

MANUAL PRÁCTICO · ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Curso de Instalador de Paneles Solares

Del primer módulo en el tejado a la legalización de la instalación: fundamentos, seguridad, dimensionado, montaje, puesta en marcha, normativa y mantenimiento.



Curso de Instalador de Paneles Solares

Portada

CURSO DE INSTALADOR DE PANELES SOLARES

Del primer módulo en el tejado a la legalización de la instalación: manual práctico de energía solar fotovoltaica

Marlon Falcón Hernández

Edición 2026 · Valencia

El sol no envía factura. Quien sabe captarlo, convertirlo y conectarlo con seguridad tiene en las manos uno de los oficios con más futuro de esta década.

Prólogo

Este libro forma a una persona sin experiencia previa en fotovoltaica para que pueda participar con criterio en el diseño, montaje, puesta en marcha y mantenimiento de instalaciones de autoconsumo. Va de la física básica de la célula solar hasta un caso real completo, con cálculos, listas de comprobación y ejercicios resueltos.

No sustituye la formación oficial ni la habilitación profesional. En España, quien firma y legaliza una instalación conectada a la red interior debe estar habilitado como instalador en baja tensión. Este manual te prepara para entender lo que haces y para trabajar con seguridad dentro de un equipo cualificado.

A quién va dirigido

- Electricistas que quieren especializarse en autoconsumo solar.
- Estudiantes de FP de electricidad y energías renovables.
- Técnicos de mantenimiento, montadores de estructuras y comerciales técnicos.
- Propietarios curiosos que quieren entender el presupuesto que les presentan.

Cómo usar este curso

1. Lee los capítulos en orden: cada uno se apoya en el anterior.

2. Haz los ejercicios al final de cada capítulo antes de mirar las soluciones del capítulo 12.
3. Repite los cálculos del caso práctico (capítulo 11) con los datos de tu propia vivienda.
4. Nunca practiques sobre una instalación en tensión sin supervisión y sin los equipos de protección descritos en el capítulo 3.

Niveles del curso

Bloque	Capítulos	Lo que sabrás hacer
Fundamentos	1-2	Explicar cómo funciona un sistema fotovoltaico y reconocer cada componente
Seguridad	3	Trabajar en cubierta y en corriente continua sin poner en riesgo a nadie
Diseño	4	Dimensionar una instalación de autoconsumo para una vivienda
Montaje	5-7	Fijar estructuras, cablear, proteger y conectar inversor y baterías
Cierre	8-10	Poner en marcha, legalizar, mantener y diagnosticar averías
Práctica	11-12	Resolver un proyecto completo y evaluar lo aprendido

Índice

1. Fundamentos de la energía solar fotovoltaica
2. Componentes de una instalación fotovoltaica
3. Seguridad y prevención de riesgos
4. Estudio previo y dimensionado
5. Estructuras y montaje mecánico
6. Cableado, protecciones y conexión eléctrica
7. Inversores, baterías y monitorización
8. Puesta en marcha, pruebas y documentación
9. Normativa y legalización en España
10. Mantenimiento y diagnóstico de averías

11. Caso práctico completo de vivienda

12. Evaluación final, soluciones y glosario

Capítulo 1. Fundamentos de la energía solar fotovoltaica

Un panel fotovoltaico convierte luz en corriente continua sin piezas móviles; todo lo que hace un instalador consiste en captar esa energía lo mejor posible, transformarla en corriente alterna y entregarla con seguridad.

1.1 El efecto fotovoltaico

La célula solar es una lámina de silicio con dos capas dopadas de forma distinta (tipo P y tipo N). En su unión aparece un campo eléctrico interno. Cuando un fotón con energía suficiente golpea el silicio, libera un electrón; el campo lo empuja hacia un lado y crea una corriente si cerramos el circuito.

Una célula de silicio da unos 0,5–0,7 V. Por eso un módulo agrupa entre 54 y 144 células (o medias células) en serie para alcanzar tensiones útiles de 30–50 V.

1.2 Magnitudes que debes dominar

Magnitud	Símbolo	Unidad	Qué significa en la práctica
Irradiancia	G	W/m ²	Potencia solar que llega a una superficie en un instante; 1000 W/m ² es un día claro a mediodía
Irradiación	H	kWh/m ² ·día	Energía acumulada en un día; decide cuánto producirá la instalación
Horas solares pico	HSP	h	Horas equivalentes a 1000 W/m ² ; numéricamente igual a la irradiación diaria
Potencia pico	Wp	W	Potencia del módulo en condiciones estándar de ensayo (STC)
Tensión de circuito abierto	Voc	V	Tensión máxima del módulo sin carga; manda en el cálculo de strings

Magnitud	Símbolo	Unidad	Qué significa en la práctica
Corriente de cortocircuito	Isc	A	Corriente máxima del módulo; manda en el cálculo de cables y fusibles
Punto de máxima potencia	Vmp, Imp	V, A	Donde el módulo entrega su máxima potencia; lo busca el inversor

Las condiciones STC son 1000 W/m², 25 °C de célula y masa de aire 1,5. En el tejado casi nunca se dan: la célula suele trabajar a 45–65 °C.

1.3 La curva I-V y el efecto de la temperatura

La curva I-V muestra cómo cae la corriente al subir la tensión. El producto $V \times I$ es máximo en un solo punto, el MPP. El seguidor MPPT del inversor ajusta la tensión continuamente para trabajar ahí.

Dos reglas de oro:

- **Más irradiancia, más corriente.** La corriente es casi proporcional a la luz que llega.
- **Más temperatura, menos tensión.** El silicio pierde en torno a 0,3 % de tensión por cada grado por encima de 25 °C; en invierno, con frío, la tensión sube.

Esa subida invernal es la causa de muchos inversores quemados: el string se dimensiona con la Voc a la temperatura mínima del lugar, nunca con la de catálogo.

1.4 Orientación, inclinación y sombras

En España la orientación óptima es Sur, y la inclinación óptima anual ronda la latitud menos 10° (unos 30–35°). Orientaciones Este u Oeste pierden alrededor de un 10–20 %, pero reparten mejor la producción a lo largo del día, lo que favorece el autoconsumo.

La sombra es el enemigo número uno. Una sola célula sombreada limita la corriente de toda la serie. Los diodos de bypass del módulo reducen el daño, pero no lo eliminan. Revisa chimeneas, antenas, árboles, petos y edificios vecinos en todas las estaciones.

1.5 Tipos de instalaciones

Tipo	Conexión a red	Baterías	Uso típico
Autoconsumo sin excedentes	Sí, con antivertido	Opcional	Empresas que no quieren tramitar venta de energía
Autoconsumo con excedentes acogido a compensación	Sí	Opcional	Viviendas y pymes de hasta 100 kW
Autoconsumo con excedentes no acogido	Sí	Opcional	Instalaciones que venden energía en el mercado
Aislada	No	Sí, obligatoria	Casas de campo, bombeos, telecomunicaciones
Bombeo solar directo	No	No	Riego agrícola

Ejercicios del capítulo 1

1. Un módulo tiene $V_{mp} = 41,2 \text{ V}$ e $I_{mp} = 10,9 \text{ A}$. ¿Cuál es su potencia en el MPP?
2. Un lugar recibe $5,2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{día}$. ¿Cuántas HSP tiene?
3. ¿Por qué la tensión de un string es mayor en enero que en julio?
4. Explica por qué una sola célula sombreada afecta a toda la serie.

Capítulo 2. Componentes de una instalación fotovoltaica

Toda instalación de autoconsumo tiene la misma cadena: módulos → cableado de continua y protecciones → inversor → protecciones de alterna → cuadro de la vivienda y contador; las baterías y la monitorización se añaden a esa cadena.

2.1 Módulos fotovoltaicos

Tecnología	Eficiencia típica	Ventajas	Inconvenientes
Monocristalino PERC	20-21 %	Probado, buen precio	Peor comportamiento con calor que las nuevas tecnologías

Tecnología	Eficiencia típica	Ventajas	Inconvenientes
Monocristalino TOPCon tipo N	21-23 %	Menor degradación, mejor coeficiente térmico	Algo más caro
Heterounión (HJT)	22-23 %	Excelente con calor y baja luz	Precio superior
Back-contact (IBC)	22-24 %	Máxima eficiencia y estética	Precio alto
Bifacial	+5-15 % extra por la cara trasera	Aprovecha la luz reflejada	Solo rinde con suelo claro y altura suficiente

Al leer una ficha técnica busca: potencia (W_p), tolerancia positiva, V_{oc} , I_{sc} , V_{mp} , I_{mp} , coeficientes de temperatura, tensión máxima del sistema (1000 o 1500 V), garantía de producto (12-25 años) y de rendimiento (típicamente 80-87 % a 25-30 años).

2.2 Inversores

El inversor convierte la corriente continua de los módulos en alterna sincronizada con la red.

- **Inversor de string:** uno o varios MPPT para toda la instalación. La opción más común en viviendas.
- **Microinversores:** uno por módulo o por pareja de módulos. Ideales con sombras u orientaciones múltiples.
- **Optimizadores + inversor:** cada módulo tiene su optimizador de continua y un inversor central.
- **Inversor híbrido:** inversor de string que además gestiona baterías.
- **Inversor aislado / cargador:** para instalaciones sin red.

Datos clave de la ficha: potencia nominal AC, rango de tensión MPPT, tensión máxima de entrada, corriente máxima por MPPT, número de MPPT y monofásico o trifásico.

2.3 Estructuras de soporte

- Coplanar sobre teja o chapa: los módulos siguen la pendiente del tejado.
- Triangular o con inclinación sobre cubierta plana: con lastre o anclaje químico.

- Estructura en suelo: hincada o sobre zapatas.
- Pérgolas y marquesinas solares.

El material habitual es aluminio anodizado con tornillería de acero inoxidable. Nunca mezcles acero galvanizado con aluminio sin separador: aparece corrosión galvánica.

2.4 Cableado y conectores

- Cable solar de continua: unipolar, doble aislamiento, resistente a UV, normalmente de 4 o 6 mm² (tipo H1Z2Z2-K).
- Conectores MC4 o compatibles: cada pareja debe ser del mismo fabricante y modelo.
- Cable de alterna: según el REBT, normalmente RZ1-K o similar.

2.5 Protecciones

Lado	Protección	Función
Continua (DC)	Seccionador DC	Aislar los módulos para trabajar en el inversor
Continua (DC)	Fusibles gPV	Proteger strings en paralelo (normalmente a partir de 3 strings por MPPT)
Continua (DC)	Descargador de sobretensiones DC	Proteger contra rayos e inducidas
Alterna (AC)	Magnetotérmico	Proteger contra sobrecargas y cortocircuitos
Alterna (AC)	Diferencial	Proteger a personas frente a contactos indirectos
Alterna (AC)	Descargador de sobretensiones AC	Proteger el inversor y la vivienda
General	Toma de tierra	Derivar defectos y descargas; marcos y estructura conectados

2.6 Baterías y monitorización

Las baterías de litio-ferrofosfato (LiFePO_4) dominan el autoconsumo doméstico: más de 6000 ciclos, profundidad de descarga del 90–100 % y buena seguridad térmica. Pueden ser de baja tensión (48 V) o de alta tensión (100–500 V).

La monitorización (app del fabricante, vatímetro en el punto de conexión y, en su caso, antivertido) permite al usuario ver producción, consumo e intercambio con la red, y al instalador detectar fallos a distancia.

Ejercicios del capítulo 2

1. Nombra la cadena de componentes desde el módulo hasta el contador.
 2. ¿Cuándo elegirías microinversores en lugar de un inversor de string?
 3. ¿Qué dato de la ficha del inversor limita el número de módulos en serie?
 4. ¿Por qué no se deben mezclar conectores MC4 de distintos fabricantes?
-

Capítulo 3. Seguridad y prevención de riesgos

Los dos riesgos que más accidentes graves causan en fotovoltaica son las caídas desde cubierta y el arco eléctrico en corriente continua; ninguno se resuelve con prisa ni con experiencia, solo con método y equipos.

3.1 Trabajo en altura

Todo trabajo a más de 2 m con riesgo de caída exige protección. Prioriza siempre la protección colectiva sobre la individual.

1. **Protección colectiva:** andamio perimetral, barandillas, redes, plataformas elevadoras (PEMP).
2. **Protección individual:** arnés anticaídas con línea de vida o puntos de anclaje certificados.
3. **Cubiertas frágiles:** placas de fibrocemento, policarbonato o chapa envejecida no soportan el peso de una persona. Usa pasarelas de reparto y nunca pises directamente.
4. **Meteorología:** no se sube con viento fuerte, lluvia, hielo ni tormenta eléctrica.

Atención al fibrocemento: muchas cubiertas antiguas contienen amianto. Solo una empresa inscrita en el RERA puede manipularlas.

3.2 El riesgo eléctrico en continua

Un módulo genera tensión en cuanto recibe luz. No hay interruptor que lo apague. Un string de 12 módulos puede superar 500 V de continua, y la continua no pasa por cero como la alterna: un arco eléctrico se mantiene y puede provocar quemaduras e incendios.

Reglas básicas:

- Nunca desconectes un conector MC4 bajo carga. Primero abre el seccionador o apaga el inversor.
- Cubre los módulos con una lona opaca si debes manipular el string con luz.
- Mide siempre antes de tocar: verifica ausencia de tensión con un equipo adecuado para continua.
- Trabaja con guantes aislantes de la clase adecuada y herramienta aislada.

3.3 Las cinco reglas de oro

Para trabajar sin tensión en el lado de alterna se aplican las cinco reglas de oro:

1. Desconectar (corte visible o efectivo).
2. Prevenir cualquier realimentación (bloqueo y señalización).
3. Verificar la ausencia de tensión.
4. Poner a tierra y en cortocircuito.
5. Señalizar la zona de trabajo.

Recuerda que el inversor puede realimentar desde el lado de continua y las baterías desde su propio banco: hay que cortar todas las fuentes.

3.4 Equipos de protección individual (EPI)

EPI	Cuándo
Casco con barbuquejo	Siempre en obra y en cubierta
Calzado de seguridad aislante y antideslizante	Siempre
Guantes mecánicos	Manipulación de módulos y perfiles
Guantes dieléctricos	Maniobras y medidas en tensión

EPI	Cuándo
Gafas o pantalla facial	Taladrado, medidas eléctricas, riesgo de arco
Arnés anticaídas	Trabajo en altura sin protección colectiva
Ropa ignífuga	Trabajos con riesgo de arco eléctrico
Protección solar e hidratación	Trabajo en cubierta en verano

3.5 Golpe de calor y manipulación de cargas

En verano la cubierta puede superar los 60 °C. Programa el trabajo en cubierta a primera hora, bebe agua con frecuencia y vigila síntomas (mareo, confusión, dejar de sudar). Un módulo moderno pesa 20–28 kg y actúa como vela con el viento: súbelo con elevador o entre dos personas.

Ejercicios del capítulo 3

1. ¿Por qué un arco en continua es más peligroso que en alterna?
2. Ordena: arnés, andamio perimetral, plataforma elevadora. ¿Cuál priorizas y por qué?
3. Enumera las cinco reglas de oro.
4. ¿Qué harías si descubres que la cubierta es de fibrocemento antiguo?

Capítulo 4. Estudio previo y dimensionado

Una instalación bien dimensionada parte del consumo real del cliente, no de cuántos paneles caben en el tejado; el objetivo es maximizar la energía autoconsumida, no la producida.

4.1 Visita técnica

En la visita recoge siempre:

- Facturas de electricidad de los últimos 12 meses o la curva de consumo horaria de la distribuidora.
- Potencia contratada, tipo de suministro (monofásico o trifásico) y CUPS.
- Superficie útil de cubierta, orientación, inclinación, tipo de cubierta y estado.
- Sombras: fotografías, croquis y, si es posible, un análisis con app de trayectoria solar.

- Ubicación del cuadro general, del contador y del lugar donde irá el inversor (ventilado, a la sombra, accesible).
- Recorrido de cables y longitud estimada.
- Toma de tierra existente y su estado.

4.2 Producción esperada

La producción anual se estima con la fórmula:

$$E = P_{\text{pico}} \cdot \text{HSP} \cdot 365 \cdot \text{PR}$$

Donde P pico está en kWp, HSP es la media anual de horas solares pico sobre el plano de los módulos y PR (performance ratio) recoge las pérdidas por temperatura, cableado, inversor, suciedad y sombras; suele estar entre 0,75 y 0,85.

La herramienta gratuita PVGIS de la Comisión Europea calcula la producción mensual de cualquier punto de Europa con orientación e inclinación reales. Úsala siempre para el presupuesto.

Orden de magnitud: en la mitad sur y el arco mediterráneo, 1 kWp bien orientado produce del orden de 1400–1600 kWh al año; en el norte peninsular, del orden de 1000–1200 kWh. Son cifras aproximadas; el proyecto debe usar el cálculo de PVGIS para la ubicación concreta.

4.3 Potencia del generador

1. Calcula el consumo diurno: en una vivienda típica sin baterías, entre el 30 % y el 50 % del consumo total ocurre con sol.
2. Dimensiona para cubrir ese consumo diurno y un margen razonable de excedentes compensables.
3. Con baterías, puedes ampliar el generador para cargarlas con el excedente.

Ejemplo: consumo anual 4500 kWh, 45 % diurno = 2025 kWh. Con 1500 kWh/kWp, harían falta 1,35 kWp solo para el consumo diurno. Como las horas de producción no coinciden perfectamente con el consumo, se suele instalar entre 2 y 3 veces esa cifra y aprovechar la compensación de excedentes: una instalación de 3–4 kWp es razonable.

4.4 Ratio DC/AC

La potencia del generador (kWp) suele ser algo mayor que la del inversor (kW). Un ratio entre 1,1 y 1,3 es habitual: el inversor recorta pocas horas al año y trabaja más tiempo a buen rendimiento.

4.5 Configuración de strings

Es el cálculo más importante del montaje eléctrico. Necesitas la ficha del módulo, la del inversor y las temperaturas extremas del lugar.

Número máximo de módulos en serie (con la temperatura mínima, normalmente -5°C o -10°C según zona):

$$V_{oc}(T_{min}) = V_{oc,STC} \cdot \left[1 + \frac{|\beta|}{100} \cdot (25 - T_{min})\right]$$

$$N_{max} = \left\lfloor \frac{V_{max,inversor}}{V_{oc}(T_{min})} \right\rfloor$$

Número mínimo de módulos en serie (con la temperatura máxima de célula, unos 70°C): la V_{mp} del string caliente debe quedar por encima de la tensión mínima del MPPT.

Corriente: la I_{sc} del string (o de los strings en paralelo) no debe superar la corriente máxima de entrada del MPPT.

Ejemplo resuelto. Módulo de 450 Wp: $V_{oc} = 49,5\text{ V}$; $V_{mp} = 41,2\text{ V}$; $I_{sc} = 11,6\text{ A}$; coeficiente de tensión $\beta = -0,27\text{ \%/}^{\circ}\text{C}$. Inversor: tensión máxima 600 V; rango MPPT 90–550 V; corriente máxima 16 A por MPPT. Temperatura mínima del lugar: -5°C .

- V_{oc} a $-5^{\circ}\text{C} = 49,5 \times (1 + 0,0027 \times 30) = 53,5\text{ V}$
- Máximo en serie = $600 / 53,5 = 11,2 \rightarrow$ **11 módulos**
- V_{mp} a $70^{\circ}\text{C} \approx 41,2 \times (1 - 0,0027 \times 45) = 36,2\text{ V}$
- Mínimo en serie = $90 / 36,2 = 2,5 \rightarrow$ **3 módulos**
- Corriente: $11,6\text{ A} < 16\text{ A} \rightarrow$ un string por MPPT es correcto.

Para 8 módulos (3,6 kWp), un único string de 8 está dentro del rango: V_{mp} caliente $\approx 290\text{ V}$ y V_{oc} frío $\approx 428\text{ V}$.

Ejercicios del capítulo 4

1. Calcula la producción anual de 5 kWp con $HSP = 4,8$ y $PR = 0,8$.

2. Con el módulo del ejemplo y un inversor de 1000 V máximos, ¿cuántos módulos caben en serie a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$?
 3. ¿Qué pasa si el string trabaja por debajo de la tensión mínima del MPPT?
 4. ¿Por qué no conviene llenar el tejado de módulos sin mirar el consumo?
-

Capítulo 5. Estructuras y montaje mecánico

La estructura tiene que aguantar 25 años de viento, nieve y dilataciones sin dejar entrar ni una gota de agua; un tejado con goteras por culpa de la instalación es la reclamación más cara y más frecuente.

5.1 Cargas que soporta la estructura

- **Peso propio:** módulo + estructura, unos $12\text{--}15\text{ kg/m}^2$.
- **Viento:** es la carga más peligrosa; empuja y, sobre todo, succiona. Las esquinas y bordes de cubierta son las zonas más castigadas.
- **Nieve:** importante en zonas de montaña.
- **Sismo:** a considerar en zonas con aceleración sísmica relevante.

Las cargas se comprueban según el Código Técnico de la Edificación (DB SE-AE). En cubiertas antiguas o naves, pide un informe de un técnico competente sobre la capacidad portante antes de montar.

5.2 Montaje sobre teja

1. Replantea la posición de los módulos con cinta y tiza en la cubierta.
2. Retira las tejas en los puntos de anclaje.
3. Fija los ganchos de teja al rastrel o al forjado con la tornillería indicada por el fabricante.
4. Ajusta el gancho para que la teja vuelva a apoyar sin quedar levantada; si hace falta, rebaja la teja con radial.
5. Coloca de nuevo las tejas y comprueba que el agua sigue su camino natural.
6. Monta los perfiles sobre los ganchos, nivelados y alineados.

5.3 Montaje sobre chapa y panel sándwich

Se usan perfiles cortos (minirraíles) o salvagrecas fijados a la cresta de la chapa con tornillos autotaladrantes y arandela de EPDM. Fija siempre en la cresta, nunca en el valle por donde corre el agua. Comprueba el espesor de la chapa: por debajo de 0,5 mm conviene anclar a las correas.

5.4 Cubierta plana

- **Estructura con lastre:** bloques de hormigón calculados según el viento; no perfora la impermeabilización, pero añade peso.
- **Estructura anclada:** con taco químico al forjado; cada perforación se sella con el sistema de impermeabilización existente.
- Deja separación entre filas para evitar sombras mutuas en invierno. Una regla práctica en España es dejar una distancia entre filas de unas 2,5–3 veces la altura del módulo inclinado.
- Respeta la distancia a petos y bordes indicada por el fabricante (zonas de viento).

5.5 Colocación de los módulos

- Usa grapas finales en los extremos y grapas intermedias entre módulos.
- Aprieta con llave dinamométrica al par que indica el fabricante (normalmente 12–16 N·m).
- Respeta las zonas de amarre que marca el manual del módulo: fijar fuera de ellas anula la garantía y puede romper el vidrio.
- Deja una holgura de dilatación entre tramos de perfil cada 10–12 m aproximadamente.
- Conecta marcos y perfiles a tierra con grapas o terminales de puesta a tierra.
- No pises nunca los módulos ni apoyes herramientas sobre ellos: las microfisuras invisibles reducen la producción con los años.

5.6 Herramientas habituales

Herramienta	Uso
Llave dinamométrica	Apriete de grapas y tornillería
Atornillador y taladro percutor	Fijación de ganchos y tacos
Radial con disco de diamante	Rebaje de tejas

Herramienta	Uso
Nivel y cinta métrica	Replanteo y alineación
Cuerda o láser	Alineación de filas
Elevador de módulos o polipasto	Subida segura de materiales

Ejercicios del capítulo 5

1. ¿Por qué el viento es más peligroso en las esquinas de la cubierta?
 2. En chapa grecada, ¿se fija en la cresta o en el valle? Justifica.
 3. ¿Qué ocurre si aprietas una grapa fuera de la zona de amarre del módulo?
 4. ¿Qué precaución tomarías al montar en una nave industrial antigua?
-

Capítulo 6. Cableado, protecciones y conexión eléctrica

El cableado decide la seguridad y buena parte del rendimiento: un conector mal crimpado o un cable infradimensionado no da problemas el primer día, sino al tercer verano, en forma de punto caliente o incendio.

6.1 Criterios de dimensionado

Un cable se dimensiona por dos criterios y se elige la sección mayor de ambos:

1. **Intensidad admisible:** el cable debe soportar al menos el 125 % de la corriente máxima del generador (ITC-BT-40 del REBT), aplicando los factores de corrección por temperatura y agrupamiento.
2. **Caída de tensión:** la caída entre el generador y el punto de interconexión no debe superar el 1,5 % a la intensidad nominal. En la práctica se reparte, por ejemplo, 1 % en continua y 0,5 % en alterna.

Sección por caída de tensión en continua o en monofásica:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta U}$$

Con S en mm², L longitud de un solo conductor en m, I en A, ΔU en V y γ la conductividad del cobre a temperatura de trabajo (unos 44–48 m/Ω·mm²).

Ejemplo. String a 330 V e $I_{mp} = 10,9$ A, con 20 m hasta el inversor y caída máxima del 1 % (3,3 V): $S = 2 \times 20 \times 10,9 / (48 \times 3,3) = 2,75 \text{ mm}^2 \rightarrow$ se elige **4 mm²**.

6.2 Conectores MC4: el punto débil

- Usa la crimpadora específica del fabricante del conector, nunca alicates.
- Pela la longitud exacta indicada (normalmente 6–7 mm) sin dañar los hilos.
- Comprueba el crimpado tirando del cable con firmeza.
- Aprieta la tuerca con la llave de montaje hasta el par indicado.
- Nunca mezcles marcas: dos conectores "compatibles" de fabricantes distintos son causa conocida de calentamientos e incendios.
- Deja los conectores sin apoyar en el suelo de la cubierta, donde se acumula agua.

6.3 Canalización y recorrido

- Sujeta los cables de continua a la estructura con bridas resistentes a UV o clips metálicos; nunca colgando sobre la cubierta.
- Lleva el positivo y el negativo de cada string juntos para minimizar el área del bucle (menos tensión inducida por rayos).
- En exteriores, tubo o bandeja resistente a UV; en interiores, según el REBT.
- Identifica cada cable en ambos extremos: string, polaridad y MPPT.

6.4 Protecciones en continua

- **Seccionador DC** antes del inversor (muchos inversores lo integran).
- **Fusibles gPV** cuando hay tres o más strings en paralelo en un mismo MPPT; con uno o dos strings no suelen ser necesarios porque la corriente inversa no supera la que aguanta el módulo.
- **Descargadores de sobretensiones DC (tipo 2)** cuando el cable de continua es largo o hay riesgo de rayo; muchos inversores llevan protección integrada.

6.5 Protecciones en alterna y conexión a la vivienda

- **Magnetotérmico** dimensionado con la corriente máxima de salida del inversor.
- **Diferencial:** de tipo A en general; algunos inversores sin transformador exigen tipo B o un tipo A con la sensibilidad que indique el fabricante. Consulta siempre su manual.
- **Descargador de sobretensiones AC.**

- La conexión se hace en la red interior de la vivienda, normalmente en el cuadro general, aguas abajo del interruptor general automático, en circuito independiente y con señalización clara de que existe una fuente de generación.

6.6 Puesta a tierra

Marcos de módulos, estructura y masas del inversor se conectan a la tierra de la instalación. La tierra de la parte fotovoltaica debe ser la misma que la de la vivienda o estar unida a ella, para evitar diferencias de potencial. Mide la resistencia de tierra y anota el valor.

Ejercicios del capítulo 6

1. Calcula la sección de un cable de continua de 30 m con 380 V, 11 A y caída máxima del 1 %.
 2. ¿Cuándo son necesarios los fusibles gPV?
 3. ¿Por qué se llevan juntos el positivo y el negativo de un string?
 4. ¿Dónde se conecta el inversor en el cuadro de la vivienda?
-

Capítulo 7. Inversores, baterías y monitorización

El inversor es el cerebro de la instalación y la batería su despensa: bien elegidos y bien ubicados, multiplican el ahorro; mal ubicados, se recalientan, recortan producción y acortan su vida.

7.1 Ubicación del inversor

- A la sombra y protegido de la lluvia directa, aunque tenga grado IP65.
- Con las distancias de ventilación del manual (normalmente 30–50 cm por arriba y por los lados).
- Lo más cerca posible del cuadro de la vivienda y a una distancia razonable de los módulos.
- Lejos de dormitorios: algunos modelos emiten zumbido o ruido de ventilador.
- A una altura cómoda para leer la pantalla y hacer mantenimiento.
- Sobre pared no inflamable; nunca sobre madera sin protección.

7.2 Configuración del inversor

En la puesta en marcha se configura:

1. **Código de red o país:** el ajuste correcto para España según la norma técnica vigente. Un código equivocado provoca desconexiones o incumple la normativa.
2. **Fecha, hora y conexión wifi o Ethernet.**
3. **Vatímetro:** dirección, sentido y posición (en el punto de conexión con la red).
4. **Limitación de inyección (antivertido)** si la instalación es sin excedentes.
5. **Parámetros de batería** si es híbrido: tipo, capacidad, estado de carga mínimo y modos de trabajo.

7.3 Baterías

Concepto	Qué significa
Capacidad (kWh)	Energía total almacenable
Capacidad útil	Energía realmente aprovechable según la profundidad de descarga
Potencia de carga y descarga (kW)	Cuánta potencia puede entregar a la vez
Ciclos	Número de cargas completas garantizadas antes de perder capacidad
Garantía	Normalmente 10 años o un número de MWh entregados

Cómo dimensionar la batería en autoconsumo. Mira el consumo nocturno medio: si la vivienda consume 6 kWh desde la puesta de sol hasta el amanecer, una batería de 5-7 kWh útiles cubre la mayoría de las noches de primavera y verano. Sobredimensionar más allá del excedente diario suele no compensar económicamente.

Instalación segura de baterías:

- Ubicación ventilada, seca y entre las temperaturas del fabricante (las de litio no deben cargarse bajo 0 °C).
- Lejos de vías de evacuación y de fuentes de calor.
- Cableado de continua corto, con la sección y protección (fusible o interruptor DC) del fabricante.

- Comunicación BMS–inversor correctamente configurada: sin ella, la batería no carga bien o se protege y se desconecta.

7.4 Modos de funcionamiento del híbrido

- **Autoconsumo:** prioridad a cubrir la casa, luego cargar batería, luego verter excedentes.
- **Respaldo (backup):** reserva una parte de la batería para cortes de red; requiere salida EPS o backup y un cuadro de cargas críticas.
- **Horario o tarifa:** carga desde red en horas baratas y descarga en horas caras.

7.5 Monitorización

La monitorización te permite comprobar que cada MPPT produce lo esperado y detectar averías antes de que el cliente las note. Configura alertas por correo o en la app, comparte el acceso con el cliente y explícale qué significa cada indicador: producción, autoconsumo, excedentes, consumo de red y estado de batería.

Ejercicios del capítulo 7

1. Enumera tres errores de ubicación de un inversor.
 2. Una vivienda consume 8 kWh por la noche y vierte 10 kWh de excedentes en verano. ¿Qué capacidad de batería propondrías?
 3. ¿Qué pasa si el vatímetro está montado al revés?
 4. ¿Qué diferencia hay entre modo autoconsumo y modo respaldo?
-

Capítulo 8. Puesta en marcha, pruebas y documentación

Ninguna instalación se conecta sin medir: las pruebas de puesta en marcha detectan en diez minutos errores que en servicio costarían un incendio o una visita de garantía; la referencia técnica es la norma UNE-EN IEC 62446-1.

8.1 Inspección visual previa

- ☐ Estructura completa, apretada al par y sin módulos dañados.
- ☐ Cubierta estanca: tejas recolocadas, sellados terminados.
- ☐ Cables sujetos, sin roces ni tramos colgando; identificados.
- ☐ Conectores bien cerrados y del mismo fabricante por pareja.
- ☐ Tierra conectada en marcos, estructura e inversor.

- ☐ Protecciones DC y AC instaladas y en posición abierta.
- ☐ Señalización de seguridad colocada ("Instalación fotovoltaica: tensión en continua aun con el interruptor abierto").

8.2 Medidas en continua (con el seccionador abierto)

1. **Polaridad** de cada string: comprueba positivo y negativo antes de conectar al inversor. Una polaridad invertida puede destruir la entrada.
2. **Tensión de circuito abierto (Voc)** de cada string. Compara con el valor esperado corregido por temperatura; todos los strings iguales deben dar valores muy parecidos (diferencias mayores de un 5 % indican un módulo mal conectado o faltante).
3. **Corriente de cortocircuito (Isc)** con pinza amperimétrica de continua o con un analizador fotovoltaico, solo con los equipos adecuados. Compárala con la esperada según la irradiancia del momento.
4. **Resistencia de aislamiento** entre cada polo y tierra con megóhmetro, según el procedimiento de la norma y del fabricante del medidor.

8.3 Medidas en alterna

- Continuidad de los conductores de protección.
- Resistencia de la toma de tierra.
- Disparo del diferencial (prueba con comprobador de instalaciones: tiempo y corriente).
- Tensión y frecuencia de red en el punto de conexión.

8.4 Secuencia de arranque

1. Cierra el magnetotérmico de alterna: el inversor detecta la red.
2. Cierra el seccionador de continua.
3. Si hay batería, enciéndela según el orden del fabricante.
4. El inversor hace su autotest y se sincroniza (puede tardar varios minutos).
5. Comprueba en pantalla o app que cada MPPT produce y que el vatímetro mide en el sentido correcto: con la casa consumiendo, la importación debe bajar al aumentar la producción.
6. Prueba de antivertido o de respaldo, si aplica: corta la red y comprueba el comportamiento.

8.5 Documentación que se entrega

Documento	Para qué sirve
Memoria técnica de diseño o proyecto	Describe la instalación y sus cálculos
Esquema unifilar	Muestra todos los circuitos y protecciones
Certificado de instalación eléctrica (CIE)	Acredita que cumple el REBT; lo firma el instalador habilitado
Protocolo de pruebas con valores medidos	Referencia para el mantenimiento y la garantía
Fichas técnicas y garantías de equipos	Reclamaciones futuras
Manual de uso y mantenimiento	Lo que el cliente debe hacer y vigilar
Planos de ubicación de equipos y strings	Localización rápida de averías
Accesos a la monitorización	Seguimiento por el cliente y el instalador

Ejercicios del capítulo 8

1. Tres strings iguales dan 412 V, 409 V y 371 V. ¿Qué sospechas?
 2. ¿Por qué se cierra primero la alterna y luego la continua?
 3. ¿Qué norma describe las pruebas de puesta en marcha?
 4. Cita cinco documentos que entregarías al cliente.
-

Capítulo 9. Normativa y legalización en España

El autoconsumo en España se rige por el Real Decreto 244/2019, que sigue vigente; una vivienda con instalación de hasta 15 kW se legaliza con un certificado eléctrico, una inscripción en el registro autonómico y la comunicación a la distribuidora, sin pedir permisos de acceso y conexión.

9.1 Marco normativo básico

Norma	Qué regula
Ley 24/2013 del Sector Eléctrico	Marco general del sistema eléctrico y del autoconsumo
Real Decreto 244/2019	Condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo: modalidades, compensación de excedentes, autoconsumo colectivo
REBT (RD 842/2002), ITC-BT-40	Instalaciones generadoras de baja tensión: cables, protecciones, conexión
Código Técnico de la Edificación	Seguridad estructural de la cubierta y contribución renovable en obra nueva
Normativa de prevención (Ley 31/1995 y RD 1627/1997)	Seguridad y salud en obra
Ordenanzas municipales	Licencia o declaración responsable de obra y bonificaciones de impuestos locales

El Ministerio para la Transición Ecológica sometió a audiencia pública en 2025 un proyecto de real decreto que modificaría el RD 244/2019 para impulsar el almacenamiento distribuido. Comprueba en el BOE si ha sido aprobado antes de cada proyecto.

9.2 Modalidades de autoconsumo

- **Sin excedentes:** un sistema antivertido impide inyectar energía a la red. Trámite más sencillo con la distribuidora.
- **Con excedentes acogida a compensación simplificada:** la comercializadora descuenta en la factura mensual el valor de la energía vertida, hasta anular el término de energía (nunca el de potencia ni el alquiler del contador). Requiere potencia de instalación de hasta 100 kW y fuente renovable.
- **Con excedentes no acogida a compensación:** el titular vende la energía en el mercado; implica obligaciones fiscales y de registro como productor.

El **autoconsumo colectivo** permite que varios consumidores (por ejemplo, los vecinos de un edificio) compartan una instalación mediante un acuerdo de reparto con coeficientes.

9.3 Pasos para legalizar una vivienda (hasta 15 kW)

1. **Permiso municipal:** licencia de obra menor o declaración responsable, según el ayuntamiento.
2. **Memoria técnica de diseño** (proyecto si supera los umbrales del REBT).
3. **Ejecución** por empresa instaladora habilitada.
4. **Certificado de instalación eléctrica (CIE)** registrado en la comunidad autónoma.
5. **Inscripción en el registro autonómico de autoconsumo.** La comunidad lo comunica al registro estatal.
6. **Contrato de acceso y compensación:** la distribuidora modifica el contrato y la comercializadora firma el acuerdo de compensación de excedentes.
7. **Contador bidireccional:** la distribuidora lo configura (en la mayoría de los casos, por telegestión).

Por encima de 15 kW con excedentes, o en suelo no urbanizado, hacen falta permisos de acceso y conexión con la distribuidora y, según potencia, inspección inicial por un organismo de control.

9.4 Incentivos fiscales vigentes en 2026

El Real Decreto-ley 7/2026 creó una deducción estatal en el IRPF por instalar autoconsumo renovable:

Concepto	Detalle
Porcentaje	10 % en un inmueble propio; 20 % en viviendas de edificios de uso predominantemente residencial
Base máxima	5000 € al año, incluidas las baterías, los equipos, la mano de obra y las obras necesarias
Plazo	Instalación realizada, terminada y pagada en 2026
Requisitos	Pago sin efectivo; contar con el CIE y los permisos según el REBT y el RD 244/2019
Incompatibilidades	Se resta cualquier subvención; no se puede sumar a la deducción por eficiencia energética para la misma instalación; excluidas las instalaciones afectas a una actividad económica

Fuente: [Agencia Tributaria, novedades del RDL 7/2026](#). Las deducciones por obras de mejora de eficiencia energética (20 %, 40 % y 60 %) se prorrogaron también para obras realizadas hasta el 31 de diciembre de 2026, o 2027 en edificios residenciales.

Muchos ayuntamientos bonifican además el IBI y el ICIO, y algunas comunidades autónomas tienen deducciones propias o ayudas. Comprueba siempre las vigentes en el municipio del cliente: cambian cada año.

9.5 La figura del instalador

Para ejecutar y certificar la parte eléctrica hay que ser o trabajar para una **empresa instaladora en baja tensión** habilitada mediante declaración responsable ante la comunidad autónoma, con al menos un instalador con el certificado de cualificación individual. El montaje mecánico puede hacerlo personal sin esa habilitación, pero siempre bajo la dirección de la empresa responsable.

Ejercicios del capítulo 9

1. ¿Qué modalidad elegirías para una vivienda que vierte excedentes al mediodía? ¿Por qué?
2. Enumera los siete pasos para legalizar una instalación doméstica.
3. Un cliente paga 7000 € por una instalación con batería en su chalé, terminada en noviembre de 2026, sin subvención. ¿Qué deducción estatal puede aplicar?
4. ¿Quién firma el certificado de instalación eléctrica?

Capítulo 10. Mantenimiento y diagnóstico de averías

Una instalación fotovoltaica necesita poco mantenimiento, pero no ninguno: una revisión anual y una buena monitorización evitan la mayoría de las pérdidas silenciosas, que pueden superar el 10 % de la producción sin que el cliente lo note.

10.1 Plan de mantenimiento preventivo

Frecuencia	Tarea
Continua	Revisar la monitorización y las alertas
Semestral	Inspección visual de módulos: suciedad, excrementos de aves, roturas, hojas

Frecuencia	Tarea
Anual	Limpieza de módulos si la pérdida lo justifica (agua desmineralizada, sin detergentes ni agua a presión)
Anual	Reapriete de una muestra de grapas y comprobación de la estructura
Anual	Revisión de conectores y cables: decoloración, roces, roedores
Anual	Medida de Voc e Isc por string y comparación con las medidas de puesta en marcha
Anual	Prueba del diferencial y medida de la resistencia de tierra
Anual	Limpieza de filtros y rejillas del inversor; actualización de firmware
Cada 2-3 años	Termografía de módulos y cuadros con cámara térmica

10.2 La termografía

Con una irradiancia superior a unos 600 W/m^2 , una cámara térmica muestra los defectos como puntos calientes: células dañadas, diodos de bypass activados, conectores con mala conexión o fusibles a punto de fallar. Una diferencia de más de 10°C respecto a las células vecinas merece investigación.

10.3 Tabla de diagnóstico

Síntoma	Causa probable	Qué hacer
Un string produce menos que otros iguales	Sombra nueva, módulo dañado, conector defectuoso	Comparar Voc e Isc, inspección visual y termografía
Producción cero en un MPPT	Fusible fundido, seccionador abierto, conector suelto	Medir tensión en la entrada del inversor

Síntoma	Causa probable	Qué hacer
El inversor se desconecta al mediodía	Tensión de red alta (sobretensión)	Medir la red; avisar a la distribuidora; revisar sección del cable de alterna
Error de aislamiento (ISO o Riso)	Cable pelado, conector húmedo, módulo con fallo	Medir aislamiento string por string con megóhmetro
Salta el diferencial con sol	Fuga en el lado AC o diferencial inadecuado	Revisar el tipo y la sensibilidad del diferencial según el fabricante
La app muestra consumo negativo	Vatímetro mal conectado o con el sentido invertido	Revisar la posición y orientación del transformador de corriente
La batería no carga	Comunicación BMS perdida o temperatura fuera de rango	Revisar cable de comunicación, configuración y temperatura
Caída lenta de producción año tras año	Suciedad, degradación anormal, PID	Limpiar, comparar con PVGIS y con la garantía de rendimiento

10.4 Método para buscar una avería

1. Consulta el historial de la monitorización: ¿desde cuándo y en qué MPPT?
2. Lee el código de error en el inversor y busca su significado en el manual.
3. Haz una inspección visual del recorrido completo.
4. Mide de forma ordenada, desde el inversor hacia los módulos, dividiendo el problema en mitades.
5. Repara, vuelve a medir y deja registro en el libro de mantenimiento.
6. Explica al cliente qué ocurrió y qué se ha hecho.

Ejercicios del capítulo 10

1. ¿Por qué no se debe limpiar un módulo con agua a presión?
2. El inversor marca error de aislamiento solo por la mañana con rocío. ¿Qué sospechas?
3. ¿Qué condiciones necesitas para una termografía útil?
4. Propón un plan de mantenimiento anual para una vivienda de 4 kWp.

Capítulo 11. Caso práctico completo de vivienda

El caso resuelve de principio a fin una vivienda unifamiliar en la zona de Valencia: 3,6 kWp, inversor híbrido de 3 kW y batería de 5 kWh, con un retorno estimado de unos 9 años. Las cifras de precios y producción son aproximadas y sirven para practicar; un proyecto real debe usar PVGIS y presupuestos actualizados.

11.1 Datos del cliente

Dato	Valor
Ubicación	Chalé en el área metropolitana de Valencia
Consumo anual	5200 kWh (45 % diurno)
Consumo nocturno medio	6 kWh/noche
Suministro	Monofásico, 5,75 kW contratados
Cubierta	Teja cerámica, orientación Sur, inclinación 30°, sin sombras relevantes
Distancia módulos-inversor	25 m de cable
Distancia inversor-cuadro	10 m de cable
Precio medio de la energía comprada	0,20 €/kWh (supuesto)
Precio de compensación de excedentes	0,06 €/kWh (supuesto)

11.2 Elección del generador y del inversor

- Producción específica estimada: unos 1550 kWh por kWp y año (comprobar en PVGIS).
- Se eligen **8 módulos de 450 Wp = 3,6 kWp**. Producción $\approx 3,6 \times 1550 = 5580 \text{ kWh/año}$.
- Inversor **híbrido monofásico de 3 kW**, con 2 MPPT, tensión máxima 600 V, rango MPPT 90–520 V y 16 A por MPPT. Ratio DC/AC = $3,6 / 3 = 1,2$.
- **Batería LiFePO4 de 5 kWh** para cubrir la mayor parte del consumo nocturno de primavera y verano.

11.3 Configuración del string

Con el módulo del capítulo 4 (V_{oc} 49,5 V; V_{mp} 41,2 V; I_{sc} 11,6 A; $\beta = -0,27 \text{ }^\circ\text{C}$) y un único string de 8 módulos:

Comprobación	Cálculo	Resultado
Voc máxima a $-5 \text{ }^\circ\text{C}$	$8 \times 53,5 \text{ V}$	$428 \text{ V} < 600 \text{ V} \checkmark$
Vmp mínima a $70 \text{ }^\circ\text{C}$	$8 \times 36,2 \text{ V}$	$290 \text{ V} > 90 \text{ V} \checkmark$
Vmp en STC	$8 \times 41,2 \text{ V}$	330 V , dentro del MPPT $\checkmark$
Corriente	11,6 A	$< 16 \text{ A} \checkmark$

11.4 Cables y protecciones

- **Continua:** 25 m con 4 mm^2 . Caída = $2 \times 25 \times 10,9 / (48 \times 4) = 2,84 \text{ V} \rightarrow 0,86 \text{ } \%$ de 330 V.
- **Alterna:** corriente nominal = $3000 / 230 = 13 \text{ A}$. Con 4 mm^2 y 10 m, caída = $2 \times 10 \times 13 / (48 \times 4) = 0,68 \text{ V} \rightarrow 0,30 \text{ } \%$.
- Caída total = $1,16 \text{ } \% < 1,5 \text{ } \% \checkmark$.
- Protecciones: seccionador DC integrado, magnetotérmico de 20 A curva C, diferencial según el manual del inversor, descargador de sobretensiones AC y conexión a la tierra de la vivienda. Con un solo string no se necesitan fusibles gPV.

11.5 Balance energético y económico

Concepto	Valor estimado
Producción anual	5580 kWh
Energía autoconsumida (directa + batería, ~60 %)	3350 kWh
Excedentes compensados	2230 kWh
Ahorro por autoconsumo	$3350 \times 0,20 = 670 \text{ €}$
Ahorro por compensación	$2230 \times 0,06 = 134 \text{ €}$
Ahorro anual total	$\approx 800 \text{ €}$
Inversión llave en mano (supuesta)	7500 € con IVA

Concepto	Valor estimado
Deducción IRPF 2026 (10 % sobre base máxima de 5000 €)	500 €
Retorno simple	$(7500 - 500) / 800 \approx 8,8$ años

El ahorro por compensación nunca puede superar el término de energía de cada factura mensual; en verano parte de los excedentes puede no compensarse. Un monedero o batería virtual de la comercializadora puede aprovechar ese sobrante, según la oferta.

11.6 Planificación de la obra

1. Día 1, mañana: montaje de protección colectiva, replanteo y ganchos.
2. Día 1, tarde: perfiles y módulos; cableado del string con crimpado y etiquetado.
3. Día 2, mañana: inversor, batería, cuadro de protecciones y vatímetro.
4. Día 2, tarde: pruebas según el capítulo 8, puesta en marcha y configuración de la app.
5. Días siguientes: CIE, inscripción en el registro y entrega de la documentación al cliente.

Ejercicio del capítulo 11

Repite el caso con tu propia vivienda: consulta tus facturas, calcula la producción en PVGIS, elige módulos e inversor reales, comprueba el string y estima el retorno.

Capítulo 12. Evaluación final, soluciones y glosario

Si aciertas al menos 8 de las 10 preguntas del test y resuelves bien los cálculos de los capítulos 4 y 6, dominas los fundamentos del curso.

12.1 Test final

1. ¿Qué magnitud del módulo manda en el cálculo del número máximo de módulos en serie? a) I_{sc} b) V_{oc} c) I_{mp}
2. Con frío, la tensión de un módulo: a) baja b) sube c) no cambia
3. ¿Qué protección es prioritaria en un trabajo en cubierta? a) arnés b) protección colectiva c) casco
4. Un ratio DC/AC habitual es: a) 0,8 b) 1,2 c) 2,0
5. En chapa grecada se fija en: a) el valle b) la cresta c) indistintamente

6. La caída de tensión máxima entre generador y red según la ITC-BT-40 es: a) 1,5 % b) 3 % c) 5 %
7. Los fusibles gPV suelen ser necesarios a partir de: a) 1 string b) 2 strings c) 3 strings en paralelo
8. La norma de pruebas de puesta en marcha es: a) UNE-EN IEC 62446-1 b) ISO 9001 c) UNE 157001
9. La compensación simplificada puede descontar: a) toda la factura b) solo el término de energía c) solo el término de potencia
10. Un error de aislamiento con rocío matinal apunta a: a) humedad en conectores o cables b) sombra c) red alta

Respuestas: 1-b, 2-b, 3-b, 4-b, 5-b, 6-a, 7-c, 8-a, 9-b, 10-a.

12.2 Soluciones de los ejercicios

Capítulo 1. (1) $41,2 \times 10,9 \approx 449$ W. (2) 5,2 HSP. (3) La tensión del silicio sube cuando baja la temperatura. (4) En serie circula la misma corriente; la célula sombreada la limita para todas, salvo lo que salven los diodos de bypass.

Capítulo 2. (1) Módulos → cableado y protecciones DC → inversor → protecciones AC → cuadro → contador. (2) Con sombras parciales o varias orientaciones. (3) La tensión máxima de entrada. (4) Las tolerancias no casan y aparecen calentamientos; además se pierde la garantía.

Capítulo 3. (1) La continua no pasa por cero y el arco no se extingue solo. (2) Primero la protección colectiva (andamio perimetral o plataforma); el arnés es el último recurso. (3) Desconectar, bloquear, verificar, poner a tierra y en cortocircuito, señalar. (4) Parar: puede contener amianto; solo una empresa RERA puede manipularla, y nunca se pisa sin pasarelas.

Capítulo 4. (1) $5 \times 4,8 \times 365 \times 0,8 = 7008$ kWh. (2) V_{oc} a -10 °C = $49,5 \times 1,0945 = 54,2$ V; $1000 / 54,2 = 18,5 \rightarrow 18$ módulos. (3) El inversor no puede seguir el MPP y produce menos o se para. (4) Los excedentes se valoran mucho menos que la energía autoconsumida y la compensación tiene un tope mensual.

Capítulo 5. (1) La succión del viento es mayor en bordes y esquinas. (2) En la cresta, para no perforar por donde corre el agua. (3) Puede romperse el vidrio y se anula la garantía. (4) Pedir un informe de capacidad portante y comprobar si hay amianto.

Capítulo 6. (1) $S = 2 \times 30 \times 11 / (48 \times 3,8) = 3,6 \text{ mm}^2 \rightarrow 4 \text{ mm}^2$. (2) Con tres o más strings en paralelo por MPPT. (3) Para reducir el área del bucle y las sobretensiones inducidas. (4) En el cuadro general, aguas abajo del IGA, en un circuito independiente.

Capítulo 7. (1) Al sol directo, sin ventilación, junto a un dormitorio o sobre madera. (2) Unos 8 kWh útiles: cubre la noche y cabe en el excedente diario. (3) El inversor lee importación como exportación: antivertido y datos fallan. (4) El autoconsumo maximiza el ahorro diario; el respaldo reserva energía para cortes de red.

Capítulo 8. (1) El tercer string tiene unos 37 V menos, un módulo: falta uno, está mal conectado o con un diodo en corto. (2) Es la secuencia habitual de los fabricantes: el inversor verifica la red antes de recibir la continua. (3) UNE-EN IEC 62446-1. (4) Memoria técnica, esquema unifilar, CIE, protocolo de pruebas, fichas y garantías.

Capítulo 9. (1) Con excedentes acogida a compensación simplificada, para rentabilizar el vertido. (2) Permiso municipal, memoria, ejecución, CIE, registro autonómico, contrato y compensación, contador. (3) El 10 % de una base máxima de 5000 €: 500 €. (4) El instalador habilitado de la empresa instaladora.

Capítulo 10. (1) Puede dañar juntas y sellados y provocar microfisuras por choque térmico. (2) Humedad en un conector o un cable dañado. (3) Más de unos 600 W/m², cielo despejado y la instalación produciendo. (4) Respuesta abierta: usa la tabla 10.1.

12.3 Glosario

Término	Definición
Antivertido	Sistema que impide inyectar energía a la red
BMS	Sistema de gestión que protege y controla la batería
CIE	Certificado de instalación eléctrica firmado por el instalador habilitado
Compensación simplificada	Descuento en factura de la energía vertida a la red
Diodo de bypass	Diodo del módulo que deriva la corriente si una zona está sombreada
HSP	Horas solares pico: horas equivalentes a 1000 W/m ²
MPPT	Seguidor del punto de máxima potencia del inversor

Término	Definición
PID	Degradación inducida por potencial, pérdida de rendimiento por tensión entre células y marco
PR	Performance ratio: relación entre producción real y teórica
PVGIS	Herramienta gratuita de la Comisión Europea para calcular producción solar
STC	Condiciones estándar de ensayo: 1000 W/m ² , 25 °C, AM 1,5
String	Conjunto de módulos conectados en serie
Voc / Isc	Tensión de circuito abierto / corriente de cortocircuito

Fuentes

- [Agencia Tributaria: novedades tributarias del RDL 7/2026](#)
- [MITECO: proyecto de modificación del autoconsumo y almacenamiento distribuido](#)

Contraportada

CURSO DE INSTALADOR DE PANELES SOLARES

Cada tejado soleado es una central eléctrica esperando a alguien que sepa montarla bien. Este manual te acompaña desde la célula de silicio hasta la entrega de una instalación legalizada, con el rigor de un técnico y el lenguaje de un compañero de obra.

En sus páginas aprenderás a:

- Entender cómo funciona un sistema fotovoltaico y leer cualquier ficha técnica.
- Trabajar en cubierta y en corriente continua con seguridad.
- Dimensionar strings, cables, inversores y baterías con cálculos resueltos paso a paso.
- Montar estructuras estancas y duraderas sobre teja, chapa o cubierta plana.
- Poner en marcha, medir y documentar según la norma UNE-EN IEC 62446-1.
- Legalizar el autoconsumo en España y aprovechar los incentivos vigentes.
- Mantener la instalación y diagnosticar averías con método.

Incluye ejercicios en cada capítulo, un caso práctico completo de vivienda, test final con soluciones y glosario.

Un buen instalador no se mide por los paneles que coloca, sino por los años que funcionan sin que nadie tenga que volver a subir al tejado.

Marlon Falcón Hernández · Edición 2026 · Valencia

CURSO DE INSTALADOR DE PANELES SOLARES

Cada tejado soleado es una central eléctrica esperando a alguien que sepa montarla bien.

Este manual te acompaña desde la célula de silicio hasta la entrega de una instalación legalizada, con el rigor de un técnico y el lenguaje de un compañero de obra.

En sus páginas aprenderás a:

- Entender cómo funciona un sistema fotovoltaico y leer cualquier ficha técnica.
- Trabajar en cubierta y en corriente continua con seguridad.
- Dimensionar strings, cables, inversores y baterías con cálculos resueltos.
- Montar estructuras estancas sobre teja, chapa o cubierta plana.
- Poner en marcha, medir y documentar según la UNE-EN IEC 62446-1.
- Legalizar el autoconsumo en España y aprovechar los incentivos vigentes.
- Mantener la instalación y diagnosticar averías con método.

Incluye ejercicios en cada capítulo, un caso práctico completo de vivienda, test final con soluciones y glosario.

Un buen instalador no se mide por los paneles que coloca, sino por los años que funcionan sin que nadie tenga que volver a subir al tejado.