos nuevos requiere más actividades/ensayos de los que podrían considerarse necesarias? * *Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No
- Ns/Nc

50. ¿Qué actividades/ensayos considera más relevantes para una correcta certificación de un panel fotovoltaico de segunda mano?

51. ¿Conoce si se realiza un control de calidad periódico de los paneles fotovoltaicos una vez instalados? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 - No
 - Ns/Nc
 - Otro:
-

52. En caso afirmativo de la anterior pregunta, ¿Cada cuántos años se suele realizar dicho control?

Marca solo un óvalo.

- Periodos inferiores a 1 año
- Periodos entre 5 y 10 años
- Periodos mayores a 10 años
- Es un control personalizado según tipo de dispositivo

53. ¿Cuáles son los principales parámetros que usted valora al inspeccionar el estado de un panel fotovoltaico?

54. ¿De qué forma se podría adaptar un método de certificación de paneles de segunda mano de acuerdo al seguido en la certificación de paneles fotovoltaicos nuevos?

55. ¿Considera viable ofrecer una garantía adicional para paneles fotovoltaicos de segunda mano? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Ns/Nc
- Otro:

56. Una vez finalizada la revisión de un panel fotovoltaico de segunda mano, ¿cuál consideraría que sería la garantía estimada de dicha revisión? * *Marca solo un óvalo.*

- Ninguna
- Menor a 2 años
- Entre 2 y 5 años
- Entre 5 y 10 años
- Más de 10 años
- Ns/Nc
- Otro:

57. ¿Qué rendimiento medio tienen los paneles fotovoltaicos que se retiran?

58. ¿Cuál es el valor residual estimado de un panel fotovoltaico cuando es desechado de una instalación?

59. ¿Cuál es el destino de un panel fotovoltaico cuando es desechado de una instalación?

60. ¿Cuánto debe reducirse el rendimiento de un panel fotovoltaico para que sea retirado de una instalación solar? * *Marca solo un óvalo.*

- Menos de un 10%
- Entre un 10% y 15%
- Entre un 15% y 20%
- Entre un 20% y 30%
- Entre un 30 y un 40%
- Más de un 40%
- Ns/Nc

61. ¿Cuál es el proceso de valoración del estado de los paneles fotovoltaicos usados?

62. ¿Qué procedimiento utilizan para la clasificación (ubicación, almacenaje) de los paneles fotovoltaicos usados?

63. ¿Cuál es la tendencia de desecho de paneles fotovoltaicos en una planta de generación (reciclaje, venta...)?

64. ¿Qué salida tienen los paneles fotovoltaicos después de usados en una primera instalación cuando todavía tienen vida útil? * *Marca solo un óvalo.*

Utilización en empresas

Usos domésticos

Venta

Ns/Nc

Otro:

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Analizaremos las respuestas del estudio y nos pondremos de nuevo en contacto con usted para la realización de la segunda ronda del panel Delphi aproximadamente en dos semanas. Mandaremos el correo al e-mail solicitado al principio del cuestionario, por favor asegúrese de que es el correcto. Muchas gracias por su tiempo y ayuda. Recuerde que está invitado a visitar nuestras instalaciones: Edificio LUCIA, Paseo del Belén, 19, 47011, Valladolid, Spain.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

5.3. CUESTIONARIO 2

RESULTADOS DE LA PRIMERA RONDA DELPHI

A continuación, se presentan los resultados del Estudio Delphi. Los resultados obtenidos y que ahora se presentan, se corresponden con las respuestas dadas en la primera ronda. Dado que el objetivo buscado con este tipo de investigación es intentar llegar al mayor consenso posible entre los expertos, en esta segunda ronda, para cada pregunta se presentan los resultados mayoritarios, pidiendo ahora que señalen los motivos tanto si varían su postura como si se reafirman en ella. Estos motivos van a ser los que nos den la clave, explicándonos cuál es el real significado de las respuestas y el porqué de su supremacía sobre el resto de las opciones.

INSTRUCCIONES GENERALES PARA RELLENAR EL CUESTIONARIO

En esta segunda ronda se le va a presentar alguna de las preguntas del cuestionario que ya cumplimentó en el anterior envío.

En cada pregunta se le proporcionan los resultados y las respuestas obtenidas para el total de los expertos en la primera ronda. La respuesta que usted indicó irá señalada por un **punto verde** cuando coincide con la respuesta mayoritaria y con un **cuadrado rojo** cuando su respuesta no coincide con la media.

A continuación, se le vuelve a plantear la pregunta para que confirme o modifique su primera respuesta.

- * Cuando su respuesta anterior está marcada con un **cuadrado rojo** ■ usted debe justificar por qué ha mantenido o ha modificado su respuesta en esta segunda ronda.
- * Cuando su respuesta anterior está marcada con un **punto verde** ● sólo tiene que justificar su respuesta en esta segunda ronda, en caso de que opte por modificarla. Si no ha de modificar su respuesta no ha de contestar de nuevo a la pregunta.

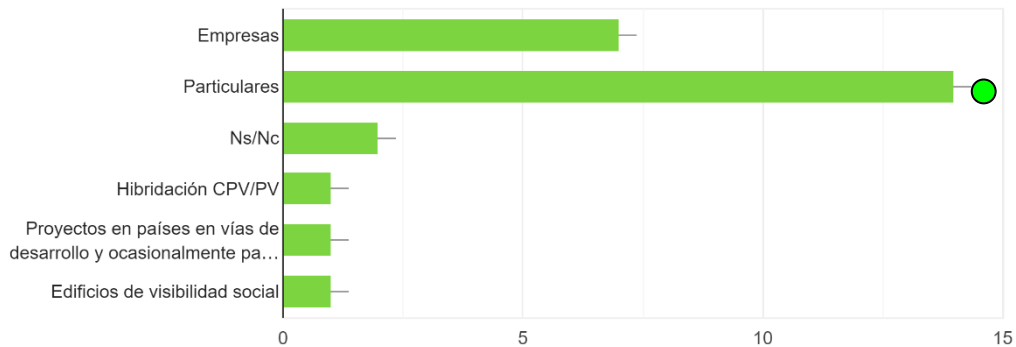
SECTOR DE PANELES DE SEGUNDA MANO

1. De entre las siguientes opciones comerciales para una segunda utilización de paneles fotovoltaicos, ¿cuál considera más factible?

A esta pregunta, la respuesta en la primera ronda fue la siguiente:

De entre las siguientes opciones comerciales para una segunda utilización de paneles fotovoltaicos, ¿cuál considera más factible?

23 respuestas



Tras conocer este resultado, vuelva a responder a la pregunta:

De entre las siguientes opciones comerciales para una segunda utilización de paneles fotovoltaicos, ¿cuál considera más factible?

- *Empresas*
- *Particulares*
- *Ns/Nc*
- *Otra:*

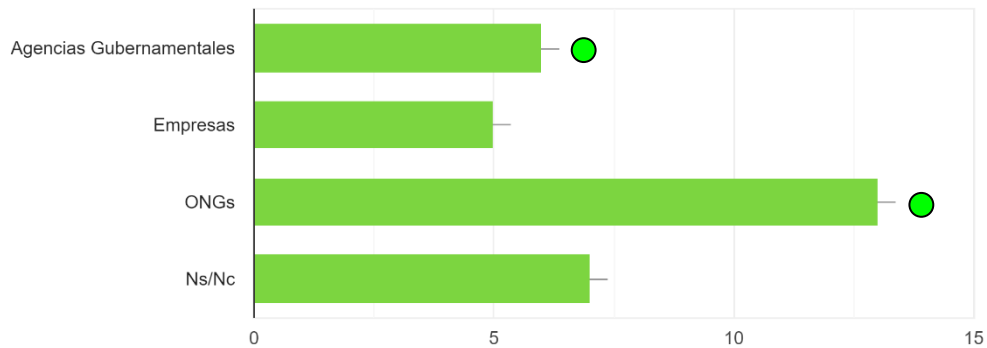
Motivos por los que ha decidido modificar su respuesta o mantiene una respuesta diferente a la media:

2. ¿Qué institución considera que estará más interesada en el uso de paneles solares de segunda mano con fines de RSC (Responsabilidad Social Corporativa)?

A esta pregunta, la respuesta en la primera ronda fue la siguiente:

¿Qué institución considera que estará más interesada en el uso de paneles solares de segunda mano con fines de RSC (Responsabilidad Social Corporativa)?

23 respuestas



Tras conocer este resultado, vuelva a responder a la pregunta:

¿Qué institución considera que estará más interesada en el uso de paneles solares de segunda mano con fines de RSC (Responsabilidad Social Corporativa)?

- *Agencias gubernamentales*
- *Empresas*
- *ONGs*
- *Ns/Nc*
- *Otra:*

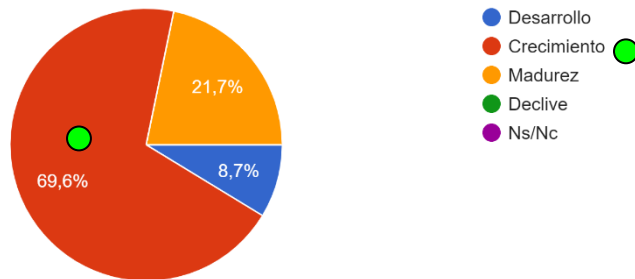
Motivos por los que ha decidido modificar su respuesta o mantiene una respuesta diferente a la media:

4. ¿En qué fase del ciclo de vida cree que nos encontramos en cuanto a la comercialización y uso de paneles fotovoltaicos?

A esta pregunta, la respuesta en la primera ronda fue la siguiente:

¿En qué fase del ciclo de vida cree que nos encontramos en cuanto a la comercialización y uso de paneles fotovoltaicos?

23 respuestas



Tras conocer este resultado, vuelva a responder a la pregunta:

¿En qué fase del ciclo de vida cree que nos encontramos en cuanto a la tecnología fotovoltaica?

- Desarrollo
- Crecimiento
- Madurez
- Declive
- Ns/Nc

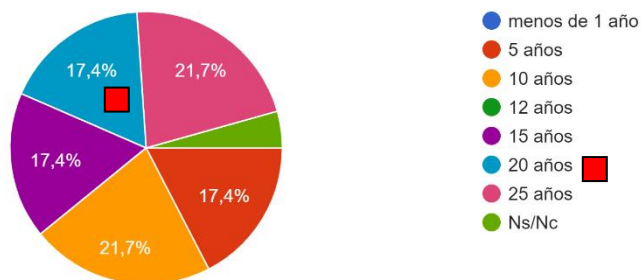
Motivos por los que ha decidido modificar su respuesta o mantiene una respuesta diferente a la media:

6. ¿Qué vida útil considera que tiene un panel fotovoltaico tras una utilización intensiva?

A esta pregunta, la respuesta en la primera ronda fue la siguiente:

¿Qué vida útil considera que tiene un panel fotovoltaico tras una utilización intensiva?

23 respuestas



Tras conocer este resultado, vuelva a responder a la pregunta:

¿Qué vida útil considera que tiene un panel fotovoltaico tras una utilización intensiva?

- Menos de 1 año
- 5 años
- 10 años
- 12 años
- 15 años
- 20 años
- 25 años
- Ns/Nc

Motivos por los que ha decidido modificar su respuesta o mantiene una respuesta diferente a la media:

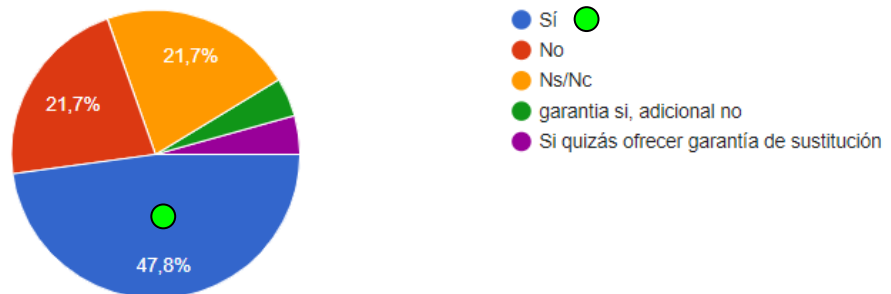
SELLOS DE CALIDAD DE PANELES SOLARES DE SEGUNDA MANO

7. ¿Considera viable ofrecer una garantía adicional para paneles fotovoltaicos de segunda mano?

A esta pregunta, la respuesta en la primera ronda fue la siguiente:

¿Considera viable ofrecer una garantía adicional para paneles fotovoltaicos de segunda mano?

23 respuestas



Tras conocer este resultado, vuelva a responder a la pregunta:

¿Considera viable ofrecer una garantía adicional para paneles fotovoltaicos de segunda mano?

- Sí
- No
- Ns/Nc
- Otra:

Motivos por los que ha decidido modificar su respuesta o mantiene una respuesta diferente a la media:

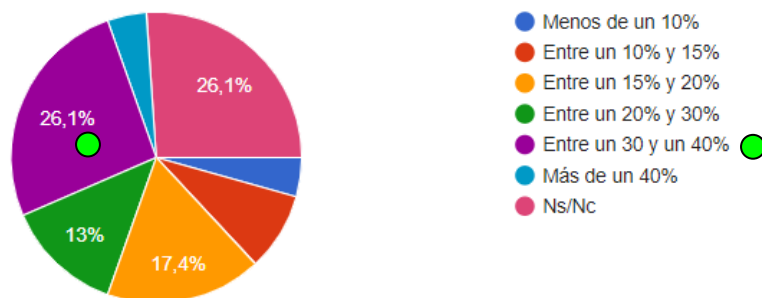
Motivos por los que ha decidido modificar su respuesta o mantiene una respuesta diferente a la media:

9. ¿Cuánto debería reducirse el rendimiento de un panel fotovoltaico para que sea retirado de una instalación solar?

A esta pregunta, la respuesta en la primera ronda fue la siguiente:

¿Cuánto debe reducirse el rendimiento de un panel fotovoltaico para que sea retirado de una instalación solar?

23 respuestas



Tras conocer este resultado, vuelva a responder a la pregunta:

¿Cuánto debe reducirse el rendimiento de un panel fotovoltaico para que sea retirado de una instalación solar?

- *Menos de un 10%*
- *Entre un 10% y 15%*
- *Entre un 15% y 20%*
- *Entre un 20% y 30%*

5.4. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN PANELES DE SEGUNDO USO



(Código de la norma)

Fecha

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SEGUNDA MANO

Cualificación del estado

(Código de la norma)

Módulos fotovoltaicos de segunda mano

Cualificación del estado

Second-hand photovoltaic modules. State qualification.

Modules photovoltaïques d'occasion. Qualification d'État.

Índice

1	Objeto y campo de aplicación	102
2	Normas para consulta	102
3	Términos, definiciones y abreviaturas	103
3.1.	Temperatura reflejada.....	103
3.2.	Electroluminiscencia	103
4	Marcado y documentación.....	103
4.1.	Etiquetado.....	103
4.2.	Documentación	103
5	Clasificación de fallos	104
5.1.	Pérdida de potencia.....	104
5.2.	Afección a la seguridad.....	105
6	Ensayos	105
6.1.	Inspección visual.....	107
6.1.1.	Objeto.....	107
6.1.2.	Procedimiento	107
6.1.3.	Requisitos	107
6.2.	Ensayo de aislamiento.....	108
6.2.1.	Objeto.....	108
6.2.2.	Aparatos	108
6.2.3.	Condiciones de ensayo	109
6.2.4.	Procedimiento.....	109
6.2.	Electroluminiscencia	110
6.2.1.	Objeto.....	110
6.2.2.	Aparatos	110
6.2.3.	Resultados	110
6.3.	Curvas I-V.....	114
6.3.1.	Objeto.....	114
6.3.2.	Aparatos	114
6.3.3.	Procedimiento.....	115
6.3.4.	Resultados	115
6.4.	Termografía.....	118
6.4.1.	Objeto.....	118
6.4.2.	Aparatos	118

6.4.3.	Condiciones ambientales.....	119
6.4.4.	Procedimiento.....	119
6.4.5.	Requisitos.....	120
6.4.6.	Resultados.....	121

Introducción

En esta norma se describe los requisitos y conjunto de procedimientos de ensayo necesarios para la cualificación de los módulos fotovoltaicos de segunda mano. Los procedimientos de ensayo descritos son válidos para todas las tecnologías del dispositivo.

También se realiza un criterio de fallos para definir que paneles son aptos y cuáles no adjuntos con fotografías para su mejor comprensión.

Módulos fotovoltaicos de segunda mano

Cualificación del estado

1 Objeto y campo de aplicación

Esta Norma establece las exigencias de la CEI para la cualificación del estado de los módulos fotovoltaicos (FV) de segunda mano. Es aplicable a todos los tipos de módulos planos, tales como módulos de silicio cristalino o módulos de lámina delgada.

El objeto de esta secuencia de ensayos es determinar las fallas posibles en los módulos y su estado para seguir funcionando. El tiempo de vida real esperado de los módulos dependerá de su diseño, de las condiciones ambientales y de las condiciones de trabajo en las que estén operando.

2 Normas para consulta

Los documentos indicados a continuación, en su totalidad o en parte, son normas para consulta indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluida cualquier modificación de ésta).

UNE-EN 61215-1, Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 1: Requisitos de ensayo.

UNE-EN 61215-1, Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 2: Procedimientos de ensayo.

IEC 60891, Dispositivos fotovoltaicos. Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos.

IEC TS 61836, Solar photovoltaic systems. Terms, definitions and symbols.

IEA, Review of Failures of Photovoltaic Modules.

IEC 61853-1, Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating.

IEC 60904-9, Solar simulator performance requirements

IEC TS 62446-3, Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 3: Photovoltaic modules and plants – Outdoor infrared thermography

IEC TS 60904-13:2018, Photovoltaic devices - Part 13: Electroluminescence of photovoltaic modules

3 Términos, definiciones y abreviaturas

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en las normas UNE-EN 61215, además de los siguientes:

3.1. Temperatura reflejada

T refl: Temperatura media aparente del ambiente que es reflejada por el objeto hacia la cámara de infrarrojos.

Nota 1: Medido en grados Celsius (° C).

Nota 2: Algunos fabricantes de cámaras IR utilizan el término: temperatura ambiente.

3.2. Electroluminiscencia

EL: Emisión de radiación óptica resultante de la aplicación de energía eléctrica

4 Marcado y documentación

4.1. Etiquetado

Cada módulo debe llevar marcada de forma clara e indeleble la siguiente información, además de aquella incluida en el etiquetado del panel nuevo, indicada en la norma UNE-EN 61215-1:

- a) Nombre o marca comercial del certificador;
- b) Fecha y lugar del certificado;
- c) Clasificación del estado del panel.

4.2. Documentación

Los módulos deben suministrarse junto con la documentación original que describe los métodos de instalación mecánica y eléctrica, así como las especificaciones técnicas y de estado del módulo. Ésta debe indicar la clase de protección contra

choques eléctricos bajo la que se ha cualificado el módulo, y cualquier limitación específica requerida. Debe asegurar que instaladores y operadores reciban la documentación apropiada y suficiente para garantizar la seguridad en la instalación, uso y mantenimiento de los módulos FV.

Además de la documentación original descrita según la norma original UNE-EN 61215-1, que incluyen los requisitos mínimos que ha debido pasar el módulo originalmente, tiene que añadirse un informe que describa el estado del panel actual y los posibles problemas de seguridad que pueda causar.

Todos los datos eléctricos mencionados deben presentarse en condiciones estándar de medida (especificada en la IEC TS 61836).

5 Clasificación de fallos

Esta clasificación está basada en Review of failures of photovoltaic modules de la Agencia Internacional de Energía (IEA).

5.1. Pérdida de potencia

Se considera una pérdida de energía y por lo tanto, un fallo en el rendimiento del módulo cuando la potencia que proporciona el módulo más la incertidumbre de la medición es menor que la potencia indicada en la etiqueta de fabricación menos la tolerancia estimada:

$$P_m + \Delta P_m < P_{ml} + \Delta P_l$$

En función de la pérdida, se dividen en estas categorías:

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
A	Pérdida de potencia inferior al 3%
B	Pérdida de potencia exponencial y continuada en el tiempo
C	Pérdida de potencia lineal y continuada en el tiempo
D	Pérdida de potencia saturada a lo largo del tiempo
E	Degradación a saltos a lo largo del tiempo
F	Degradaciones de tipología variada a lo largo del tiempo

5.2. Afección a la seguridad

Se distinguen en los siguientes tipos:

CATEGORÍA DE SEGURIDAD	DESCRIPCIÓN
A	La falla no afecta a la seguridad.
B (f, e, m)	La falla puede causar f, e y m si ocurre una falla de seguimiento y / o una segunda falla.
C (f, e, m)	La falla causa un problema de seguridad directo. (f, e ó m)

LEYENDA

f Incendio

e Choque

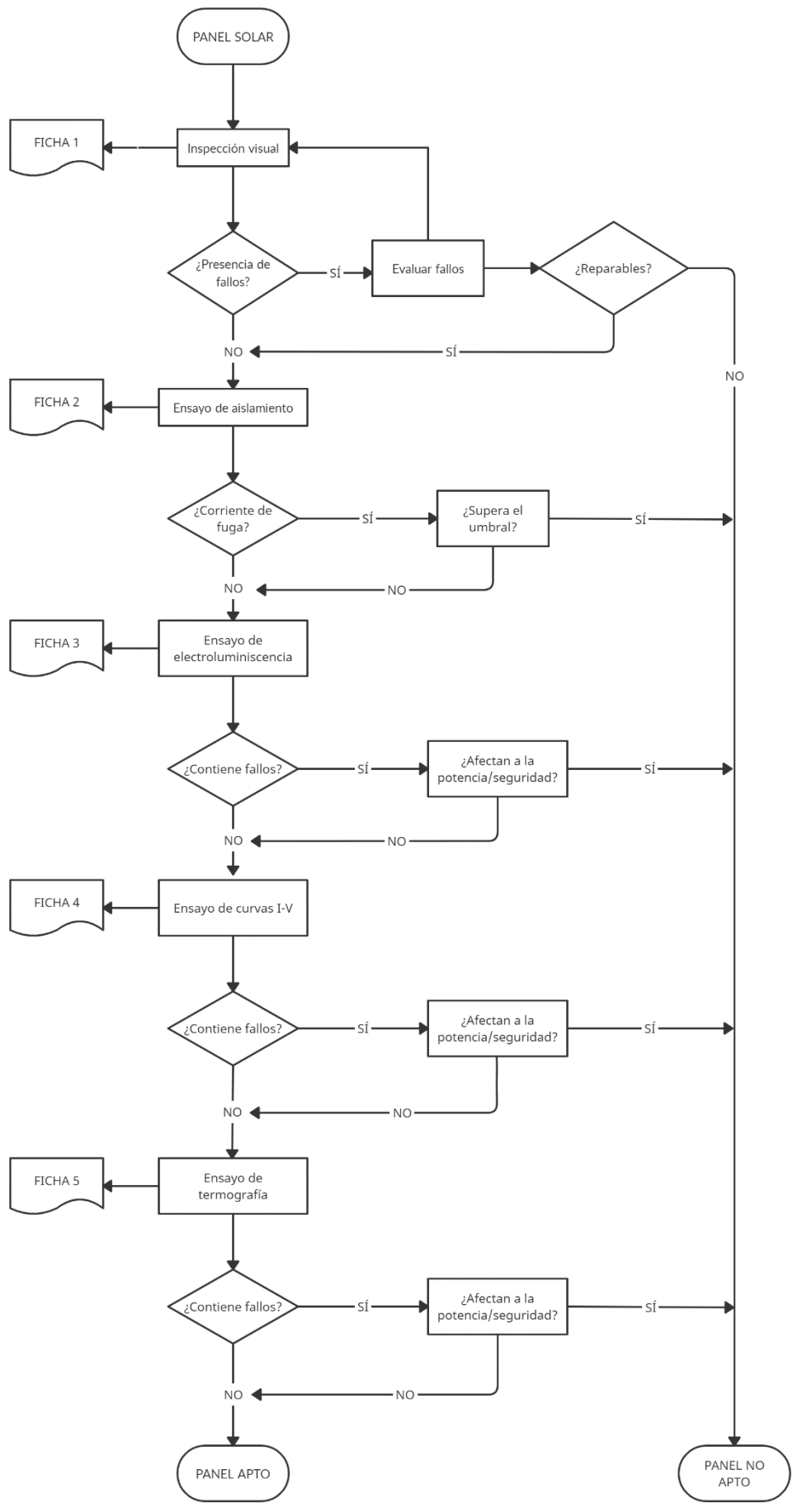
m Peligro físico

6 Ensayos

Los módulos deben dividirse en grupos y someterse a las siguientes pruebas descritas a continuación. Se emplearán las mismas pruebas para los módulos de silicio monocristalino, policristalino y de película delgada. Las placas bifaciales también seguirán el mismo proceso, pero variando la forma de ejecutar el ensayo (todavía por descubrir-TFG Javier).

Durante los ensayos, el técnico de ensayos debe observar cuidadosamente las instrucciones de manejo, montaje y conexión.

Los procedimientos de ensayo se especifican a continuación:



6.1. Inspección visual

6.1.1. Objeto

Detectar cualquier defecto visual en el módulo.

6.1.2. Procedimiento

Se inspecciona cuidadosamente cada módulo bajo una iluminación de no menos de 1000 lux para las condiciones y observaciones definidas en la norma IEC 61215-1.

Se anotan y/o fotografían la naturaleza y posición de grietas, burbujas, delaminaciones, decoloración etc., que pueden empeorar y afectar el funcionamiento del módulo en ensayos posteriores. También es necesario inspeccionar el marco, uniones y conexiones y cableado.

6.1.3. Requisitos

Serán aceptables aquellos defectos que afecten únicamente a la estética del mismo, pero no reduzcan considerablemente su rendimiento, que se deberá comprobar con los ensayos restantes. La evaluación de fallos está regulada por la Agencia Internacional de la Energía (IEA) en Review of failures of photovoltaic modules, como se explica en el punto anterior.

DESCRIPCIÓN	SEGURIDAD	POTENCIA	APTO
Marco doblado o desalineado	B(m,e)	A	NO
Marco roto o rayado	B(m,e)	A	SÍ
Cubierta de cristal fracturada	B(e)	D/E	NO
Burbujas en parte frontal del panel	C(e)	D/E	NO
Delaminado en parte frontal del panel	B(e)	D/E	NO
Delaminado en parte posterior del panel	B/C(e)	D	NO
Decoloración de EVA	B(f)	C	SÍ

Marcas de quemaduras parte frontal del panel	B(f,m,e)	D/E	NO
Marcas de quemaduras parte posterior del panel	B(f,m,e)	D/E	SÍ
Snail Trails. Humedad en el encapsulado	B(f)	C	NO
Células rotas o dañadas	B(e,m)	A	NO
Fragmento de células laminadas en el módulo	B	A	NO
Células agrietadas	A	D/E	NO
Decoloración de las células	B(f)	D	NO
Contactos metálicos oxidados o quemados	B(f,e,m)	D/E	NO
Desconexión de celdas y cintas de Interconexión	A	C	SÍ
Caja de conexiones presenta oxidación/corrosión	B(m,e)	A	NO
Fallo en el diodo de bypass	B(f)	A	SÍ
Conexiones dañadas o desajustadas	B(m,e)	A	SÍ
Cableado del panel en contacto elementos	B(f)	A	SÍ

6.2. Ensayo de aislamiento

6.2.1. Objeto

Determinar si el módulo está o no suficientemente bien aislado entre las partes activas y las accesibles.

6.2.2. Aparatos

- Fuente de tensión en corriente continua (c.c) con limitación de intensidad capaz de aplicar 500 V o 1 000 V más de dos veces la tensión máxima del sistema del módulo (Norma IEC 61215-1).

- b) Un instrumento para medir la resistencia de aislamiento.

6.2.3. Condiciones de ensayo

Los ensayos deben realizarse en módulos a la temperatura ambiente de la atmósfera envolvente (véase la Norma IEC 60068-1) y a una humedad relativa que no exceda el 75%.

6.2.4. Procedimiento

- a) Se cortocircuitan los terminales de salida del módulo y se conectan al terminal positivo de un aparato medidor del aislamiento en corriente continua con limitación de intensidad.
- b) Se conectan las partes metálicas expuestas del módulo al terminal negativo del aparato. Si el módulo no tiene marco o si el marco es mal conductor eléctrico, se envuelve una lámina conductora alrededor de los bordes. Se cubren todas las superficies de material polímero del módulo (cara frontal y posterior, caja de conexiones) con lámina conductora. Se conectan todas las partes cubiertas con lámina conductora también al terminal negativo del aparato de medida.

Algunas tecnologías del módulo pueden ser sensibles a la polarización estática, si el módulo se mantiene en tensión positiva con el marco. En este caso, la conexión del aparato de medida se realizará de la manera opuesta. Si procede, el fabricante debe proporcionar la información con respecto a la sensibilidad a la operación estática.

- c) Se aumenta la tensión aplicada por el aparato de medida, a un ritmo que no exceda 500V/s, hasta un valor de 1 000 V más de dos veces la tensión máxima del sistema (Norma IEC 61215-1). Si la tensión máxima del sistema no excede 50 V, la tensión aplicada debe ser 500 V. Manténgase la tensión en este valor durante 1 min.
- d) Se reduce la tensión aplicada hasta cero y cortocircuitan los terminales del equipo de medida para descargar la tensión creada en el módulo.
- e) Se elimina el cortocircuito.
- f) Se aumenta la tensión proporcionada por el equipo de medida a un ritmo que no exceda 500 V/s hasta 500 V, o hasta que la tensión máxima del sistema para el módulo, si ésta fuera mayor que ese valor. Se mantiene esta tensión durante 2 min. A continuación, se mide la resistencia de aislamiento.
- g) Se reduce la tensión aplicada a cero y se cortocircuitan los terminales del equipo de ensayo, para descargar la tensión creada en cada módulo.
- h) Se elimina el cortocircuito y se desconecta el equipo de ensayo del módulo.

6.2.5. Requisitos de ensayo

- a) Ninguna ruptura dieléctrica o arborescencia eléctrica superficial durante el paso 4.3.4 c);
- b) Para módulos con un área menos que $0,1 \text{ m}^2$, la resistencia de aislamiento debe ser inferior a $400 \text{ M}\Omega$.
- c) Para módulos con un área mayor que $0,1 \text{ m}^2$, el producto de la resistencia de aislamiento medida por el área del módulo no debe ser inferior a $40 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}^2$.

6.2. Electroluminiscencia

6.2.1. Objeto

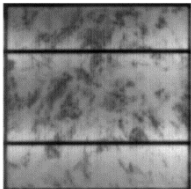
Capturar fotografías de emisión de electroluminiscencia que permitan ver roturas o fallos del panel que no se pueden ver a simple vista.

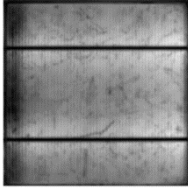
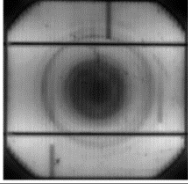
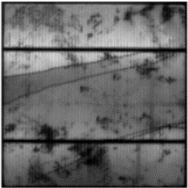
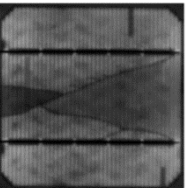
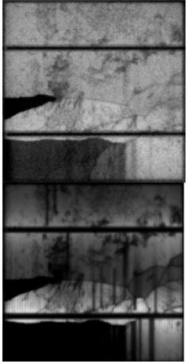
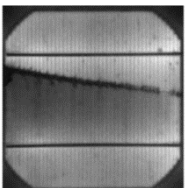
6.2.2. Aparatos

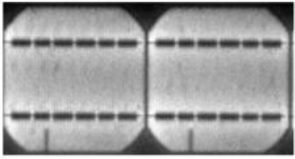

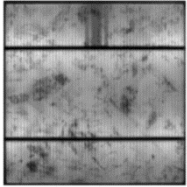
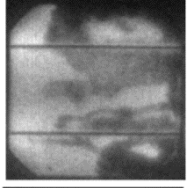
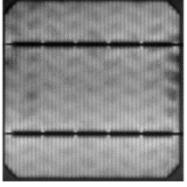
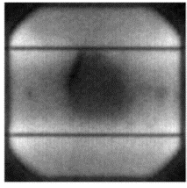
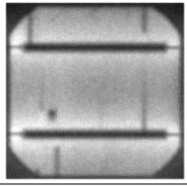

- a) Cámara de imágenes de electroluminiscencia
- b) Estudio o entorno de imágenes de cuarto oscuro
- c) Fuente de alimentación
- d) Interfaz de computadora con cámara y fuente de alimentación para capturar imágenes
- e) Software de procesamiento y visualización de imágenes

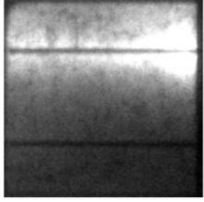
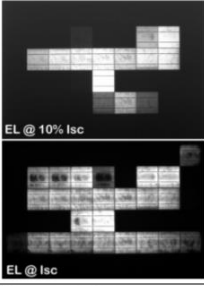
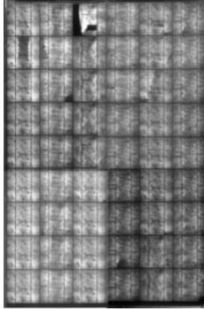
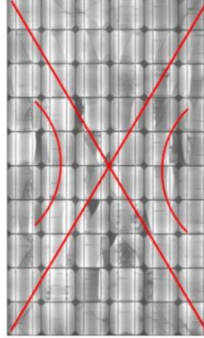
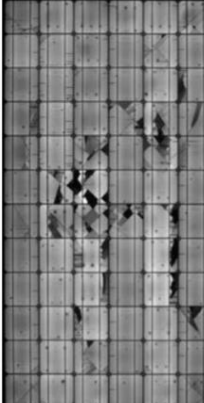
6.2.3. Resultados

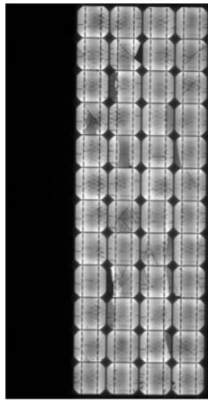
Los resultados de EL deberán ser contrastados con el resto de los ensayos para obtener una valoración final de su estado.

IMAGEN	DESCRIPCIÓN	SEGURIDAD	POTENCIA	APTO
	Dislocaciones de cristales en una oblea multicristalina	A	A	SÍ

	Oblea de borde	A	A	SÍ
	Anillos de estriación	A	A	SÍ
	Grietas en el modo A de la célula solar, pero no influye en el flujo de corriente (sin resistencia a la grieta)	B	C	SÍ
	Grietas en el modo de célula solar B + (A). La celda tiene una grieta y la grieta influye en el flujo de corriente hacia la cinta de interconexión de la celda. Sin embargo, la celda todavía está conectada.	B(f)	C	NO
	Grietas en el modo de las células solares C + (B + A). La celda tiene una grieta y la grieta aísla completamente las partes de la celda de la cinta de interconexión de la celda.	B (f)	C	NO
	Línea de grieta cruzada	B (f)	A	SÍ

	Fallo del dedo A, a menudo interrupciones idénticas del dedo en algunas celdas de un módulo fotovoltaico	A	A	SÍ
	Falla del dedo B, interrupciones de los dedos a lo largo de las grietas de las células.	B (f)	C	NO
	Fallo en el dedo C	B (f)	C	NO
	Corrosión por humedad	A	F	NO
	Contacto formando falla A	A	A	SÍ
	Fallo de formación de contacto B	A	A	SÍ
	Fallo de derivación en la celda solar	B (f)	A	SÍ
	Fallo de derivación debido a la interconexión de la celda	B (f)	A	SÍ

	<p>Interconexión de celda desconectada</p>	<p>B (f)</p>	<p>A</p>	<p>SÍ</p>
	<p>Degradación potencial inducida (PID)</p>	<p>A</p>		<p>NO</p>
	<p>Grietas celulares repetitivamente en la producción</p>	<p>B (f)</p>	<p>C</p>	<p>NO</p>
	<p>Mecánica pesada homogénea carga. El patrón general de grietas en el módulo parece un patrón de grietas X. El patrón de grietas en X se visualiza en la imagen mediante líneas rojas.</p>	<p>B (f)</p>	<p>C</p>	<p>NO</p>
	<p>Muchas grietas dendríticas se encuentran principalmente en las células en el medio del módulo.</p>	<p>B (f)</p>	<p>C</p>	<p>NO</p>



Derivado por diodo de paso o interrupción del flujo de corriente en algún lugar de la cadena.

B (f)

E

NO

6.3. Curvas I-V

6.3.1. Objeto

Medición de los valores de tensión y corriente del módulo para conocer su potencia máxima.

6.3.2. Aparatos

El sistema de medición consiste en:

- Una fuente de radiación (luz natural o artificial simulada de clase BBA, de acuerdo con la Norma IEC 60904-9)
- Un dispositivo fotovoltaico de referencia de acuerdo con la Norma IEC 60904-2. Si se utiliza un simulador de clase BBA o mejor, el dispositivo de referencia debe ser un módulo de referencia del mismo tamaño, y con la misma tecnología de célula para que tenga la misma respuesta espectral. Si no se dispone de un dispositivo de referencia con dichas características, se debe elegir una de las dos opciones siguientes:
 - 1) Se debe utilizar un simulador solar de clase AAA; o
 - 2) Debe medirse la respuesta espectral del módulo según la Norma IEC 60904-8 y la distribución espectral del simulador solar, y los datos del módulo deben corregirse según la Norma IEC 60904-7.
- Un soporte adecuado para la sujeción del dispositivo a ensayar y del dispositivo de referencia en un plano normal al haz de radiación.
- Aparato para medir la curva de I-V según la Norma IEC 60904-1.

6.3.3. Procedimiento

Se determina la característica de corriente-tensión de acuerdo con la Norma IEC 60904-1 en un conjunto específico de condiciones de irradiancia y temperatura (un intervalo recomendado es una temperatura de la célula entre 25 °C y 50 °C y una irradiancia entre 700 W/m² y 1 100 W/m²), utilizando la luz solar natural o un simulador solar de clase BBA o mejor conforme a los requerimientos de la Norma IEC 60904-9.

Se debe hacer todo lo posible para asegurar que las mediciones de potencia máxima se realicen en las condiciones recomendadas y minimizar la magnitud de corrección en los resultados.

6.3.4. Resultados

- a) Si no disponemos de los valores eléctricos indicados por el fabricante, podemos evaluar la curva con los siguientes parámetros:

		Silicio monocristalino	Silicio policristalino	Valor esperado panel FV
J_{sc}	Densidad de corriente (mA/cm ²)	30-35	28-33	Área célula*Densidad de corriente
V_{oc}	Voltaje a circuito abierto (mV)	600-700	550-600	Nº células en serie* V_{oc}
FF	Factor de llenado	0,80-0,85	0,75-0,80	

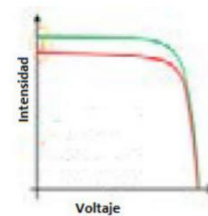
- b) En caso de sí disponer de los datos especificados por el fabricante, se comparan ambos para obtener la posible pérdida de energía.
- c) Si disponemos de una curva I-V calculada anteriormente del módulo, es posible realizar una comparación para detectar los fallos.

Las desviaciones más comunes de la curva I-V respecto de la esperada se indican a continuación:

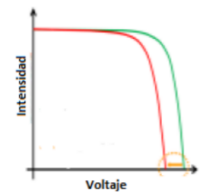
FALLO	SEGURIDA	POTENCIA	$P_{m\acute{a}x}$	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Diodo de by-pass desconectado	B	A							
Cortocircuito en diodo de by-pass	B	E	X		X				
Diodo de by-pass invertido	B	E	X		X				
Pérdida homogénea de transparencia	A	C	X	X					
Pérdida heterogénea de transparencia	A	E	X	X			X		X
Corrosión homogénea del vidrio	A	D	X	X					
Corrosión heterogénea del vidrio	A	D	X	X			X		X
Delaminación homogénea	B	D	X	X					
Delaminación heterogénea	B	D	X	X			X		X
Corrosión homogénea del encapsulante	B	C	X	X					
Corrosión heterogénea del encapsulante	B	C	X	X				X	
Degradación pasiva	A	D	X		X				
Degradación por polarización inducida	A	C	X		X				
Degradación inducida por la luz	A	D	X	X	X				
Células en cortocircuito. Problemas interconexión	A	E	X		X				
Corrosión en las soldaduras	A	C	X			X			

Desconexiones en las soldaduras	B	E	X	X
Cintas de interconexión de células rotas	B	E	X	X
Células Agrietadas	A	E	X	X

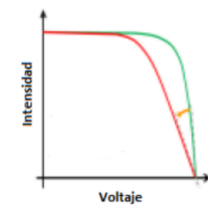
S1: No aptos. Problemas debidos a decoloración, corrosión, delaminación y células agrietadas. Presentan riesgos para la seguridad y problemas importantes de pérdida de potencia. Su reparación es complicada y costosa.



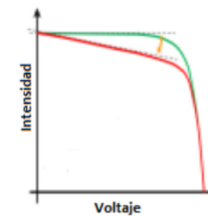
S2: Los paneles cuya que presenten problemas en el diodo de bypass, serán reparados. Es decir, se sustituirá el diodo de by-pass por uno nuevo y se tomarán de nuevo las mediciones I-V para comprobar su funcionamiento.



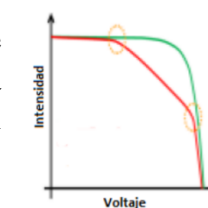
S3: Si el problema del panel se debe a la corrosión de las soldaduras, es posible su segundo uso, ya que, aunque su potencia sea inferior, no existe riesgo de seguridad. Si por el contrario, el problema se debe a desconexión de las soldaduras o a la rotura de las cintas de interconexión, el panel debe ser desechado.



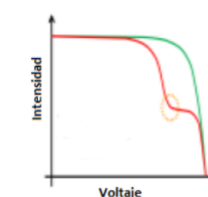
S4: El panel será descartado por presentar problemas de degradación de potencia saturada o a saltos.



S5: Una corrosión en el encapsulante presenta problemas de seguridad e implica el descarte del panel. Si el problema se debe a la degradación por polarización inducida, puede seguir utilizándose el módulo aunque su degradación será lineal en el tiempo.



S6: El panel será desechado ya que tiene diversos errores por causas distintas y presenta problemas de potencia y seguridad.



6.4. Termografía

6.4.1. Objeto

Determinar la existencia y localización de defectos potenciales a nivel de celdas y placas, así como la detección de posibles problemas de conexión eléctrica.

6.4.2. Aparatos

Cámara infrarroja con las siguientes características:

Características	Requisitos mínimos
Respuesta espectral	2 μm a 5 μm (longitud de onda media) o 8 μm a 14 μm (longitud de onda)
Sensibilidad a la temperatura y calibración rango (rango de temperatura del objeto)	-20 ° C a +120 ° C
Temperatura ambiente de funcionamiento del aire distancia	-10 ° C a +40 ° C
Sensibilidad térmica	NETD \leq 0,1 K a 30 ° C
Resolución geométrica	Máx. 3 cm del borde del módulo por píxel 2
Error absoluto de medida	$<\pm$ 2 K
Parámetros ajustables	Emisividad (ϵ), temperatura reflejada (T refl)
Funciones ajustables	Enfoque, nivel de temperatura y alcance
Funciones de medida	Punto de medición, área de medición con promedio y máximo de temperatura
Calibración	El sistema de medición (cámara, lente, apertura y filtro): La cámara termográfica se calibrará de forma rastreable al menos cada dos años. La calibración debe estar documentada. Si la cámara no cumple (temperatura absoluta y / o

temperatura diferencias), puede ser reajustado por el fabricante.

Documentación	Almacenamiento de la imagen infrarroja con toda la información radiométrica a ser capaz de determinar temperaturas absolutas. Imágenes no radiométricas solo puede proporcionar patrones y eventualmente diferencias de temperatura.
----------------------	--

6.4.3. Condiciones ambientales

La inspección debe realizarse en las condiciones especificadas en la siguiente tabla:

Parámetro	Límites
Irradiancia	Mínimo 600 W / m ² en el plano del módulo fotovoltaico para la inspección del módulo fotovoltaico La corriente de operación medida debe ser un mínimo del 30% de la corriente nominal del sistema
Velocidad del viento	Máximo 4 Bft o 28 km/h
Cobertura de nubes	Máximo 2 octa de cielo cubierto por cúmulos
Ensuciamiento	No o bajo. Se recomienda limpieza

6.4.4. Procedimiento

Se debe realizar una inspección del módulo fotovoltaica durante la puesta en servicio y el funcionamiento de este, de acuerdo con las normas de salud y seguridad aplicables. El personal de prueba deberá tener conocimientos suficientes en instalaciones eléctricas, plantas fotovoltaicas y también termografía.

La suciedad debe ser baja (menos del 10% de pérdida de corriente de funcionamiento I_{mpp}) y homogénea, sin causar parciales sombreado para evitar efectos térmicos. Se recomienda limpiar todo el sistema antes de la inspección. Se recomienda realizar mediciones de acuerdo con IEC 61724-1 y IEC TS 62446-3:2017.

La recopilación de imágenes IR se puede realizar de diferentes formas, por ejemplo, utilizando trípodes, a mano o con drones.

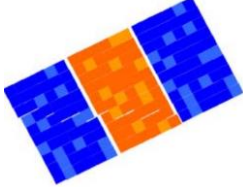
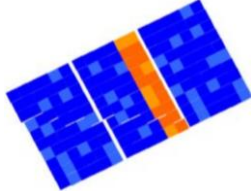
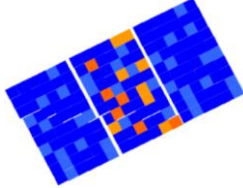
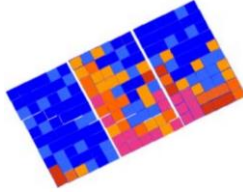
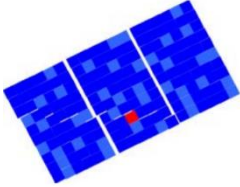
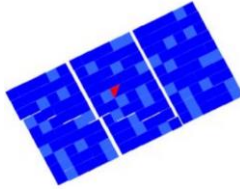
- Todos los módulos fotovoltaicos, incluidos los observados en el ángulo más desfavorable de 30° , deben ser grabados con una resolución mínima de 5×5 píxeles por celda.
- El ángulo de visión es el ángulo entre la superficie del módulo y la cámara de infrarrojos. Idealmente es 90° . Se debe respetar el ángulo de visión mínimo de 30° para minimizar los efectos de fondo reflejado.

6.4.5. Requisitos

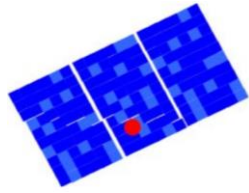
Las siguientes mediciones y observaciones son importantes para la evaluación o validación:

- a) temperaturas máximas,
- b) diferencias de temperatura,
- c) perfiles de temperatura,
- d) nube, movimiento de nubes, nubosidad
- e) velocidad y dirección del viento,
- f) estrés mecánico previo del archivo de registro del historial de instalación,
- g) suciedad,
- h) inspección visual,
- i) irradiancia y / o carga de CC del sistema.

6.4.6. Resultados

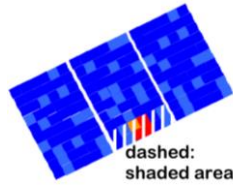
PATRÓN	DESCRIPCIÓN	SEGURIDAD	POTENCIA	APTO
	Un módulo más cálido que otros	A	Fallo del sistema	SÍ
	Una fila es más cálida que otras en la cadena del módulo	B(f)	Constante/E	NO
	Las celdas individuales son más cálidas (patrón de mosaico)	A/B(f)	Constante/E	NO
	Las celdas individuales son más cálidas, en la parte baja y cerca del marco más calientes que en la parte alta y media.	A	C	SÍ
	Una celda claramente más cálida que otras	A/B(f)	A/B/C	SÍ
				

	Parte de una celda es más cálida que otras	B(f)	C	SÍ
--	--	------	---	----



Punto caliente B(f) C SÍ

	Parte de subcadena notablemente más caliente que otros en igualdad de sombreado	A/B(f)	A/C	SÍ
--	---	--------	-----	----



Parte de subcadena notablemente más caliente que otros en igualdad de sombreado A/B(f) A/C SÍ