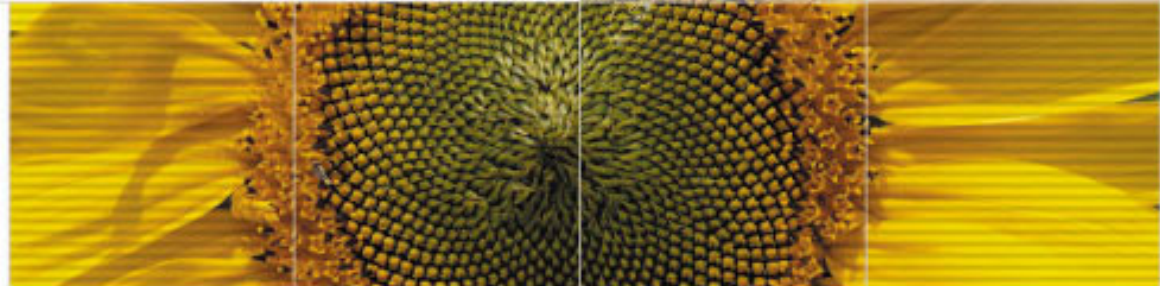




# solar

## Energía fotovoltaica

PROCESO DE CERTIFICACIÓN  
PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



Dra. Ana Rosa Lagunas

 **cener**  
centro nacional de energías renovables



## Índice

- La necesidad de las pruebas de certificación
- El esquema de certificación
- Introducción a la norma IEC-61646
- Introducción a la Seguridad eléctrica IEC-61730
- Conclusiones



# Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)



Energía solar fotovoltaica

 **cener**  
centro nacional de energías renovables





- Es una fundación privada creada en 2001 y participada por el *Gobierno de Navarra*, el *Ministerio de Ciencia y Tecnología*, el *Ministerio de Industria y CIEMAT* (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas).



**Gobierno  
de Navarra**



- La dotación inicial fue de 15,6 M € y en total ha sido de 30 M€
- La articulación de CENER como fundación privada permite una mayor flexibilidad y rapidez en la toma de decisiones.
- CENER no se rige por los procedimientos de la administración pública en materia de gestión y contratación, pero se mantienen los principios de publicidad y transparencia en todas nuestras decisiones y operaciones.

Energía solar fotovoltaica



# Inicio de CENER



- 🌀 **CENER** comenzó sus actividades de organización interna en febrero 2002, fecha en la que se redactó un primer **Plan Estratégico**, revisado y renovado cada 4 años.

Energía solar fotovoltaica





- ☉ CENER es un centro reconocido en el ámbito de las Energías Renovables en España y en el extranjero.
- ☉ Las actividades se centran en la investigación aplicada, la transferencia de tecnología y los servicios de evaluación, homologación, acreditación y certificación.
- ☉ Los campos de conocimiento son:
  - ❑ Eólica
  - ❑ Solar Térmica
  - ❑ Solar Fotovoltaica
  - ❑ Biomasa
  - ❑ Integración en red y Acumulación de Energía
  - ❑ Arquitectura Bioclimática



# CENER hoy



- Actualmente trabajan 200 personas en el centro, entre técnicos, investigadores y personal de apoyo.
- Sede en Sarriguren y LEA ensayo de aerogeneradores en Sangüesa, ambos en Navarra.
- Oficina en Madrid y ensayo de colectores térmicos compactos en Sevilla
- El presupuesto anual considera un compromiso del 60% de autofinanciación.



Energía solar fotovoltaica



Una de las infraestructuras más completas del mundo...



**cener**  
centro nacional de energías renovables  
FUNDACIÓN CENER CIEMAT

### Laboratorio de Ensayo de Aerogeneradores (LEA)

**A** Planta de Ensayo: Palas.  
**B** Laboratorio: Materiales y Procesos.  
**C** Edificio de Oficinas: Administración.  
**D** Planta de Ensayo: Túnel de Viento.  
**E** Planta de Ensayo: Tren de Potencia.

Con la colaboración de:

 MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

 **Ciemat** Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

 Gobierno de Navarra

[www.cener.com](http://www.cener.com)

Energía solar fotovoltaica





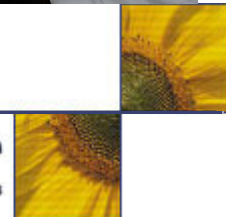
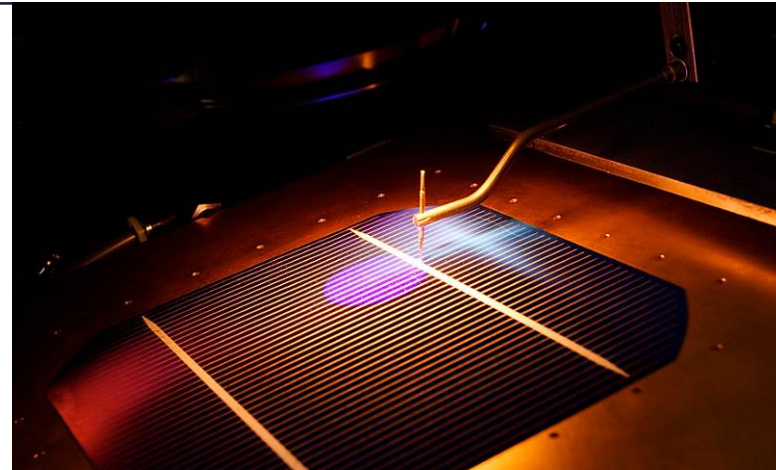
23 motivadas personas: doctores, ingenieros, científicos y técnicos.


## 🌀 Sistemas Fotovoltaicos

- ❑ Laboratorio de Ensayo de Módulos Fotovoltaicos (LEMF)
- ❑ Laboratorio de inversores Fotovoltaicos
- ❑ Asesoramiento, diseño y diagnóstico de instalaciones fotovoltaicas.

## 🌀 Células Fotovoltaicas

- ❑ Laboratorio de Caracterización de Materiales y Células (LCMC)
- ❑ Laboratorio de Procesos de Producción de Células
- ❑ Actividades de consultoría en producción de células fotovoltaicas





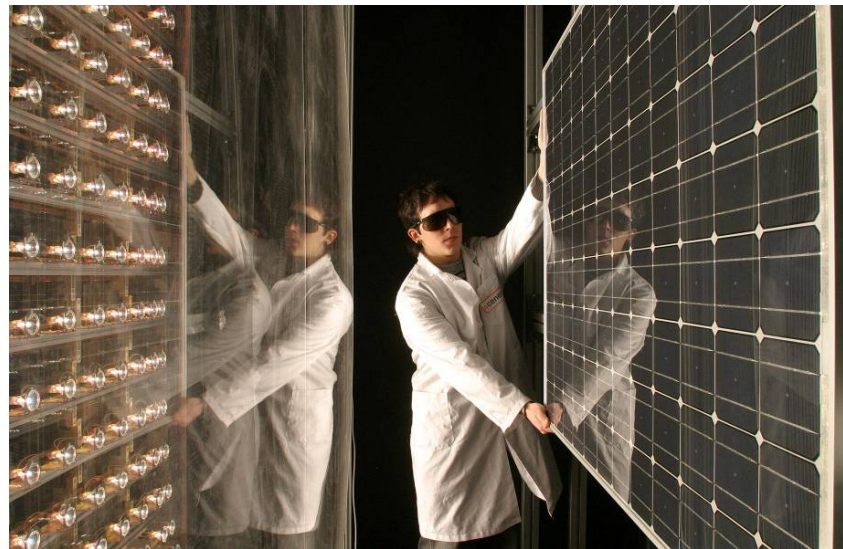
Energía solar fotovoltaica





## 🌀 Laboratorio de Ensayo de Módulos Fotovoltaicos (LEMF).

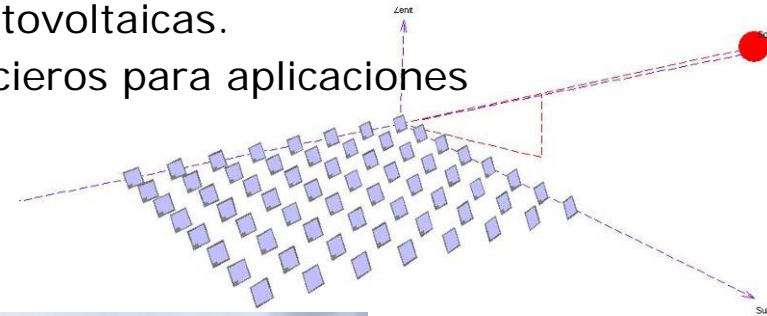
- ❑ Laboratorio acreditado por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) y reconocido por la IECEE como CBTL (Certification Body Test Laboratory) para realizar las pruebas correspondientes a normativa FV con validez a nivel mundial.
- ❑ Prueba de módulos fotovoltaicos de acuerdo a las normas de la IEC:
  - ❖ Módulos de Silicio Cristalino (IEC-61215).
  - ❖ Módulos de Lámina Delgada (IEC-61646).
  - ❖ Modules con Concentración (IEC-62108).
  - ❖ Seguridad de Módulos Fotovoltaicos (IEC-61730).






## 🌀 Instalaciones Fotovoltaicas

- ❑ Evaluación del Recurso Solar y la Producción específica para Proyectos de Instalaciones Fotovoltaicas.
- ❑ Diseño de instalaciones fotovoltaicas.
- ❑ "Due Diligence" completa de Instalaciones fotovoltaicas.
- ❑ Asistencia técnica para actividades de "puesta en marcha" y monitorización de instalaciones fotovoltaicas.
- ❑ Asesoramiento a inversores financieros para aplicaciones fotovoltaicas





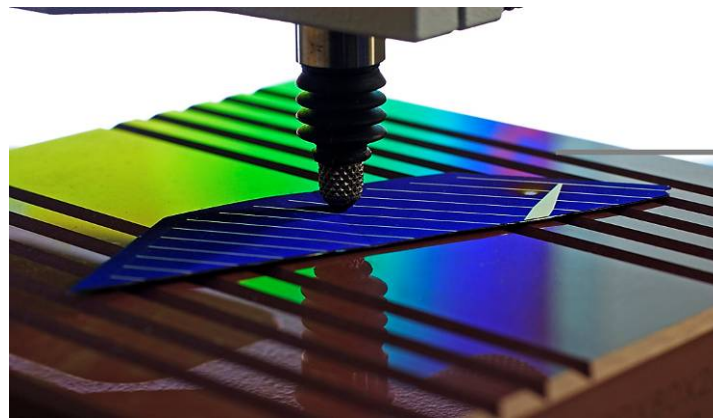
Energía solar fotovoltaica





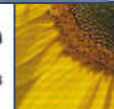
## 🌀 Laboratorio de Caracterización de Materiales y Células Fotovoltaicas (LCMC)

- ❑ Evaluación estructural, eléctrica y óptica de materiales involucrados en los procesos de fabricación de dispositivos fotovoltaicos.
- ❑ Caracterización de células fotovoltaicas de cualquier tecnología (15cm X 15cm de tamaño).
- ❑ Diagnóstico de células fotovoltaicas, desde el punto de vista de las posibilidades de mejora de rendimiento, para realimentación a la línea de producción.
- ❑ Soporte a las actividades del laboratorio de procesos de producción de células



### Laboratorio de procesos de producción de células fotovoltaicas (LPPC)

- Posibilidad de reproducir cualquier etapa individual de proceso de tecnologías de Silicio (a partir de oblea en 15cm X 15cm, y lámina delgada de Silicio)
- Análisis de los parámetros críticos de cada etapa de proceso de producción, para mejora de rendimiento y reducción de costes.
- Investigación y Desarrollo en tecnologías innovadoras.
- Asistencia técnica en la evaluación de procesos de producción de células fotovoltaicas.
- Consultoría técnica y "Due Diligence" para establecimiento de plantas de producción de dispositivos fotovoltaicos.



# Participación en Proyectos de investigación



## 🌀 Proyectos Europeos:

- 5º Programa Marco: PV-Catapult
- 6º Programa Marco: SOLAR PLOTS y BITHINK
- 7º Programa Marco: DEPHOTEX y PERFORMANCE

## 🌀 Programas Nacionales:

### 🌀 Proyectos Singulares Estratégicos (PSE)

- MICROSIL:

### 🌀 CENIT

- MEDIODÍA y CETICA:

### 🌀 PROFIT

- INVERMULTI, INVERFOTO y CONCENTRACEL





- 🌀 ¿Por qué pruebas de certificación?
  - ❑ No solo por que son un requisito para la comercialización.
  
- 🌀 Desde el punto de vista del usuario final
  - ❑ Para verificar que los productos son fiables
  - ❑ Para asegurar funcionamiento razonable y mantenido durante años
  - ❑ Para evitar riesgos durante la instalación y operación
  
- 🌀 Desde el punto de vista de diseñadores y fabricantes
  - ❑ Para comprobar sus diseños frente a parámetros comunes
  - ❑ Para definir la extensión de sus garantías.



# El esquema de las pruebas de certificación



- 🌀 Grupos de trabajo de expertos internacionales trabajando juntos han aplicado su mejor conocimiento y experiencia para la definición de las pruebas que asegurarán la fiabilidad y seguridad de los productos (IEC standards)
  - ❑ Laboratorios acreditados (TL´s de Testing Laboratory) prueban los módulos frente a la normativa emitida por los grupos de trabajo
  - ❑ Entidades certificadoras (CB´s de Certification Body) aseguran a través de las correspondientes auditorías de fabricación que los procesos usados para los módulos probados en los laboratorios se mantienen para toda la producción vendida
  - ❑ El esquema completo de certificación CBTL es la unión de la entidad certificadora con el laboratorio acreditado (según IECEE).



## El esquema de las pruebas de certificación



- ❁ CENER es laboratorio acreditado por ENAC para el ensayo de los módulos fotovoltaicos, según las distintas normas, y reconocido, tras auditoría, por la IEC como TL (Testing Laboratory).
- ❁ AENOR es entidad certificadora (CB) que emite la certificación, dentro del esquema CBTL, con CENER como TL
- ❁ CENER también realiza ensayos para otras entidades certificadoras que lo requieren.

El esquema AENOR-CENER como CBTL es absolutamente equivalente a TÜV-TÜV para pruebas según normativa IEC





## 🌀 ¿Por qué pruebas de certificación?

- ¿Qué objeto tienen las normas de aplicación a los componentes?
- ¿Como son los ensayos que se realizan a un componente tipo?





- ☉ IEC-61646:2008, Módulos fotovoltaicos de lámina delgada para aplicaciones terrestres: Cualificación de diseño y aprobación de tipo.
  - ☐ Edición 2, Mayo 2008 (todavía no como norma UNE)
    - ↙ **Fiabilidad y durabilidad**
  
- ☉ IEC-61730:2004, Cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos: modificada como norma UNE (Diciembre 2007)
  - ☐ Parte 1: Requisitos de construcción
  - ☐ Parte 2: Requisitos para ensayos
    - ↙ **Seguridad**





- 🌀 Propósito: determinar las características eléctricas, mecánicas y térmicas de los módulos FV de lámina delgada para probar su capacidad de soportar condiciones de exposición prolongada de funcionamiento al aire libre.
- 🌀 Basada en la ya “bien experimentada” norma para módulos fotovoltaicos de silicio cristalino (IEC-61215)
- 🌀 Esquema básico:
  - Pruebas de diagnóstico
  - Pruebas de envejecimiento acelerado
  - Pruebas de diagnóstico

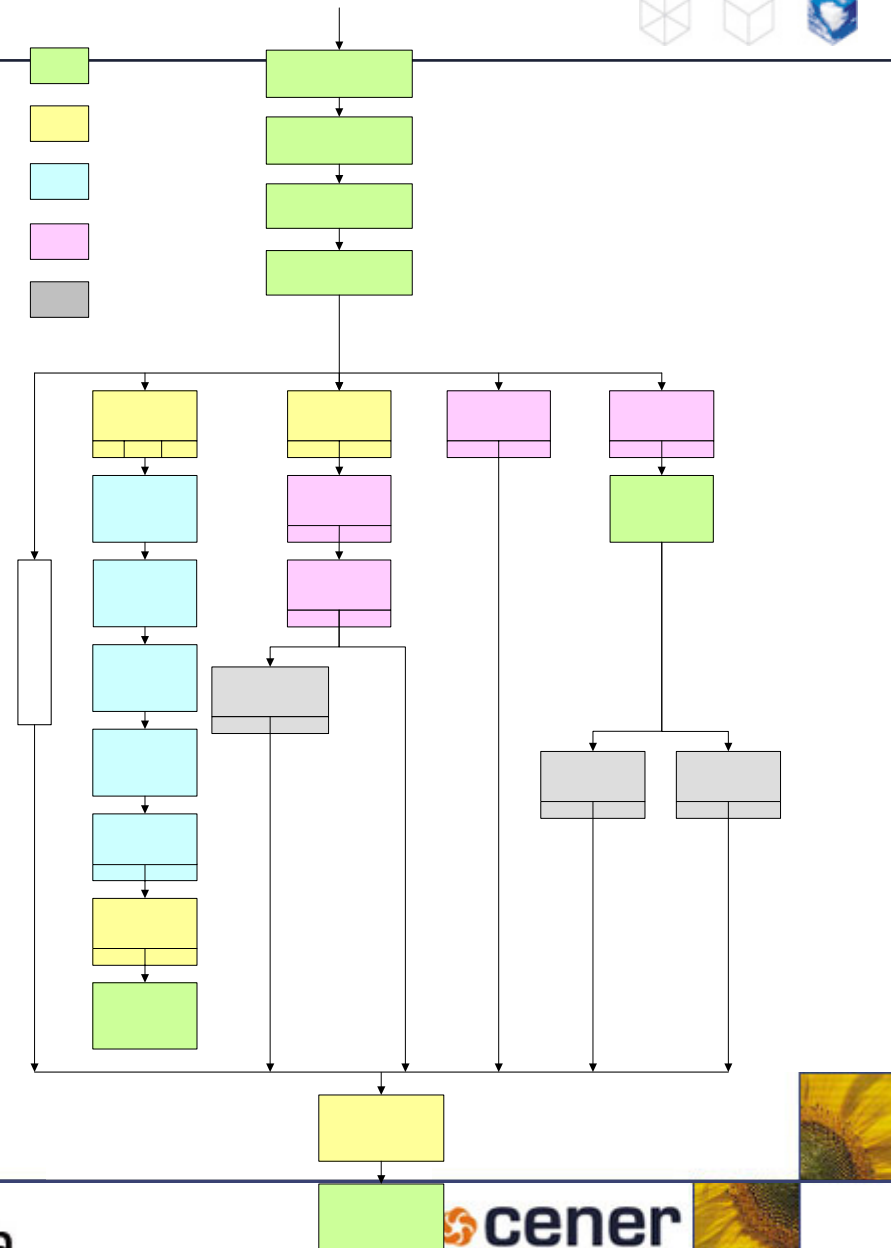


# Ensayo de módulos fotovoltaicos



## IEC-61646:2008

- ❑ 8 muestras elegidas al azar (mínimo)
- ❑ Si el diodo de "bypass" no es accesible para medidas térmicas se requiere una muestra especial





## 🌀 Inspección Visual:

- ❑ Pretende identificar la línea de base de las muestras recibidas en cuanto a cuestiones cosméticas y evaluar cambios potenciales en los defectos identificados.

- ↙ Los defectos susceptibles de evolucionar y convertirse en fallo son fotografiados para ver su evolución
- ↙ Un defecto inicialmente despreciable puede convertirse en "defecto mayor" y causar el fallo de la prueba completa



## 🌀 Determinación de la potencia máxima:

- ❑ Determina la potencia máxima del módulo en CEM y sirve como criterio de paso/falla para el ensayo completo

- ↙ La repetitividad de la prueba es clave
- ↙ Medida en Simulador solar o en exterior
- ↙ Sirve como comprobación de las medidas de potencia de los fabricantes





### Medida de aislamiento:

- Para determinar si hay suficiente aislamiento eléctrico entre los elementos conductores y el exterior o el marco
  - ↙ A Temperatura ambiente y humedad relativa < 75%
  - ↙ Ha de soportar 1000V+2 tensión máxima
  - ↙ Resistencia de aislamiento dependiendo del tamaño

### Fugas de corriente en mojado

- Para evaluar el aislamiento del módulo en condiciones de operación con humedad
  - ↙ Resistividad del humectante y temperatura de operación controladas
  - ↙ Verifica que no se producen filtraciones a las partes activas que puedan causar corrosión, problemas de puesta a tierra o de seguridad.





## 🌀 Medida de coeficientes de temperatura ( $\alpha, \beta, \delta$ )

- ❑ Dependen de irradiación e historia térmica

## 🌀 Determinación de la Temperatura de Operación Nominal (TONC), y funcionamiento en CEM (100W/m<sup>2</sup>, 25°C) y a TONC con 800W/m<sup>2</sup>

## 🌀 Funcionamiento a baja irradiancia

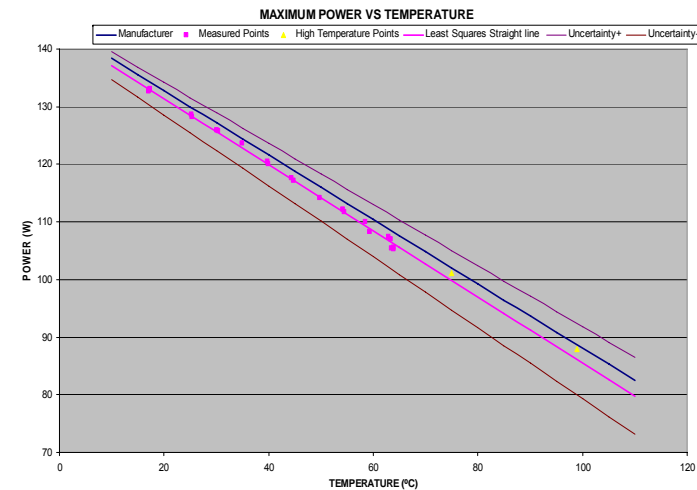
- ❑ Medida a 200W/m<sup>2</sup> y 25°C

## 🌀 Ensayo térmico del diodo de paso

- ❑ Para determinar si el diodo de paso utilizado se ajusta bien a las condiciones de trabajo

⚡ Si no son accesibles los diodos de paso, será necesaria una muestra especial

⚡ Medidas a (75±5)°C y 1,25 veces I<sub>cc</sub>

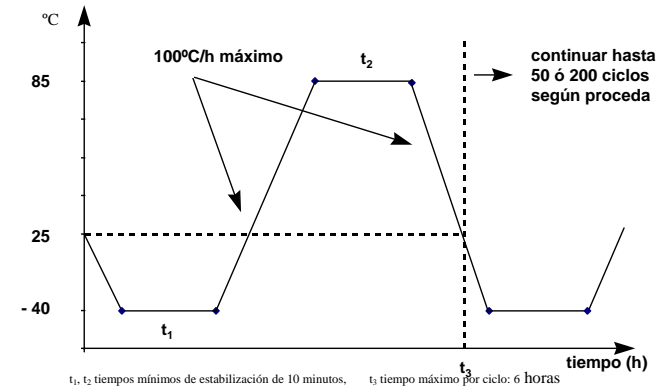




## Ciclos Térmicos:

❑ Para determinar la capacidad de los módulos para soportar cambios abruptos y repetitivos de temperatura, la fatiga y las tensiones que estos implican

- ↙ De  $(-40 \pm 2)^\circ\text{C}$  a  $(+85 \pm 2)^\circ\text{C}$
- ↙ Control de la continuidad del circuito

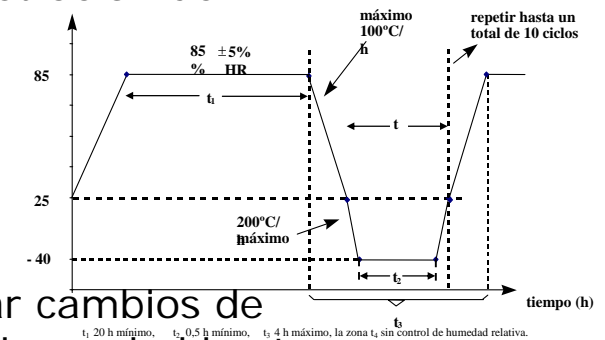


$t_1, t_2$  tiempos mínimos de estabilización de 10 minutos.  $t_3$  tiempo máximo por ciclo: 6 horas

## Calor Húmedo

❑ Para comprobar la resistencia de los módulos a la penetración de humedad

- ↙ 1000 horas a  $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$  y  $(85 \pm 5)\%$  humedad



$t_1$  20 h mínimo.  $t_2$  0,5 h mínimo.  $t_3$  4 h máximo, la zona  $t_3$  sin control de humedad relativa.

## Humedad Congelación

❑ Para evaluar la capacidad de los módulos para soportar cambios de temperatura desde condiciones de alta temperatura y humedad hasta bajo cero.

- ↙ De  $-40^\circ\text{C}$  a  $+85^\circ\text{C}$  con 85% de humedad para  $T > 25^\circ\text{C}$
- ↙ Control de la continuidad del circuito





## 🌀 Ensayo de robustez de terminales:

- ❑ Para determinar si los terminales y la fijación de estos al módulo son capaces de soportar las tensiones de montaje y funcionamiento

## 🌀 Ensayo de carga mecánica

- ❑ Para evaluar si el módulo es capaz de soportar cargas de viento, nieve u otras.
  - ⚡ Según condiciones de montaje del fabricante se aplican 2400 Pa uniformemente durante 1 hora en ambas caras 3 ciclos
  - ⚡ Se monitoriza la continuidad del circuito interno



## 🌀 Resistencia a impactos de granizo

- ❑ Para comprobar si el módulo es capaz de soportar impactos de granizo.
  - ⚡ Temperatura, tamaño, forma y velocidad del proyectil de hielo fijados



# Ensayos de irradiancia (I)



## ☼ Exposición en exterior:

- ❑ Para una evaluación preliminar de la capacidad del módulo para soportar exposición exterior y detectar defectos de degradación por luz que no pudieran ser identificados mediante ensayos de laboratorio

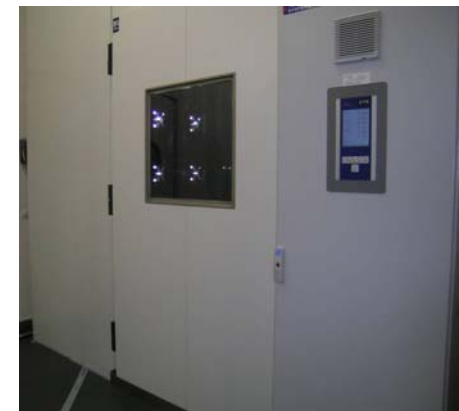


## ☼ Ensayo de puntos calientes

- ❑ Para determinar la capacidad del módulo para soportar los efectos de un calentamiento localizado "hot spots"
  - ⚡ El módulo debe tener instaladas las protecciones recomendadas por el fabricante

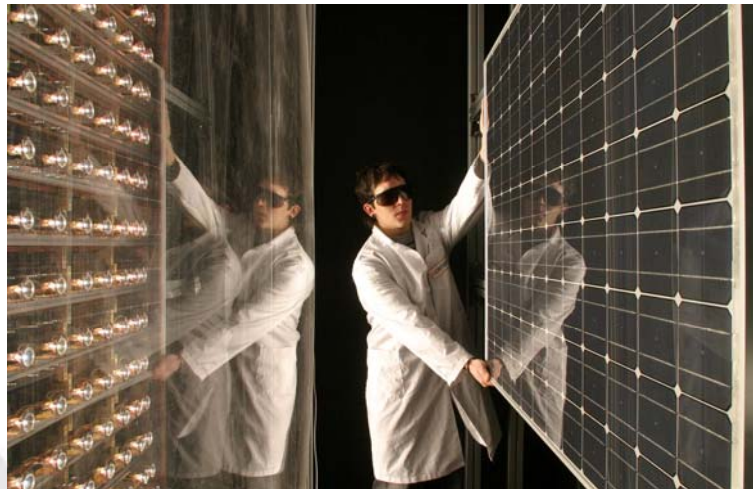
## ☼ Ensayo de Ultravioleta

- ❑ Para identificar los materiales plásticos y/o adhesivos que son susceptibles de degradación por radiación UV
  - ⚡ Irradiancia entre (280 - 400)nm menor de 250W/m<sup>2</sup>, 15% unif.
  - ⚡ Irradiación total de 15 kWh/m<sup>2</sup> entre 280nm y 400nm
  - ⚡ <10% UVB (280 – 320)nm
  - ⚡ Módulo alimentado como si operase en CEM





- ☞ Ensayo de degradación inducida por luz
  - ☐ Para estabilizar las características eléctricas de los módulos
    - ↙ Simulador clase CCC o luz natural
    - ↙ Irradiancia entre 600 W/m<sup>2</sup> y 800W/m<sup>2</sup>
    - ↙ Temperatura (50+/-10)°C
      - Periodos de 43kWh/m<sup>2</sup> de irradiación
    - ↙ Módulo estabilizado cuando  $(P_{max} - P_{min})/P_{media} < 2\%$
  - ☐ Potencia máxima estabilizada en CEM > 90% del valor mínimo especificado por el fabricante → **Criterio de paso/falla**





## ☼ UNE-EN-61730: Cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos

### ☐ Parte 1: requisitos de construcción

- ☞ Se describen los requisitos de construcción para un funcionamiento eléctrico y mecánico seguro durante el tiempo esperado de vida
- ☞ Se establece el uso adecuado de los distintos materiales según inflamabilidad, resistencia al Uv etc...
- ☞ Se definen las condiciones adecuadas de las piezas conductoras, conexiones, cableados, fijaciones
- ☞ Se establecen las condiciones de continuidad de masa y puesta a tierra y líneas de fuga y distancias de aislamiento
- ☞ Se describen las características de los compartimentos de cableado con tapa
- ☞ Se definen las condiciones de marcado del producto así como los requisitos de documentación

### ☐ Parte 2: Requisitos para ensayos





## ☼ UNE-EN-61730: Cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos

### ☐ Parte 2: Requisitos para ensayos

↙ En coordinación con la IEC-61646 (se pueden usar los mismos módulos), que supone un acondicionamiento previo

- *Pretende detectar la potencial ruptura de componentes de los módulos fotovoltaicos que pueda desembocar en fuego, choque eléctrico y daños personales*





## 🌀 Tipos de ensayos:

- ❑ De Preacondicionamiento (realizados e IEC-61646)
- ❑ De Inspección general
- ❑ Relativos al riesgo de choque eléctrico
  - ↙ Accesibilidad
  - ↙ Susceptibilidad al cortado
  - ↙ Continuidad de puesta a tierra
  - ↙ Impulsos de tensión
  - ↙ Rigidez dieléctrica
- ❑ Relativos al riesgo de fuego
  - ↙ Temperatura
  - ↙ Resistencia al fuego
  - ↙ Sobrecarga de corriente inversa
- ❑ Relativos a tensiones mecánicas
  - ↙ Ensayo de rotura
- ❑ Relativos a los componentes

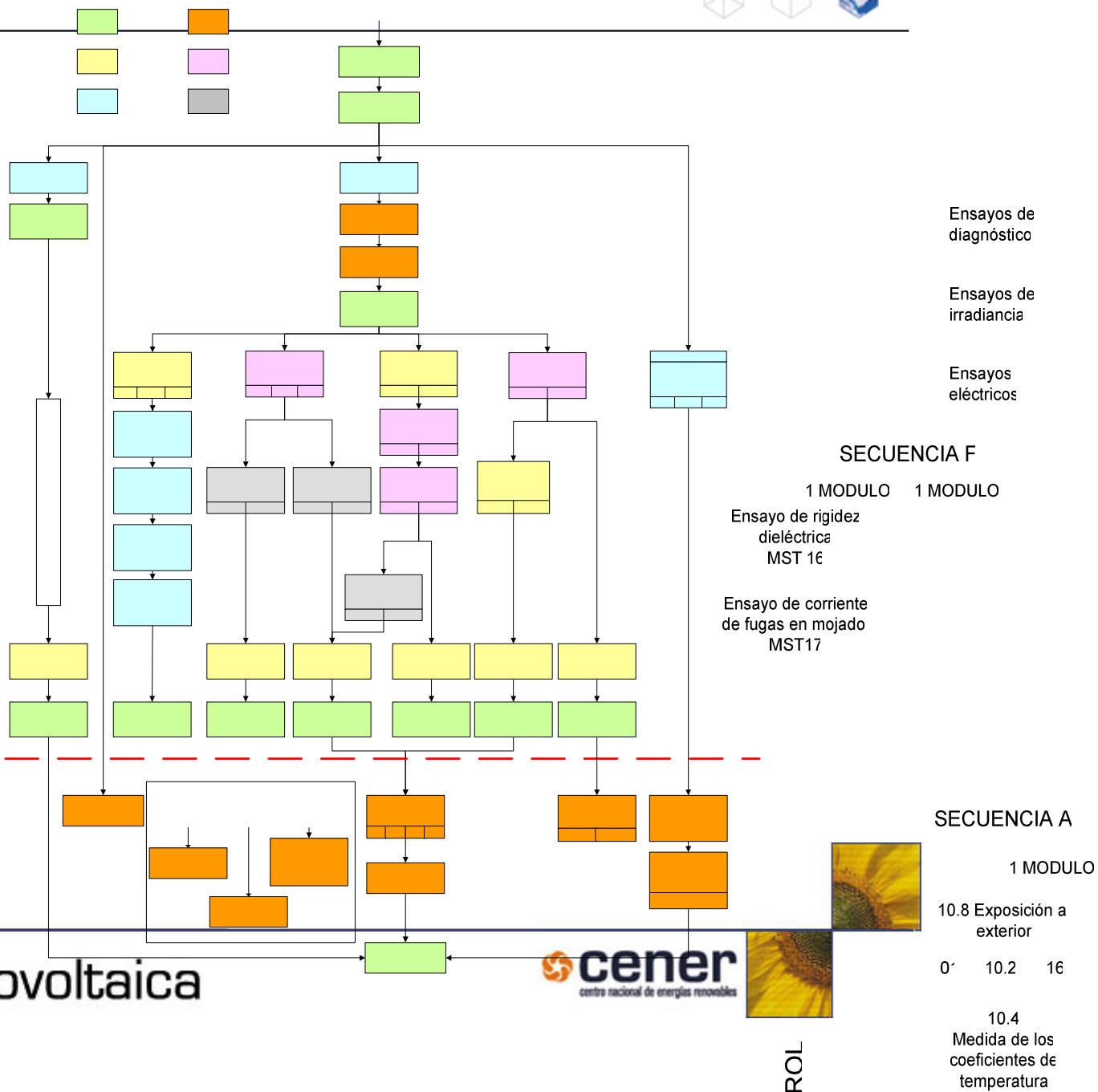


# Ensayo de módulos fotovoltaicos



IEC-61646 + IEC-61730

9 módulos +  
1 laminado



Energía solar fotovoltaica



ROL



- 🌀 El ensayo de los módulos fotovoltaicos es básico para asegurar durabilidad y seguridad
  - ❑ Los resultados en las muestras ensayadas solo serán extrapolables a toda la producción si se superan las auditorías regulares del proceso productivo, que ha de realizar la entidad certificadora
  
- 🌀 El mantenimiento de las condiciones óptimas de proceso debe estar avalado por:
  - ❑ Sistema de calidad implantado en la fabricación
  - ❑ Pruebas regulares de fiabilidad en la línea
  
- 🌀 Estadísticamente, el mayor índice de fallo en las tecnologías de lámina delgada está en el ensayo de calor húmedo, seguido de los ciclos térmicos, y la corriente de fugas en mojado





- Los resultados que obtienen los laboratorios son realimentados a los comités donde se decide la normativa, para mejorar sus resultados de aplicación.
- CENER participa en las reuniones donde se discuten las nuevas ediciones de las normativas correspondientes (SC82).
- CENER, entre otras normas está acreditado por ENAC para ensayar según la IEC-61646 y es Testing Laboratory dentro del esquema certificador de la IECEE con Certification Body AENOR.





 **cener**  
centro nacional de energías renovables  
FUNDACIÓN CENER CIEMAT

 **cener**  
centro nacional de energías renovables  
renewable energy national centre

