



**POLITÉCNICA**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y DISEÑO INDUSTRIAL**

**Ingeniería Técnica Industrial  
Especialidad en Electrónica Industrial**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**Diseño de INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE VIVIENDA  
UNIFAMILIAR PARA AUTOCONSUMO CONECTADA A RED EN  
YUNCOS**

**Autor: JOSÉ GALLARDO CALDERÓN**

**Tutor: César Domínguez Domínguez**

**Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Automática y  
Física Aplicada**

**Madrid, JULIO, 2.017**

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VI</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
1.1. FINALIDAD DEL PROYECTO.....	8
1.2. ALCANCE DEL PROYECTO.....	9
<b>CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>10</b>
2.1. INTRODUCCIÓN.....	10
2.2. ENERGÍAS RENOVABLES.....	12
2.3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	14
2.3.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL MUNDO.....	15
2.3.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA.....	18
2.4. EFECTO FOTOELÉCTRICO Y CÉLULA FOTOELÉCTRICA.....	22
2.5. RADIACIÓN SOLAR (IRRADIANCIA).....	25
<b>CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>27</b>
3.1. INTRODUCCIÓN A UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	27
3.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	29
3.3. INVERSOR.....	33
3.4. ESTRUCTURA DE SOPORTE.....	37
3.5. PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	38
3.5.1. PUESTA A TIERRA.....	39
3.5.2. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN.....	40
3.5.3. EQUIPO DE MEDIDA.....	41
3.5.4. CABLEADO DE INTERCONEXIÓN.....	41
3.5.5. FACTORES DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS.....	42
<b>CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>47</b>
4.1. EMPLAZAMIENTO.....	47
4.2. GENERADOR FOTOVOLTAICO (FV).....	49
4.2.1. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS PANELES.....	50
4.2.2. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE MÓDULOS.....	51
4.3. INVERSOR.....	52
4.3.1. TENSIÓN Y CORRIENTE EN EL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA.....	52
4.3.2. CORRECCIÓN DE TENSIÓN Y CORRIENTE DEBIDAS A LA TEMPERATURA.....	52
4.3.3. ELECCIÓN DEL INVERSOR.....	56
4.4. CABLEADO.....	60

4.4.1. CABLEADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO E INVERSOR.....	60
4.4.2. CABLEADO DE PROTECCIÓN.....	64
4.4.3. CANALIZACIÓN DEL CABLEADO.....	66
4.5. PROTECCIONES.....	67
4.5.1. PROTECCIONES DE CONTINUA.....	68
4.5.1.1. MÓDULOS SOLARES -> CAJA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	68
4.5.1.2. CAJA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO -> INVERSOR.....	71
4.5.2. PROTECCIONES DE ALTERNA.....	74
4.5.3. CAJA DE PROTECCIONES.....	77
4.6. EQUIPO DE MEDIDA (CONTADOR).....	78
4.7. ESTRUCTURA SOPORTE.....	79
<b>CAPÍTULO 5. ESTUDIO ENERGÉTICO.....</b>	<b>81</b>
5.1. INTRODUCCIÓN.....	81
5.2. RECURSO SOLAR Y MODELO ENERGÉTICO.....	82
5.3. PÉRDIDAS.....	84
5.4. RENDIMIENTO ENERGÉTICO.....	85
5.4.1. RENDIMIENTO ENERGÉTICO.....	85
5.4.2. RENDIMIENTOS FINALES.....	86
5.4.3. ÍNDICES DE RENDIMIENTO.....	87
<b>CAPÍTULO 6. PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>88</b>
6.1. OBJETO.....	88
6.2. GENERALIDADES.....	89
6.3. DEFINICIONES.....	91
6.4. DISEÑO.....	93
6.4.1. GENERALIDADES.....	93
6.4.2. SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS.....	93
6.4.3. ESTRUCTURA SOPORTE.....	94
6.4.4. INVERSORES.....	96
6.4.5. CABLEADO.....	97
6.4.6. CONEXIÓN A RED.....	98
6.4.7. MEDIDAS.....	98
6.4.8. PROTECCIONES.....	98
6.4.9. PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.....	98
6.4.10. ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	98
6.5. RECEPCIÓN Y PRUEBAS.....	99
6.6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	101
6.7. IMPACTO AMBIENTAL DE LA INSTALACIÓN.....	103
6.7.1. IMPACTO DEBIDO AL FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	103
6.7.2. IMPACTO DEBIDO A LA FABRICACIÓN DE LOS COMPONENTES.....	103
6.7.3. EMISIONES EVITADAS POR EL USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	104
<b>CAPÍTULO 7. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....</b>	<b>106</b>
7.1. OBJETO.....	106

7.2. ALCANCE.....	107
7.3. MEMORIA INFORMATIVA.....	108
7.3.1. METODOLOGÍA.....	108
7.3.2. DATOS DE LA OBRA Y ANTECEDENTES.....	108
7.3.3. TIPO DE TRABAJOS.....	109
7.3.4. MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES.....	109
7.4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN GENERALES.....	111
7.4.1. SEÑALIZACIÓN.....	111
7.4.2. ILUMINACIÓN.....	112
7.4.3. SEÑALES ÓPTICO-ACÚSTICAS DE VEHÍCULOS DE OBRA.....	113
7.4.4. CIRCULACIÓN Y ACCESOS A LA OBRA.....	114
7.4.5. PROTECCIONES COLECTIVAS.....	114
7.4.6. PROTECCIONES PERSONALES.....	115
7.4.7. FORMACIÓN DEL PERSONAL SOBRE RIESGOS LABORALES.....	116
7.5. RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.....	117
7.5.1. ACOPIO, ARMADO E IZADO DE ESTRUCTURAS Y PANELES.....	117
7.5.1.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	117
7.5.1.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.....	117
7.5.2. MANEJO MANUAL DE CARGAS.....	119
7.5.2.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	119
7.5.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.....	119
7.5.3. UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA DE IZADO: GRÚAS MÓVILES.....	119
7.5.3.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	119
7.5.3.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.....	120
7.5.4. CUADROS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	121
7.5.4.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	121
7.5.4.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.....	121
7.5.5. ESTRUCTURAS.....	121
7.5.5.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	121
7.5.5.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.....	121
7.5.6. BALIZAMIENTO E INSTALACIÓN DE PROTECCIONES.....	122
7.5.6.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	122
7.5.6.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.....	122
7.5.7. TRABAJO EN ALTURA EN ACCESORIOS.....	123
7.5.7.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	123
7.5.7.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.....	123
7.6. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR.....	126
7.6.1. COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD.....	126
7.6.2. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	127
7.7. OBLIGACIONES DE LOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.....	129
7.8. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS.....	130
7.9. LIBRO DE INCIDENCIAS.....	131
7.10. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	132
7.11. DERECHO DE LOS TRABAJADORES.....	133

7.12. PRIMEROS AUXILIOS Y VIGILANCIA DE LA SALUD.....	134
7.13. PLAN DE EMERGENCIA.....	136
7.13.1. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE.....	136
7.13.2. LUCHA CONTRA INCENDIOS.....	136
7.13.3. EVACUACIÓN DE LOS TRABAJADORES.....	136
7.14. NORMATIVA APLICABLE RELATIVA A SEG. Y SALUD.....	137
<b>CAPÍTULO 8. ESTUDIO ECONÓMICO.....</b>	<b>139</b>
8.1. INTRODUCCIÓN.....	139
8.2. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN.....	140
8.2.1. RECURSOS.....	141
8.2.2. PRECIOS UNITARIOS.....	142
8.2.3. SUMAS PARCIALES.....	143
8.2.4. INSTALACIÓN Y OBRA CIVIL.....	144
8.2.5. PRESUPUESTO TOTAL.....	144
8.3. ANÁLISIS FINANCIERO.....	145
<b>CAPÍTULO 9. PLANOS.....</b>	<b>146</b>
9.1. INTRODUCCIÓN.....	146
9.2. DISPOSICIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	147
9.3. DISPOSICIÓN INVERSOR Y CAJA GENERAL DE PROTECCIONES.....	148
9.4. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN.....	149
<b>CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>150</b>
10.1. CONCLUSIONES.....	150
10.2. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	151
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO A. CATÁLOGO DE ELEMENTOS.....</b>	<b>154</b>
A.1. PANELES FOTOVOLTAICOS.....	155
A.2. INVERSOR.....	168
A.3. CONTADOR.....	172
A.4. CABLEADO.....	174
A.5. TUBOS PROTECCIÓN CABLEADO.....	180
A.6. BANDEJA AISLANTE CANALIZACIÓN CABLEADO.....	181
A.7. ESTRUCTURA SOPORTE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	187
A.8. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN.....	189
A.9. FUSIBLES Y PORTAFUSIBLES.....	191
A.10. PROTECCIONES DE CORRIENTE CONTINUA.....	201
A.11. PROTECCIONES DE CORRIENTE ALTERNA.....	215
<b>ANEXO B. SIMULACIÓN SISIFO.....</b>	<b>229</b>

# RESUMEN

Este proyecto trata sobre el diseño completo de una instalación de generación eléctrica de una potencia nominal de 5 kW mediante paneles fotovoltaicos. Dichos paneles irán situados sobre la cubierta de una vivienda situada en la localidad de Yuncos, en la provincia de Toledo. La energía producida será autoconsumida, sin acumulación y se evitará el vertido a la red eléctrica de baja tensión (inyección cero).

Se aplica la normativa vigente en territorio español al respecto a través de:

- el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia,
- y principalmente, a través del Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo,

la cual establece la ausencia de peajes para las instalaciones domésticas de hasta 10 kW sin acumuladores de energía eléctrica (baterías) instalados y sin vertido a la red.

A la hora de diseñar la instalación, se han seguido varios criterios básicos que se reflejan en el resultado final de ésta. Los criterios más importantes han sido:

1. Potencia nominal menor de 10 kW.
2. Modularidad de la instalación.
3. Sobredimensionamiento del generador fotovoltaico frente al inversor (cerca a 1,4).
4. Ramas equilibradas en cuanto al cálculo eléctrico y al cálculo estructural.

Se eligieron paneles fotovoltaicos de células de silicio monocristalino de alta eficiencia (21,5 %) y de una potencia pico de 345 Wp. Aunque su coste es algo mayor que el de los paneles de silicio convencionales, permiten al usuario maximizar la energía generada para el espacio de instalación disponible.

En cuanto al inversor, se optó por instalar una unidad de 5 kW de potencia nominal y que dispone dos seguidores de PPM, lo cual permite poder conectar dos ramas de forma independiente, optimizando así el funcionamiento de las mismas debido a los posibles efectos diferentes de sombreado y/o irradiancia que soporte cada una en un mismo momento.

El esquema eléctrico, resultante de aplicar todos los criterios de diseño más las limitaciones que impone el inversor en cuanto a los parámetros de entrada a éste, consiste en dos ramas en paralelo, con diez paneles fotovoltaicos en serie cada una de ellas. Esto supone un total de veinte paneles y una potencia pico instalada de 6,9 kWp.

Los paneles van situados en la cubierta de la vivienda, la cual está inclinada a dos aguas con una inclinación de 20° y más exactamente, irán situados en las cubiertas orientadas al sur y estarán distribuidos de forma que se evite, en la forma de lo posible, los efectos de sombreado debido a la propia forma geométrica de la cubierta: dieciséis en la cubierta central y dos en cada cubierta lateral.

La estructura de este proyecto se compone de los siguientes capítulos:

Capítulo 1. Introducción.

Capítulo 2. Tecnología Solar Fotovoltaica: Introducción a la tecnología empleada por este generador y su situación en el mercado nacional e internacional, así como conceptos físicos que dan lugar a la generación de energía eléctrica a partir de la energía solar.

Capítulo 3. Descripción de un Sistema Solar Fotovoltaico: Donde se explica en qué partes se compone este tipo de instalaciones y las pérdidas energéticas presentes en el mismo.

Capítulo 4. Descripción de la Instalación: Aquí se detallan las características técnicas de la misma y se justifican, con argumentos técnicos, el empleo de los componentes que forman el sistema.

Capítulo 5. Estudio Energético: Simulación de la previsión de comportamiento del sistema gracias a la herramienta para generadores fotovoltaicos, "SISIFO".

Capítulo 6. Pliego de Condiciones: Donde se fijan las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red.

Capítulo 7. Estudio Básico de Seguridad y Salud: Con objeto de poder disminuir los riesgos de los accidentes de trabajo y enfermedades, así como disminuir sus consecuencias durante los trabajos de instalación.

Capítulo 8. Estudio Económico: Realización de los presupuestos de la obra civil para determinar la viabilidad y adecuación económica del proyecto.

Capítulo 9. Planos: Albergará los planos y esquemas más representativos de la instalación solar fotovoltaica proyectada.

Capítulo 10. Conclusiones.

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

## **1.1. FINALIDAD DEL PROYECTO**

Este proyecto consiste en el diseño de una instalación fotovoltaica de potencia nominal de 5 kW situada en la cubierta de vivienda unifamiliar ya existente. El cometido de dicha instalación es reducir el consumo de energía eléctrica proveniente de la red comercial. En él se estudia la viabilidad de una instalación de este tipo con las presentes condiciones tecnológicas y económicas.



## 1.2. ALCANCE DEL PROYECTO

En primer lugar, se exponen los aspectos más importantes de la tecnología fotovoltaica, su crecimiento en los últimos años y la situación actual en cuanto a normativa y penetración. Se estudia el caso concreto de una vivienda unifamiliar en la provincia de Toledo con características constructivas que la hacen idónea para este tipo de instalación. Se analizan, entre otros, los siguientes aspectos:

- Funcionamiento de la tecnología fotovoltaica.
- El cálculo de la radiación disponible y previsión de energía generada.
- Los componentes de la instalación.
- El cálculo eléctrico (aparamenta, esquema eléctrico, cableado, etc.).
- La distribución física de los elementos.
- Estudio económico.

Se trata, por tanto, de estudiar la realidad de los proyectos de energía fotovoltaica desde el caso concreto de una instalación sobre una cubierta de una vivienda unifamiliar. Se incluyen también documentos relativos a la construcción y puesta en marcha de la instalación, como son el Pliego de Condiciones y el Estudio Básico de Seguridad y Salud.

# CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA SOLAR

## FOTOVOLTAICA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

El modelo de desarrollo económico actual, basado en el uso intensivo de recursos energéticos de origen fósil, provoca impactos medioambientales negativos y desequilibrios socioeconómicos que obligan a definir un nuevo modelo de desarrollo sostenible.

El concepto de desarrollo sostenible fue acuñado por el Informe Brundtland, en 1987, como "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades". En definitiva, el desarrollo sostenible es aquel que trata de garantizar tres objetivos principales de manera simultánea: el crecimiento económico, el progreso social y el uso racional de los recursos.

Parece impensable un mundo futuro en el cual aparezcan carencias del tipo energético, como por ejemplo falta de suministro eléctrico, sobre todo si nos fijamos en lo presente que está la energía eléctrica en la actualidad. Nuestra visión para el futuro es que todos los países que están aún por desarrollar lleguen a un estatus similar a la de los países ya desarrollados con la utilización de los recursos disponibles en su entorno y además, que los países que llamamos desarrollados, controlen de alguna manera la forma de gestionar dichos recursos para que otros puedan utilizarlos en el futuro.

Resulta evidente, que el nivel de consumo actual de los países desarrollados no permite asegurar el abastecimiento futuro de energía ni facilita el acceso a la energía de los países en desarrollo.

Entre las políticas que pueden articularse para asegurar la sostenibilidad del modelo energético, la política de fomento de las energías renovables se cuenta entre las principales.

Para asegurar dicha sostenibilidad y el desarrollo sostenible, se elaboró un convenio marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático que acabó en la elaboración del conocido Protocolo de Kioto, cuyos objetivos son tres; conseguir reducciones de emisiones al coste más efectivo posible, facilitar a los países desarrollados el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones y apoyar el desarrollo sostenible de los países en desarrollo a través de la transferencia de tecnologías limpias. Posteriormente, se ha refrendado recientemente con el Acuerdo de París, donde se acordó reducir las emisiones de carbono "lo antes posible" y hacer todo lo posible para mantener el calentamiento global "muy por debajo de 2 °C".

### 2.2. ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la luz del sol, son buenos ejemplos de ello.

Con el invento de la máquina de vapor por James Watt, se van abandonando estas formas de aprovechamiento, por considerarse inestables en el tiempo y caprichosas y se utilizan cada vez más los motores térmicos y eléctricos, en una época en que el todavía relativamente escaso consumo, no hacía prever un agotamiento de las fuentes ni otros problemas ambientales que mas tarde se presentaron.

Hacia la década de años 70, las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón, fueron llamadas energías alternativas. Actualmente muchas de estas energías son una realidad, no una alternativa, por lo que el nombre de alternativas ya no debe emplearse.

La principal ventaja de este tipo de energías es que son energías ecológicas, es decir, este tipo de energías son distintas a las de combustibles fósiles o centrales nucleares debido a su diversidad y abundancia. Se considera que el sol abastecerá estas fuentes de energía (radiación solar, viento, lluvia, etc.) durante los próximos cuatro mil millones de años. La primera ventaja de una cierta cantidad de fuentes de energía renovables es que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles, sean fósiles o renovables. Algunas fuentes renovables no emiten dióxido de carbono adicional, salvo los necesarios para su construcción y funcionamiento, y no presentan ningún riesgo suplementario, tales como el riesgo nuclear.

Pero debemos tener en cuenta que este tipo de energías no carecen de inconvenientes, los más dignos de mención son: Su naturaleza difusa, puesto que ciertas fuentes de energía renovable proporcionan una energía de una intensidad relativamente baja, distribuida sobre grandes superficies, son necesarias nuevos tipos de "centrales" para convertirlas en fuentes utilizables. Y la irregularidad, la producción de energía eléctrica permanente exige fuentes de alimentación fiables o medios de almacenamiento. Así pues, debido al elevado coste del almacenamiento de la energía, un pequeño sistema autónomo resulta raramente económico, excepto en situaciones aisladas, como cuando la conexión a la red de energía implica costes más elevados.

En España, actualmente casi un 45 % de la energía producida por los consumidores es producida por energías renovables de las cuales, las mas importantes son la eólica y la hidráulica. Donde la producción solar está bastante por debajo respecto a otros métodos, a pesar de ser nuestro país uno de los que tiene más horas de radiación solar al año en el continente europeo.

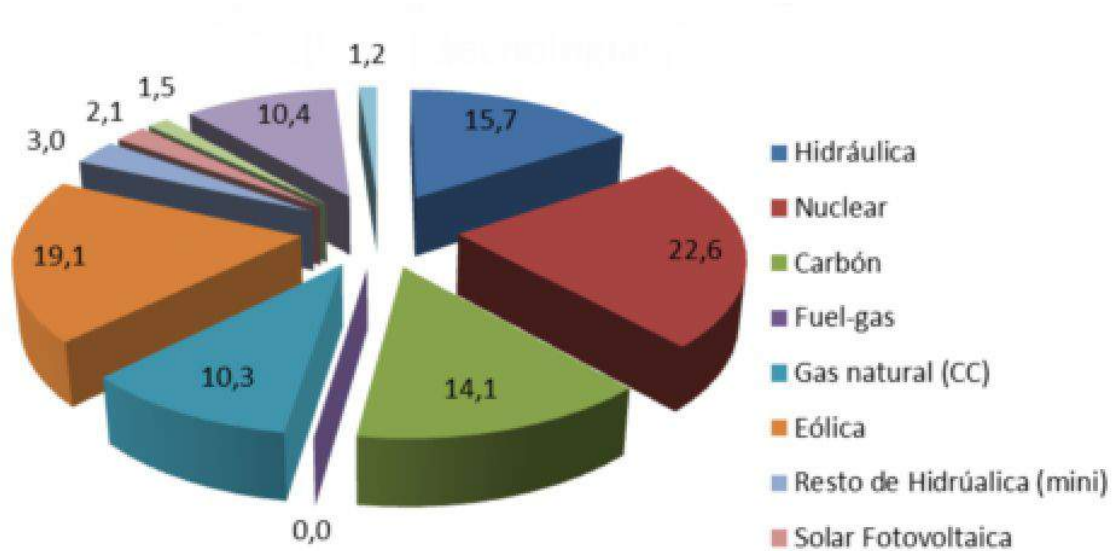


Figura 2.1: Origen de la generación eléctrica en el mundo (por tecnologías)

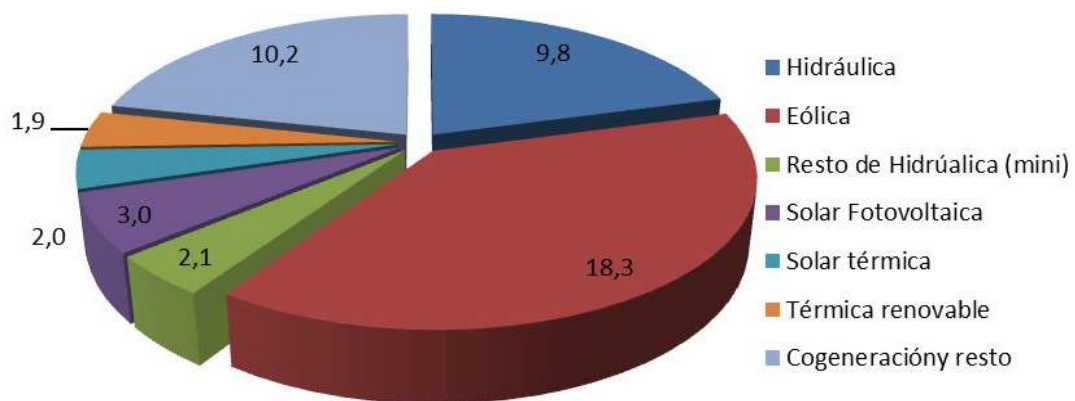


Figura 2.2: Origen de la generación renovable en el mundo

### 2.3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos, estas superficies son células formadas por una o varias láminas de materiales semiconductores, en la mayoría de los casos silicio, y recubiertas por un vidrio transparente que deja pasar la radiación solar y minimiza las pérdidas. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial.

Las células se agrupan en módulos para su integración en sistemas fotovoltaicos. Los módulos tienen una vida estimada de 30 años y su rendimiento, después de 25 años, está por encima del 80 % y aun así, se continúa investigando para incrementar su eficiencia. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

Cuánto más intensa sea la luz solar, mayor será el flujo de electricidad. No es necesario un flujo de luz directa, la electricidad se produce, incluso, en días nublados, al amanecer y al anochecer.

Los módulos fotovoltaicos generan corriente continua y se convierten a corriente alterna por medio de un dispositivo eléctrico llamado "inversor". Posteriormente, la energía eléctrica producida pasa por un "centro de transformación", se adapta la electricidad a las condiciones de tensión e intensidad de las líneas de transporte para su consumo.

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo, hasta pequeños paneles para semáforos.

La energía solar fotovoltaica permite un gran número de aplicaciones, ya que puede suministrar energía en emplazamientos aislados de la red (viviendas aisladas, faros, postes SOS, bombeos, repetidores de telecomunicaciones, etc.) o mediante instalaciones conectadas a la red eléctrica, que pueden ser de pequeño tamaño (instalación en vivienda individual) o centrales de gran tamaño (en España existen proyectos de hasta 48 MW de potencia).

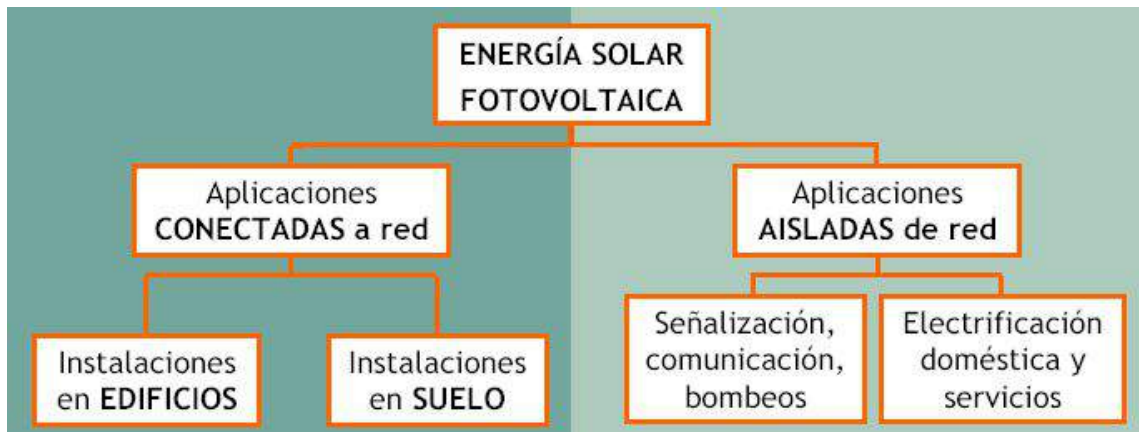


Figura 2.3: Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

Un punto importante que debemos destacar es que cada kWh generado con energía solar fotovoltaica evita la emisión a la atmósfera de aproximadamente 1 kg de CO<sub>2</sub>, en el caso de comparar con generación eléctrica con carbón, o aproximadamente, 4 kg de CO<sub>2</sub> en el caso de comparar con generación eléctrica con gas natural. Esto es de gran ayuda para la reducción de emisiones que se proponen en el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París citados anteriormente.

Presenta características peculiares entre las que se destacan:

- Elevada calidad energética.
- Pequeño o nulo impacto ecológico.
- Inagotable a escala humana.

### 2.3.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL MUNDO

El aprovechamiento de la energía solar nace de dos cuestiones fundamentales: es una fuente inagotable y gratuita, y existe una necesidad de electricidad creciente en el mundo (crece a un ritmo estable de un 3 % anual) a la vez que se buscan nuevos modelos de generación que sean respetuosos con el medio ambiente.

Por otro lado, la energía del sol es un recurso casi universal, incluso más abundante en zonas especialmente pobres como el continente africano, tal y como muestra la siguiente figura. De hecho, la energía solar se puede aprovechar incluso en zonas con relativamente poca radiación, como es el caso de Alemania, líder mundial en fotovoltaica en cuanto a potencia instalada.

## Capítulo 2

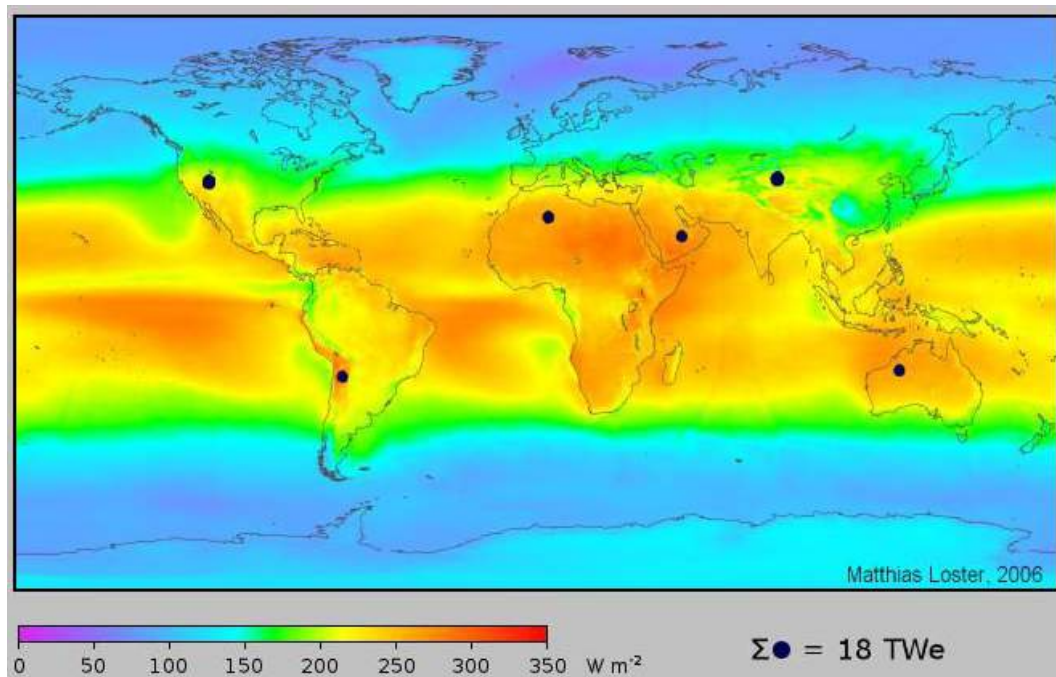


Figura 2.4: Distribución de la radiación solar en el mundo

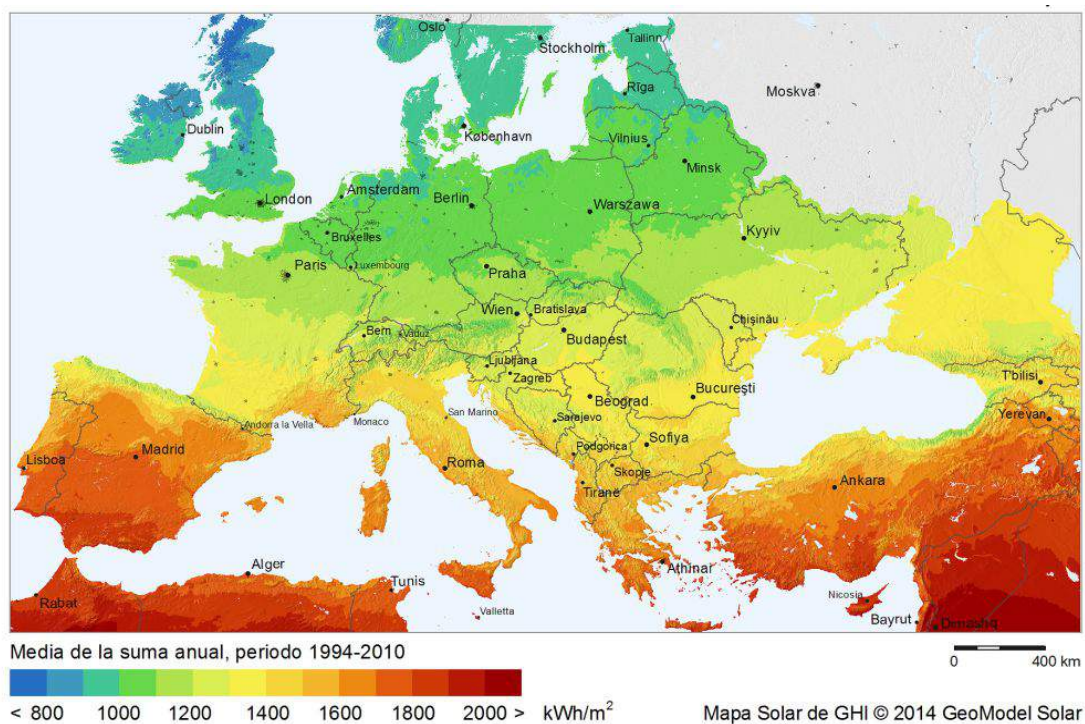


Figura 2.5: Distribución de la radiación solar en Europa

En los últimos años, el mercado global fotovoltaico ha venido alcanzando un fuerte crecimiento (en torno a un 20/25 %), además de un aumento continuo de la competitividad de los sistemas de energía solar fotovoltaica, que hacen que haya tenido uno de los desarrollos tecnológicos más vibrantes del panorama energético actual. A finales del año 2015, la industria, aplicaciones y mercados hicieron posible que se alcanzara el hito de instalar 50 GW de capacidad adicional (un 25 % por encima del 2014) y el aumento de la capacidad acumulativa instalada de 230 GW.



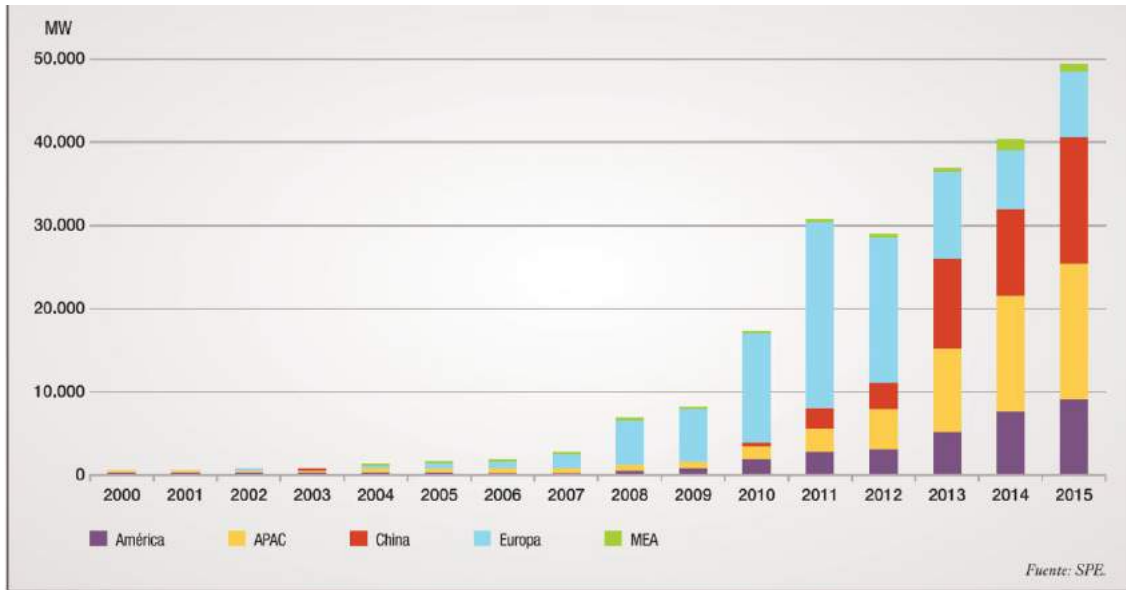


Figura 2.6: Evolución anual de las instalaciones fotovoltaicas mundiales

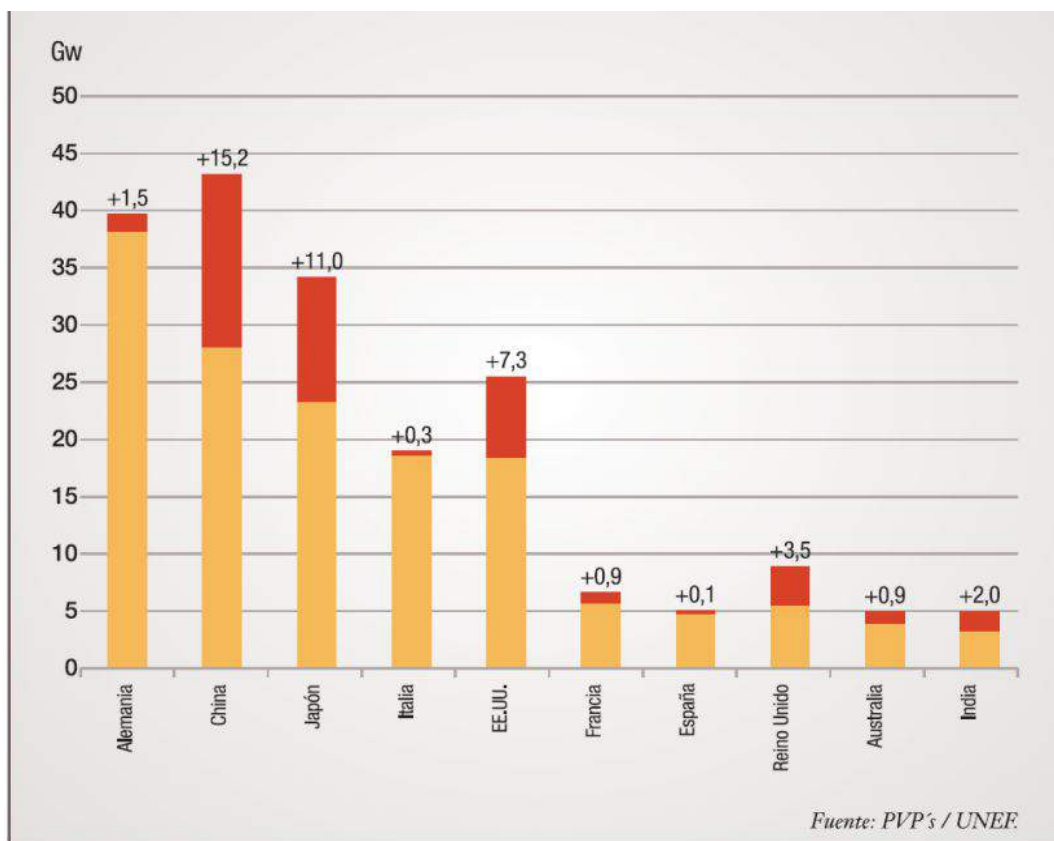


Figura 2.7: Evolución de la capacidad global instalada acumulada en el periodo 2000-2015

## Capítulo 2

### 2.3.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

El recurso solar es abundante en España, que dispone de condiciones muy adecuadas para la energía solar fotovoltaica, con áreas de alta irradiación. La situación respecto a otros países europeos como Alemania es comparativamente muy favorable.

La principal característica de este recurso es estar disponible en toda la superficie al mismo tiempo, estando no obstante condicionado por las sombras de elementos naturales y artificiales y por las particulares condiciones climáticas de cada área geográfica.

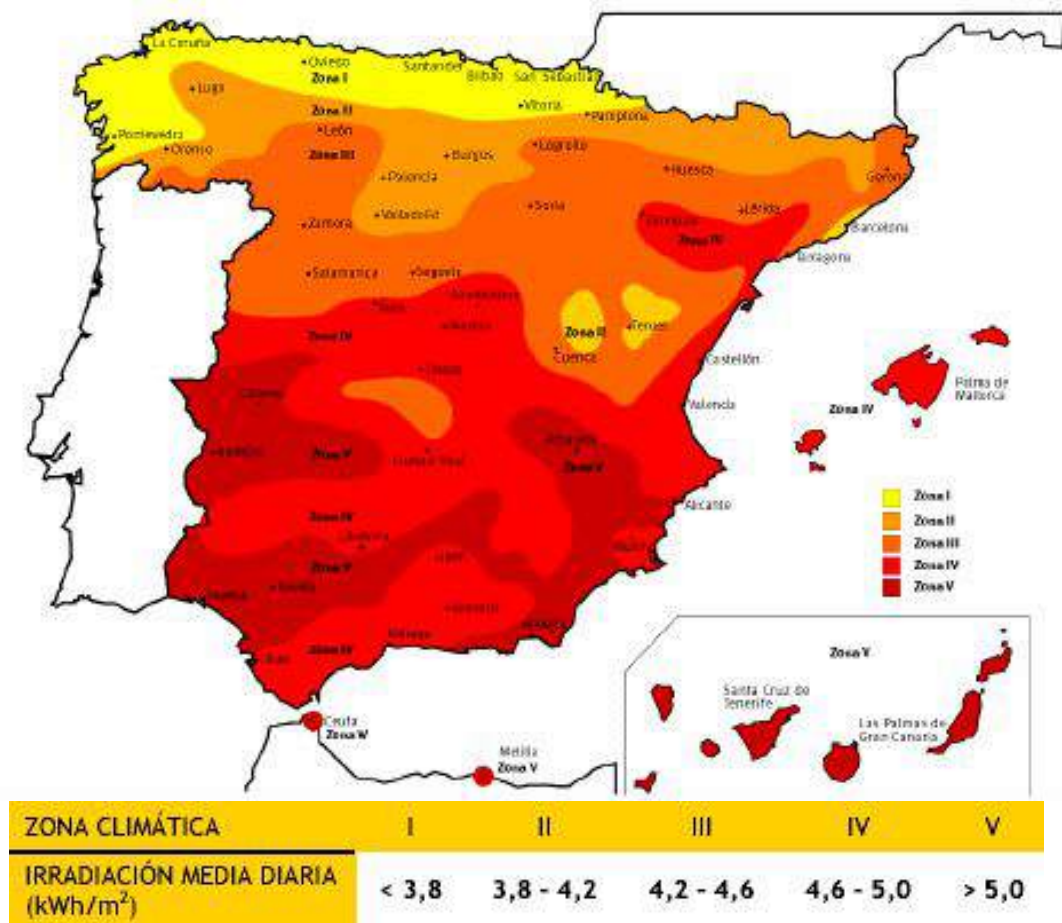


Figura 2.8: Recurso solar en España

Todo ello contribuyó a que España fuera inicialmente uno de los primeros países a nivel mundial en investigación, desarrollo y aprovechamiento de la energía solar. Gracias a una legislación favorable, España fue en 2008 uno de los países con más potencia fotovoltaica instalada del mundo, con 2.708 MW instalados en un sólo año.

Sin embargo, regulaciones legislativas posteriores frenaron la implantación de estas tecnologías. Estas modificaciones en la legislación del sector ralentizaron la construcción de nuevas plantas fotovoltaicas en años sucesivos, provocando que en el 2015 haya desaparecido del top 10 de los países más favorable a este tipo de energía.

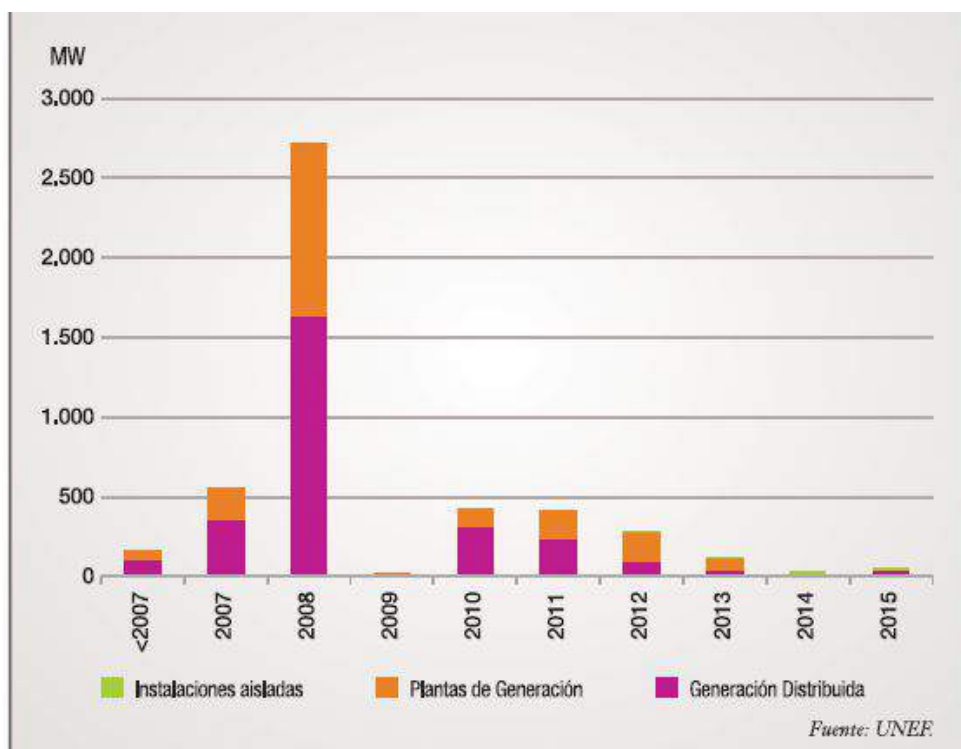


Figura 2.9: Potencia fotovoltaica instalada anual 2007-2015

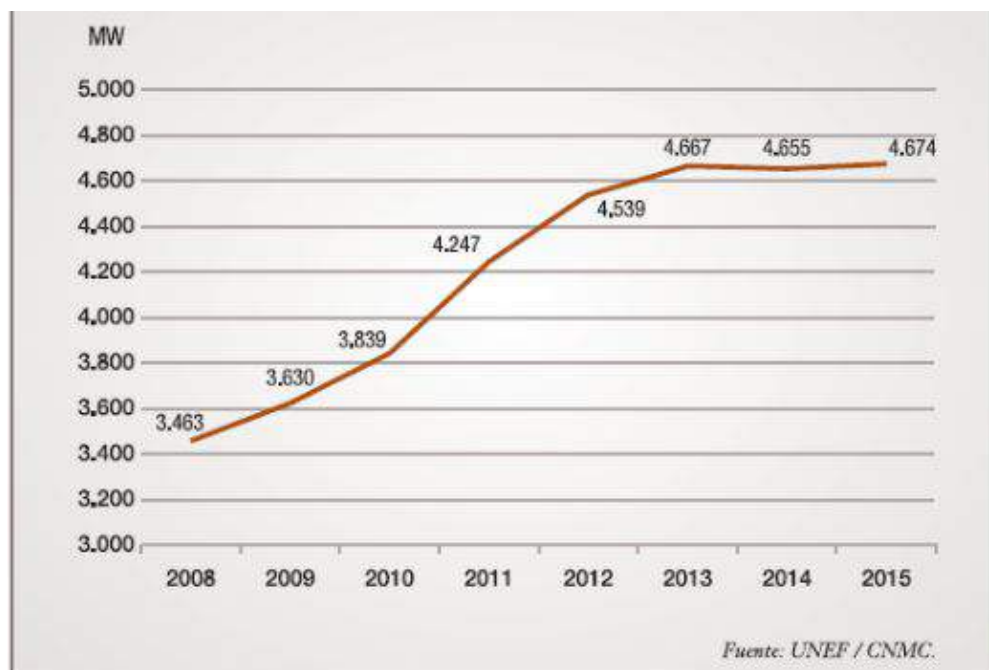


Figura 2.10: Potencia fotovoltaica instalada acumulada 2007-2015

Un sector incipiente que se está aprovechando de las ventajas de la energía fotovoltaica es el sector agrícola (el segundo mayor consumidor de energía eléctrica en España). A lo largo del 2015 se instalaron alrededor de 13 MW para instalaciones aisladas, correspondiendo la mayoría de ellas con instalaciones de bombeo (en sustitución de un grupo electrógeno).

## Capítulo 2

En el programa de planificación energética 2016-2020, elaborado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, se prevé un ligero incremento de la potencia fotovoltaica, que dista mucho de la potencialidad que podría alcanzar la tecnología fotovoltaica con una planificación ordenada.

Con motivo de alcanzar las exigencias medioambientales que se establecieron en la COP21 de París y lograr un sistema cada vez más independiente energéticamente, en el período 2016-2020 se va a reflejar un incremento considerable de la producción energética debida a las energías renovables y encabezando este grupo se encontrarán la energía solar fotovoltaica y la eólica.

	2013	2016	2020	VAR 2020/20131
CARBÓN	11.857	10.510	10.510	-1.347
PRODUCTOS PETROLÍFEROS	4.029	3.973	3.068	-961
GAS NATURAL	32.184	26.197	27.420	-4.764
NUCLEAR	7.429	7.895	7.895	466
<b>RENOVABLES</b>	<b>48.267</b>	<b>51.451</b>	<b>56.804</b>	<b>6.617-8.537</b>
HIDROELÉCTRICA	17.284	17.314	17.492	208
EÓLICA	23.006	25.579	29.479	4.553 – 6.473
SOLAR TERMOELÉCTRICA	2.300	2.300	2.511	2.11
<b>SOLAR FOTOVOLTAICA</b>	<b>4.660</b>	<b>5.226</b>	<b>6.030</b>	<b>1.370</b>
BIOMASA, BIOGAS	1.018	1.033	1.293	2.75
OTROS	2.677	4.152	4.202	1.525
<b>TOTAL</b>	<b>106.442</b>	<b>104.177</b>	<b>109.898</b>	<b>1033 - 3456</b>

Fuente: Red Eléctrica Española (REE)/UNEF.

Tabla 2.1: Planificación de la potencia instalada en España 2013-2020

En relación con las instalaciones conectadas a red, la "Secretaría de Estado de Energía del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD)" elaboró en 2015 un documento sobre la "Desarrollo de la Red de Transporte de Electricidad 2015-2020". Según el cual, está previsto que la energía solar fotovoltaica proporcione 9.840 GWh en el año 2020, sumando un aumento de 1.925 GWh desde el año 2013.

Suponiendo estos datos, se producirán unas emisiones de 74 Mton de CO<sub>2</sub>. Esta cantidad supone una disminución del 30 % de las emisiones si se compara con el mix eléctrico del año 2015, lo que sería verdaderamente positivo.

DEMANDA GWh	2013	2015	2020	VAR 2020/2013
HIDRÁULICA	33.970	29.680	30.220	-3.750
NUCLEAR	56.827	56.140	59.670	2.843
CARBÓN	39.807	45.030	44.690	4.883
FUEL-GAS	0	0	0	0
CICLOS COMBINADOS	25.091	32.030	49.790	24.699
<b>TOTAL</b>	<b>155.695</b>	<b>162.880</b>	<b>184.370</b>	<b>28.675</b>
RESTO HIDRÁULICA	7.099	6.140	6.620	-479
EÓLICA	54338	52.410	61.310	6.972
SOLAR FOTOVOLTAICA	7.915	8.140	9.840	1.925
SOLAR TERMOELÉCTRICA	4.442	6.560	6.560	2.118
TÉRMICA RENOVABLE	5.064	5.890	7.310	2.246
COGE+ RESTO TÉRMICA RENOVABLE	31.989	34.010	35.350	3.361
<b>TOTAL</b>	<b>110.846</b>	<b>113.150</b>	<b>126.990</b>	<b>16.144</b>
<b>TOTAL GENERACIÓN</b>	<b>266.542</b>	<b>276.030</b>	<b>311.360</b>	<b>44.818</b>

Fuente: MINETUR.

Tabla 2.2: Planificación de la demanda energética en España 2013-2020

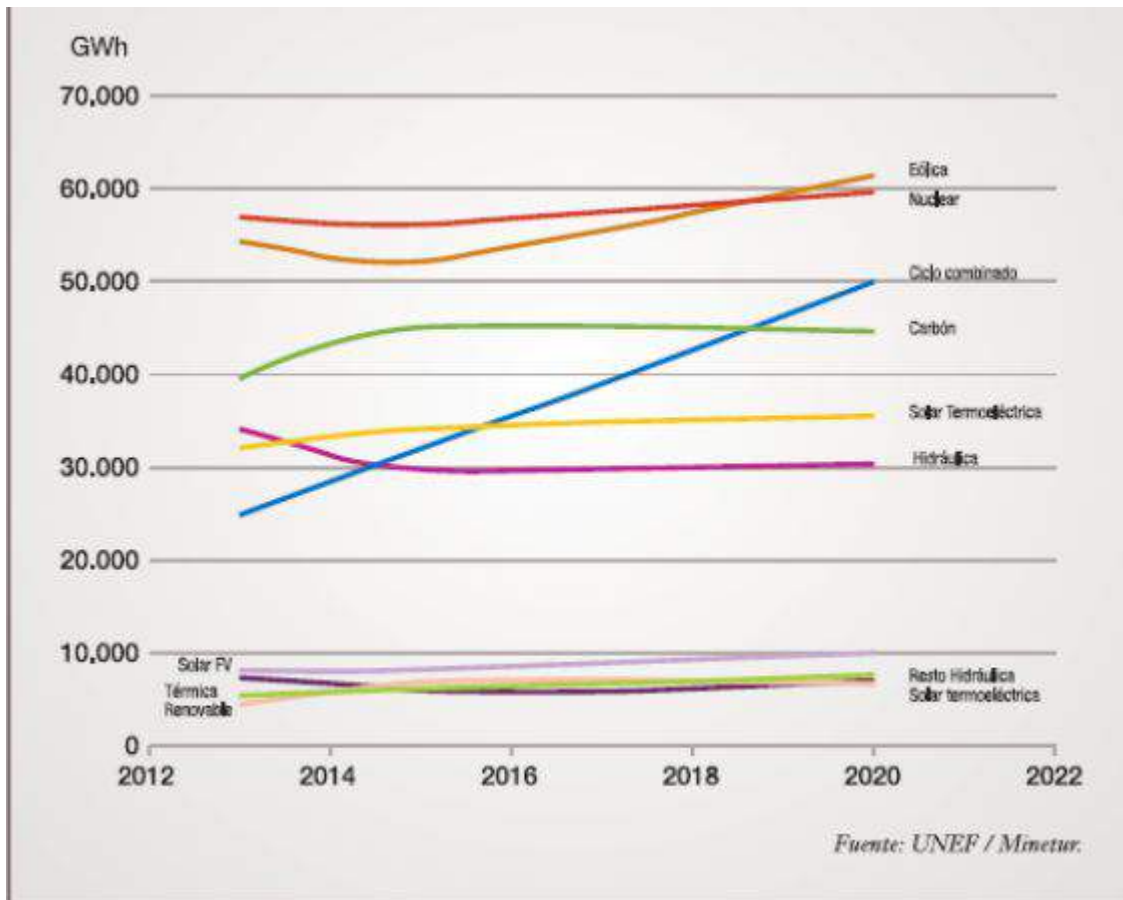


Figura 2.11: Planificación de la demanda energética en España 2013-2020



## 2.4. EFECTO FOTOELÉCTRICO Y CÉLULA FOTOELÉCTRICA

El principio de funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas está basado en el "efecto fotovoltaico" (FV), mediante el cual se transforma la energía radiante del sol en energía eléctrica. Este proceso de transformación se produce en un elemento semiconductor que se denomina célula fotovoltaica. Cuando la luz del sol incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido. La tecnología fotovoltaica consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor, generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.

El efecto fotovoltaico es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV, pueden ser reflejados, absorbidos, o pueden pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico.

Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentemente dopadas (tipo p y tipo n) y así crear un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en la otra. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Es por ello que estas células se fabrican a partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a bajas temperaturas y como conductores cuando se aumenta la energía.

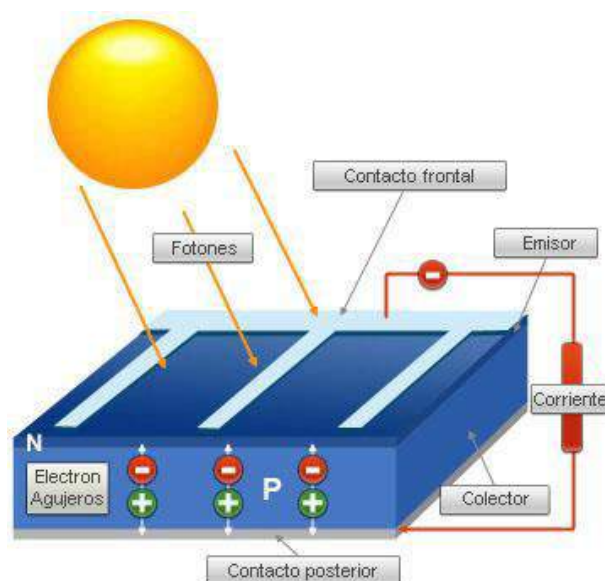


Figura 2.12: Célula fotovoltaica

Desdichadamente, no hay un tipo de material ideal para todos los tipos de células y aplicaciones. Además de los semiconductores, las células solares están formadas por: una malla metálica superior u otro tipo de contacto para recolectar los electrones del semiconductor y transferirlos a la carga externa, y un contacto posterior para completar el circuito eléctrico. También en la parte superior de la célula hay un vidrio, u otro tipo de material encapsulante transparente para sellarla y protegerla de las condiciones ambientales, así como una capa antireflexiva para aumentar el número de fotones absorbidos.

Las células FV convierten pues, la energía de la luz en energía eléctrica. El rendimiento de conversión, esto es, la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, es fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace de la energía solar FV una energía más competitiva con otras fuentes (por ejemplo la energía de origen fósil).

La tabla que mostramos a continuación, nos muestra los diferentes rendimientos de las células fotovoltaicas dependiendo de su composición cristalina. Podemos observar la variación de rendimientos producidos en laboratorio y en rendimiento directo de radiación solar, lógico, dado que la radiación solar es una variable aleatoria.

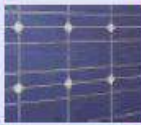
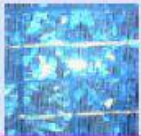
CÉLULAS		RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERÍSTICAS	FABRICACIÓN
	MONOCRISTALINO	24 %	15 - 18 %	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralsky).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	POLICRISTALINO	19 - 20 %	12 - 14 %	La 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.

Tabla 2.3: Tipos de células fotovoltaicas

En la siguiente imagen se muestra la evolución temporal del valor de eficiencia de las diferentes tecnologías de células fotovoltaicas de laboratorio, según el "National Renewable Energy Laboratory" (NREL). Las células industriales de silicio suelen ofrecer eficiencias comprendidas entre el 13 % y el 17 %, aunque en la actualidad se están alcanzando ya valores de eficiencia de alrededor del 22,5 % en los mejores casos (como es el caso de células utilizadas en los generadores FV de este proyecto).

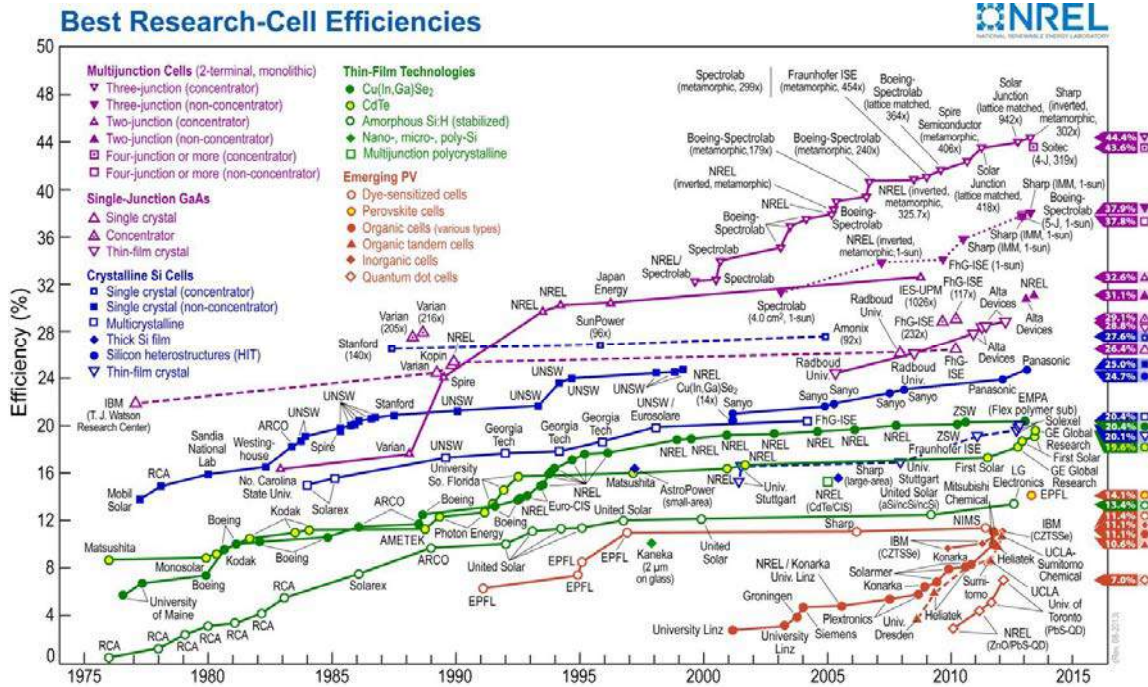


Figura 2.13: Evolución de la eficiencia de células según la tecnología

Estas células, conectadas unas con otras, encapsuladas y montadas sobre una estructura soporte o marco, conforman un módulo fotovoltaico. Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje (normalmente 12 ó 24 V). La corriente producida depende del nivel de insolación.

La estructura del módulo protege a las células del medio ambiente y son muy durables y fiables. Aunque un módulo puede ser suficiente para muchas aplicaciones, dos o más módulos pueden ser conectados para formar un generador FV. Los generadores o módulos fotovoltaicos producen corriente continua (DC) y pueden ser conectados en serie o en paralelo para poder producir cualquier combinación de corriente y tensión. Un módulo o generador FV por sí mismo no bombea agua o ilumina una casa durante la noche.

Para ello, es necesario un sistema FV completo que consiste en un generador FV junto a otros componentes, conjuntamente conocidos como "Resto del Sistema" o BOS ("Balance Of System"). Estos componentes varían y dependen del tipo de aplicación o servicio que se quiere proporcionar.



## 2.5. RADIACIÓN SOLAR (IRRADIANCIA)

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la Ley de Planck a una temperatura de unos 6.000° K. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera, fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m<sup>2</sup> (vatio x metro cuadrado).

La aplicación de la Ley de Planck al sol con una temperatura superficial de unos 6.000 °K nos lleva a que el 99 % de la radiación emitida está entre longitudes de onda 0,15 micrómetros o micras y 4 micras. Como 1 ángstrom (Å) = 10<sup>-10</sup> m = 10<sup>-6</sup> micras resulta que el sol emite un rango de 1.500 Å hasta 4.000 Å. La luz visible se extiende desde 4000 Å a 7000 Å. La radiación ultravioleta u ondas cortas iría desde los 1500 Å a los 4000 Å y la radiación infrarroja u ondas largas desde las 0,74 micras a 4 micras.

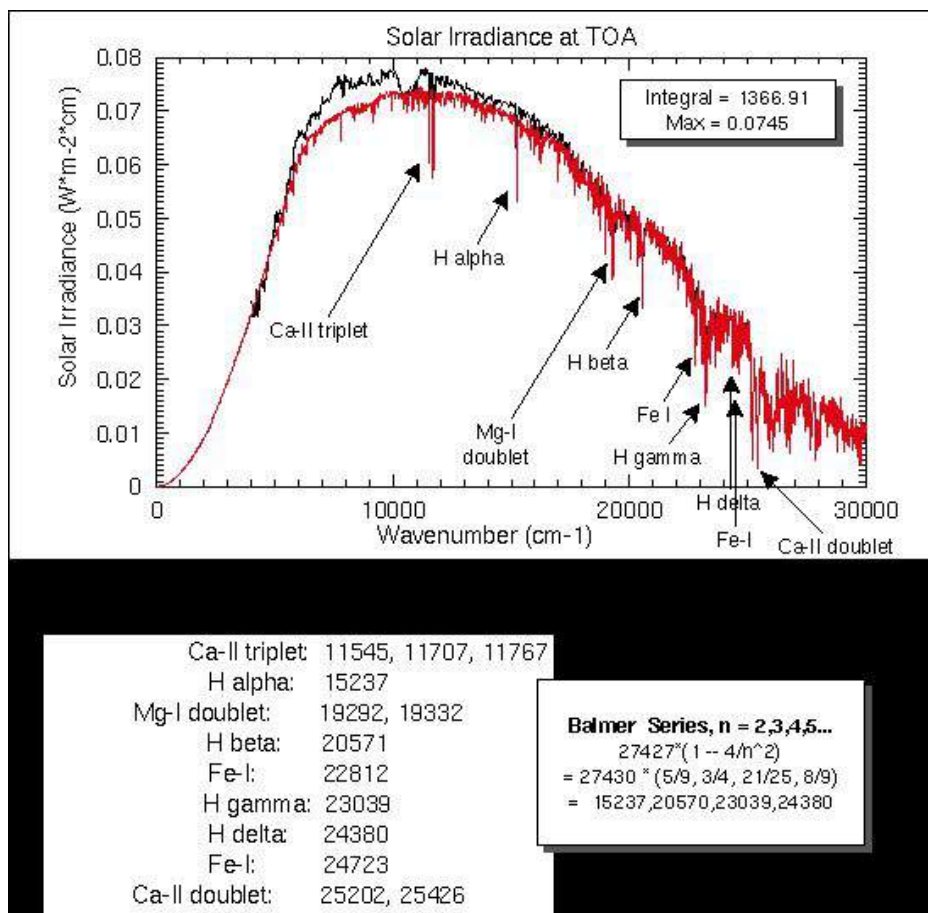


Figura 2.14: Espectro de la irradiancia solar

## Capítulo 2

La atmósfera de la tierra constituye un importante filtro que hace inobservable radiaciones de longitud de onda inferior a las 0,29 micras por la fuerte absorción del ozono y oxígeno. Ello nos libra de la radiación ultravioleta, la más peligrosa para la salud.

La atmósfera es opaca a toda radiación infrarroja de longitud de onda superior a las 24 micras, ello no afecta a la radiación solar pero si a la energía emitida por la tierra, que llega hasta las 40 micras y que es absorbida. A este efecto se conoce como efecto invernadero. Pero la emisión solar difiere de la de un cuerpo negro sobre todo en el ultravioleta. En el infrarrojo se corresponde mejor con la temperatura de un cuerpo negro de 5779 °C y en el visible. Ello nos habla de que la radiación solar no se produce en las mismas capas y estamos observando la temperatura de cada una de ellas donde se produce la energía.

En general, la irradiancia afecta principalmente a la corriente, de forma que se puede considerar que la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico es proporcional a la irradiancia:

$$I_{sc}(E_2) = I_{sc}(E_1) \frac{E_2}{E_1}$$

Donde:  $I_{sc}(E_2)$  es la corriente de cortocircuito para un nivel de irradiancia  $E_2$

$I_{sc}(E_1)$  es la corriente de cortocircuito para un nivel de irradiancia  $E_1$

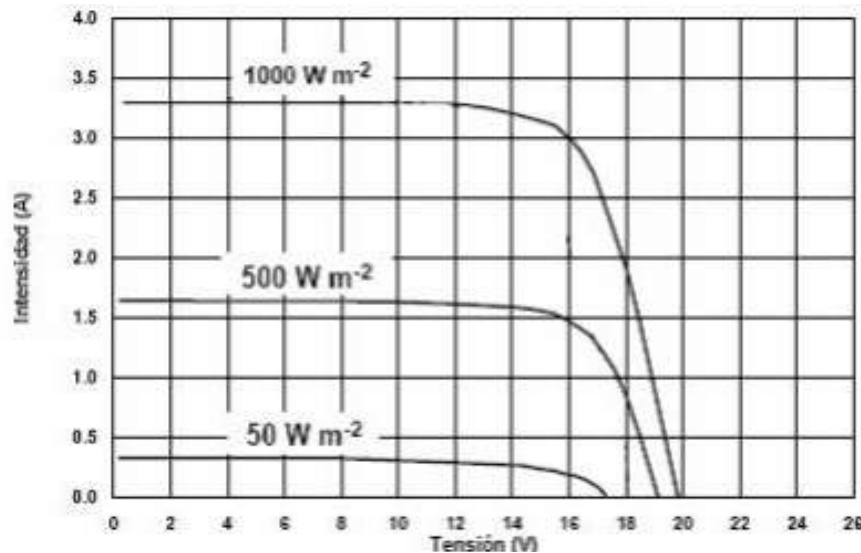


Figura 2.15: Curvas de corriente de cortocircuito frente a diferentes valores de irradiancia

Se puede afirmar pues, que a mayor irradiancia se obtiene una mayor corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ). La ecuación EC es válida para variaciones de irradiancia a temperatura constante y resulta una aproximación cuando ésta varía, ya que supone despreciar los efectos que la temperatura tiene sobre la corriente de cortocircuito. Sin embargo, podemos considerarlo como una expresión adecuada para tener una idea de cuáles serían los valores de la  $I_{sc}$  a diferentes irradiancias, ya que el error que se comete es inferior al 0.5 %.

# CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

## 3.1. INTRODUCCIÓN A UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

En el caso más habitual, un sistema fotovoltaico conectado a la red está formado por:

- Generador fotovoltaico.
- Inversor.
- Conexión a red.
- Protecciones.

El generador fotovoltaico es el encargado de transformar la energía del sol en energía eléctrica. Está formado por varios módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo y a su vez cada módulo está formado por unidades básicas llamadas células fotovoltaicas. La potencia típica que puede suministrar una célula de este tipo es de unos 3 W. Este valor tan pequeño hace necesario que se agrupen varias células fotovoltaicas (típicamente unas 36) en un sólo componente: el módulo o panel fotovoltaico. Si la potencia suministrada por un módulo es insuficiente, se instalarán todos los que sean necesarios en una configuración serie/paralelo apropiada.

En el caso de los sistemas aislados (no conectados a la red) suele ser necesario almacenar la energía producida por el generador fotovoltaico en un sistema de acumulación eléctrica (baterías). De este modo, la energía producida durante las horas de sol se puede utilizar durante la noche o en momentos en los que la radiación sea insuficiente como para generar la energía demandada. La carga y descarga de la batería, que depende de la generación y del consumo, estará controlada por un regulador de carga. Este elemento actúa como protección de las baterías en caso de sobrecargas o descargas excesivas que podrían resultar

dañinas para éstas, acortando su vida útil. Estos elementos, sin embargo, no son necesarios en las aplicaciones de plantas conectadas a la red eléctrica, aunque ayudan a disminuir el consumo eléctrico proveniente de la red.

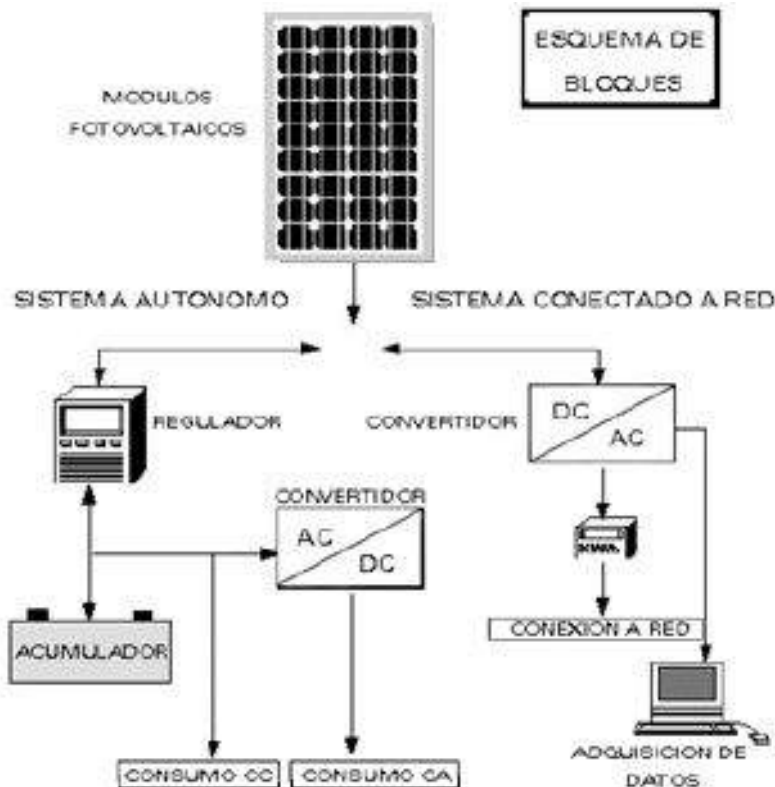


Figura 3.1: Esquema de una instalación solar fotovoltaica autónoma y conectada a red

Los módulos fotovoltaicos producen electricidad en corriente continua que se puede almacenar directamente en baterías, que suministran a su vez corriente también continua. En el caso de que se desee dar servicio a determinados consumos que funcionan con corriente alterna (la mayoría de los que se suelen utilizar) o que se vierta la energía a la red, es necesario disponer de un inversor que se encargará de transformar la corriente continua en corriente alterna a una determinada tensión y frecuencia.

Los consumos, en caso de que existan (instalación autónoma) ya sean de alterna o continua, suponen una parte fundamental del sistema fotovoltaico puesto que son los que normalmente determinan su tamaño. En las instalaciones conectadas a la red eléctrica, sin embargo, son otros los factores que determinan el tamaño de la instalación, como veremos más adelante. Los sistemas fotovoltaicos en general pueden presentar consumos en continua, en alterna o mixtos.

Aparte de los inversores, existen otros dispositivos capaces de regular el sistema que a veces son usados en otras aplicaciones, como son los convertidores DC/DC, que son necesarios cuando se tienen consumos en corriente continua a unos valores de tensión y corriente distintos de los de generación, por ejemplo.

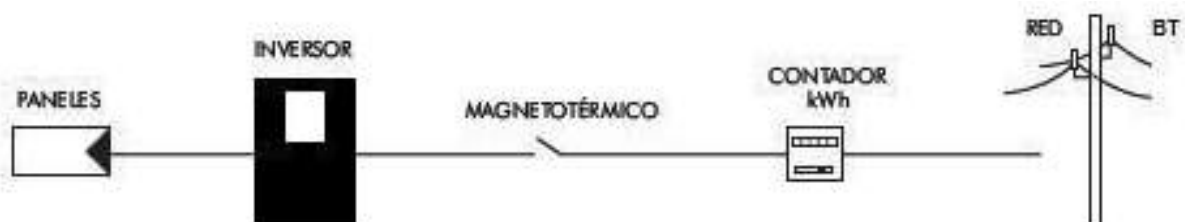


Figura 3.2: Esquema simplificado de funcionamiento de sistema conectado a la red

## 3.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Un panel solar es un elemento que permite usar los rayos del sol como energía. Lo que hacen estos dispositivos es recoger la energía térmica o fotovoltaica del astro rey y convertirla en un recurso que puede emplearse para producir electricidad o calentar algo.

Los paneles solares que permiten generar corriente eléctrica cuentan con diversas células o celdas que aprovechan el denominado efecto fotovoltaico. Las celdas de estos paneles solares pueden estar construidas con silicio o arseniuro de galio. Para funcionar deben estar en contacto directo con los rayos del sol.

Gracias a la energía solar producida por este tipo de paneles, es posible desde movilizar un automóvil hasta cocinar alimentos o iluminar un ambiente.

Una célula independiente solo es capaz de proporcionar una tensión de algunas décimas de voltio y una potencia máxima de uno o dos vatios. Por eso, se precisa un determinado número de células conectadas en serie para producir tensiones de diferentes rangos (panel o módulo fotovoltaico).

Una vez terminadas las interconexiones eléctricas, las células son encapsuladas en una estructura tipo "Sándwich", que consiste en una lámina de vidrio templado con alto nivel de transmisividad, una capa de material orgánico, las células fotovoltaicas, otra capa de sustrato orgánico, y una cubierta posterior, la cual consta de varias capas, cada una con una función específica, ya sea, adhesión, aislamiento eléctrico o aislamiento frente a las inclemencias meteorológicas. Posteriormente, se procede al sellado en vacío para evitar condensaciones. Por último, se rodea el perímetro del panel con neopreno o algún material que lo proteja de las partes metálicas que forman el macrosoporte.

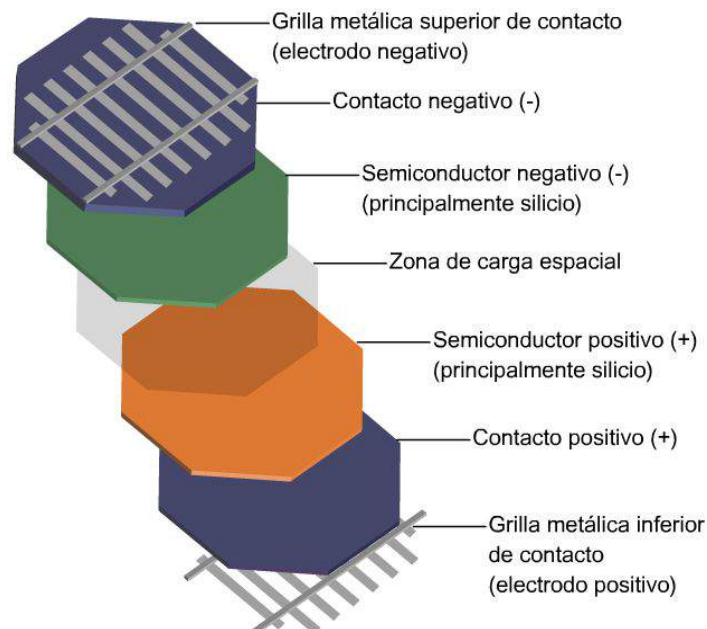


Figura 3.3: Estructura de una célula fotovoltaica

Además, el marco está fabricado con aluminio y cuenta con una capa externa de pintura que provee al perfil de una resistencia mucho mayor. Estos módulos van provistos de cables asimétricos en longitud, con un diámetro de sección de cobre de 4 mm<sup>2</sup>, y con una bajísima resistencia de contacto, todo ello destinado a conseguir las mínimas pérdidas por caídas de tensión.

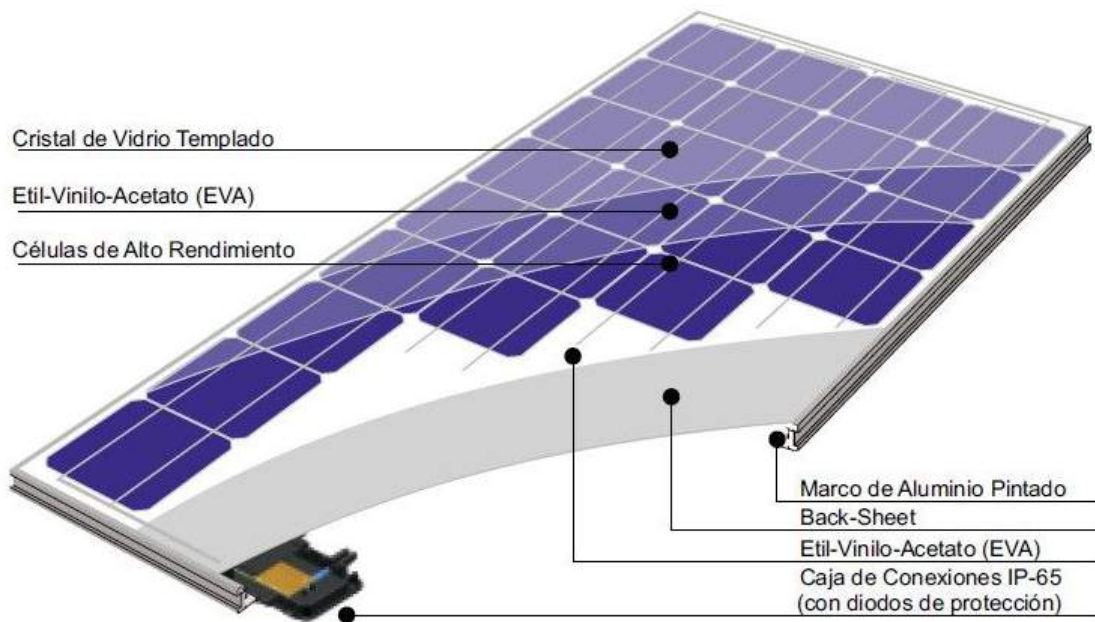


Figura 3.4: Estructura del marco de un panel fotovoltaico

Las características eléctricas que definen un módulo fotovoltaico se suelen exponer en una placa situada en la parte posterior del propio módulo, en ella se ven reflejados los distintos parámetros que son necesarios para el control del panel, así como los valores de seguridad y control del mismo. Estos parámetros son los siguientes:

- Intensidad de cortocircuito ( $I_{SC}$  = Short Circuit)  
Es la intensidad máxima de corriente que se puede obtener de un panel bajo unas determinadas condiciones. Correspondería a la medida, mediante un amperímetro de la corriente entre bornes del panel, sin ninguna otra resistencia adicional, esto es, provocando un cortocircuito. Al no existir resistencia alguna al paso de la corriente, la caída de potencial es cero.
- Tensión en circuito abierto ( $V_{OC}$  = Open Circuit)  
Es el voltaje máximo que se podría medir con un voltímetro sin permitir que pase corriente alguna entre los bornes de un panel, es decir, en condiciones de circuito abierto (resistencia entre bornes infinita).
- Corriente ( $I$ ) a un determinado voltaje ( $V$ )  
Las dos definiciones anteriores corresponden a casos extremos. En la práctica, lo usual es que una placa solar produzca una determinada corriente eléctrica que fluye a través del circuito externo que une los bornes del mismo y que posee una determinada resistencia "R", que define la característica eléctrica del circuito (curva intensidad-voltaje), cuya intersección con la propia curva del módulo fija el voltaje de operación del mismo y, en consecuencia, la intensidad que ese entrega al circuito.

Si la diferencia de potencial entre los bornes es  $V$ , decimos que la corriente de intensidad  $I$  se produce a un voltaje  $V$ .

El término  $V_{mp}$  nos sirve para comprender las diferencias entre módulos y es una de las características eléctricas que nos indica por qué a unos los llamamos módulos de conexión a red y a otros módulos de aislada.

### Capítulo 3

- Potencia máxima ( $P_{mpp}$ )

Cuando el panel es conectado a una carga, los valores de tensión e intensidad varían. Existirán dos de ellos para los cuales la potencia entregada sea máxima:  $V_m$  (tensión máxima) e  $I_m$  (intensidad máxima), que siempre serán menores que  $V_{oc}$  e  $I_{sc}$ .

- Tensión en el punto de máxima potencia ( $V_{mpp}$ )

Es la tensión que proporcionará el panel cuando esté trabajando en el valor  $P_{mpp}$ .

- Intensidad en el punto de máxima potencia ( $I_{mpp}$ )

Es la corriente que proporcionará el panel cuando se encuentra en el punto de máxima potencia.

- Factor de forma (FF)

Es el cociente entre la máxima potencia que puede entregar la célula a la carga y el producto de la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito. En los paneles solares más habituales, los valores típicos son 0,7 ó 0,8.

- Eficiencia total del panel

Es el cociente entre la máxima potencia y la potencia luminosa que incide en el panel. Este valor se corresponde al caso en el que el acoplamiento entre la carga y el panel permite a éste trabajar en el punto de máxima potencia.

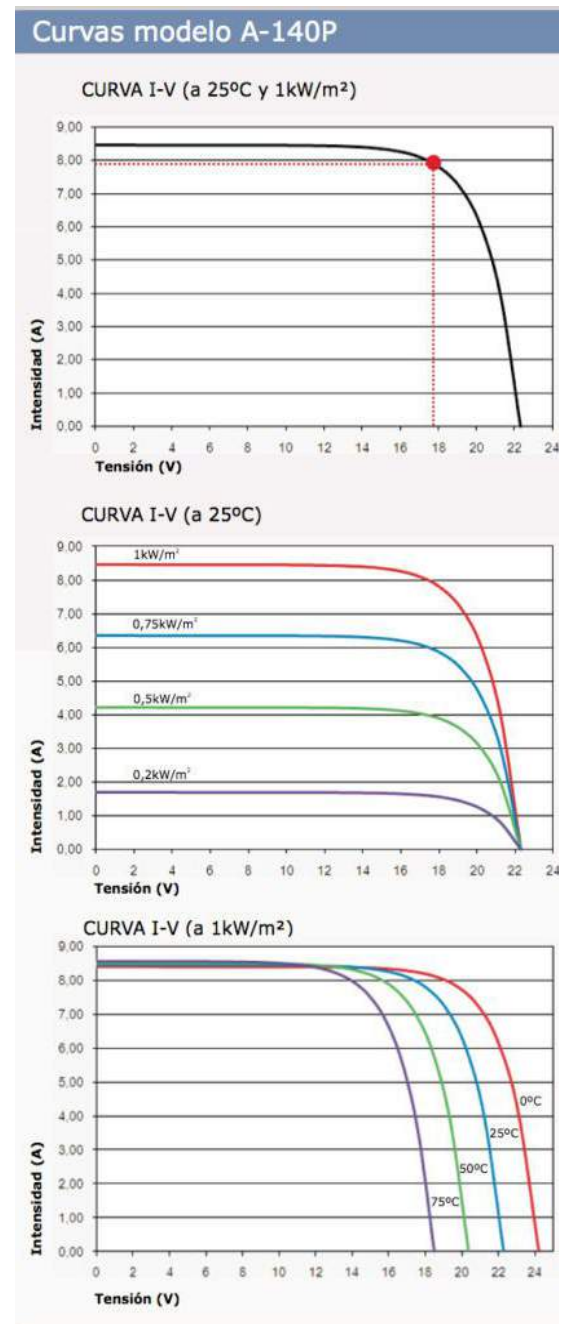


Figura 3.5: Curvas características de un módulo fotovoltaico



También podemos encontrar en las fichas técnicas, otro tipo de parámetros como pueden ser:

- los parámetros térmicos:  
Son los coeficientes de temperatura sobre los parámetros eléctricos antes mencionados y que debemos tener en cuenta a la hora de la colocación del panel, pues dan una idea de la variación que sufren los parámetros del panel a medida que aumenta la temperatura.
- características físicas:  
El fabricante da una descripción del aspecto físico del panel: medidas, tamaño, peso, materiales con los que está construido, etc. Estos valores serán importantes a la hora de elegir los soportes para la sujeción del mismo.
- rango de funcionamiento.

Debe tenerse en cuenta que estos parámetros no son constantes ya que los fabricantes toman como referencia unas condiciones de funcionamiento estándar conocidas como Condiciones estándar de Medida (CEM) que son unas condiciones de irradiancia y temperatura determinadas en la célula solar, estas condiciones son:

- Irradiancia:  $1000 \text{ W/m}^2$ .
- A nivel del mar.
- Temperatura de célula:  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Así pues, si las condiciones a las que se ve sometido el panel son diferentes a las de estándar de medida, las características de los paneles fotovoltaicos cambiarán. La medida en que cambian los parámetros fundamentales de los paneles es de vital importancia para el diseño de la instalación, ya que es muy posible que en condiciones normales de funcionamiento estemos lejos de las condiciones estándar de medida y la instalación puede verse afectada. Para ello, es necesario conocer la  $V_{oc}$  y la  $I_{sc}$  de los paneles.

Con estos coeficientes, puede representarse el comportamiento de los paneles ante variaciones de temperatura observando como cambian la tensión y corriente de máxima potencia, la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito tomando como referencia la irradiancia en condiciones estándar de medida ( $1000 \text{ W/m}^2$ ).





PHOTOVOLTAIC MODULE			
Model	A-140P		
$P_{mp}$	140 W	$V_{oc}$	22,30 V
$V_{mp}$	17,54 V	$I_{sc}$	8,42 A
$I_{mp}$	7,98 A	$V_{max}$	1000 V
ID	6P49-4x9	1002865	
S.N.	P1011210003032		
			
SPECIFICATIONS AT $1000 \text{ W/m}^2$ 25 °C AM 1.5			
		IEC 61215: 2005 EN 61730: 2007 CERTIFIED 1000V MAX	CLASS II 

Figura 3.6: Ficha datos técnicos de un módulo fotovoltaico



### 3.3. INVERSOR

Anteriormente se ha visto que los paneles solares fotovoltaicos generan potencia a partir de la radiación solar que captan, esta potencia eléctrica no es alterna sino continua con unos valores de tensión y corriente continua que depende de la disposición eléctrica de los paneles. A la hora de entregar la energía eléctrica a la red es necesario tratarla para que cumpla las características establecidas para inyectarla a dicha red, como que debe ser senoidal, con una frecuencia de 50 Hz y unos valores de tensión determinados para no crear perturbaciones en la red de suministro.

El inversor es una pieza fundamental en la instalación eléctrica fotovoltaica, ya que permite la conversión de la energía generada por los paneles fotovoltaicos de corriente continua a corriente alterna, así como su adecuación a la tensión y frecuencia de la red.

Las funciones principales de los inversores son:

- Inversión DC/AC.
- Modulación de la onda alterna de salida.
- Regulación del valor eficaz de la tensión de salida.
- Seguir el punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos, optimizando la producción.

Están protegidos frente a situaciones como:

- Situaciones anómalas en la red eléctrica.
- Frecuencia de red fuera de los límites de trabajo.
- Temperatura del inversor elevada.
- Tensión del generador fotovoltaico baja.
- Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente.
- Polarización inversa.
- Sobretensiones transitorias en la entrada y la salida.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Fallos de aislamiento.
- Protección anti-isla.

Las protecciones específicas del inversor más importantes son:

- Interruptor automático de la interconexión: encargado de la conexión o desconexión automática de la instalación en caso de pérdida de tensión o de la frecuencia de la red.
- Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia, y de máxima y mínima tensión.
- Rearme del sistema de conmutación: rearme de la conexión con la red de baja tensión una vez restablecidos los parámetros requeridos por parte de la empresa distribuidora. El estado del contactor deberá señalizarse con claridad en el frontal del equipo y podrá ser activado manualmente.

Los inversores más comunes pueden ser monofásicos o trifásicos a 50 Hz, con diferentes voltajes nominales de entrada y con un amplio rango de potencias disponibles. Los más avanzados son los denominados de onda senoidal, que tienen un cuidadoso filtrado de la señal generada, y son aptos para verter la energía en la red. Esto se debe a que el inversor ha de operar dentro de unos márgenes de tensión y frecuencia de salida determinados, así como no producir distorsión armónica de la onda de tensión de la red, o lo más baja posible.

En cuanto a la distorsión armónica de la onda de corriente inyectada a la red, ha de cumplir con la normativa vigente que requiere una distorsión armónica de la onda de corriente del 5 % para una distorsión armónica de la onda de tensión del 2 %. Esto se cumple fácilmente cuando se trabaja por encima del 20 % de la potencia nominal del inversor. Otros requerimientos se refieren al aislamiento galvánico entre la red y la instalación fotovoltaica (conseguido generalmente mediante la utilización de transformadores de alta frecuencia) o a la necesidad de impedir que se inyecte corriente continua a la red, que causaría numerosos problemas.

El inversor está caracterizado, principalmente, por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que pueden proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como, la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la red (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada) y tiene que ser de un valor elevado (en torno al 95 %, dependiendo de las condiciones de trabajo). Se intentará que el inversor trabaje con potencias cercanas o iguales a la nominal, puesto que si la potencia de entrada al inversor procedente de los paneles fotovoltaicos varía, el rendimiento disminuye.

Uno de los parámetros importantes que definen un inversor, es el rango de tensiones al cual puede funcionar con mayor rendimiento. Esto es importante, ya que la tensión que suministran los paneles del generador fotovoltaico para entregar la máxima potencia no siempre es la misma, sino que varía con la temperatura y si esta tensión aumenta o disminuye conforme disminuye o aumenta la temperatura podemos llegar a tener tensiones a la entrada del inversor superiores o inferiores a la tensión normal de funcionamiento del inversor.

Para evitar que el rendimiento disminuya con la variación de la potencia de entrada procedente de los paneles solares, los inversores deben estar equipados con dispositivos electrónicos que permitan realizar un seguimiento del punto de máxima potencia de los paneles, permitiendo obtener la máxima eficiencia posible del generador fotovoltaico en cualquier circunstancia de funcionamiento.

### Capítulo 3

El funcionamiento del inversor es completamente automático. Cuando los módulos solares generan la potencia suficiente por la mañana, la electrónica de control supervisa los parámetros de tensión y frecuencia de la red. El inversor trabaja de forma que, toma la máxima potencia posible de los módulos solares (MPP), variable con el grado de luminosidad. Cuando al perder la luz del día ya no es suficiente para suministrar corriente a la red, el inversor interrumpe la conexión y deja de trabajar.

Con el objeto de aprovechar al máximo las prestaciones del inversor, se realiza de forma habitual un sobredimensionado del campo fotovoltaico, es decir, se instala mayor potencia pico de módulos que la potencia nominal del inversor, esto es debido a que sólo en las horas centrales del día los módulos fotovoltaicos están produciendo el máximo de su potencia; además, también existen pérdidas por suciedad acumulada, días nublados y temperaturas elevadas. Todas estas disminuciones de potencia se compensan con este sobredimensionado. Con ello se consigue optimizar el funcionamiento de la instalación e inyectar su máxima potencia durante más horas al día, obteniendo una mayor producción.

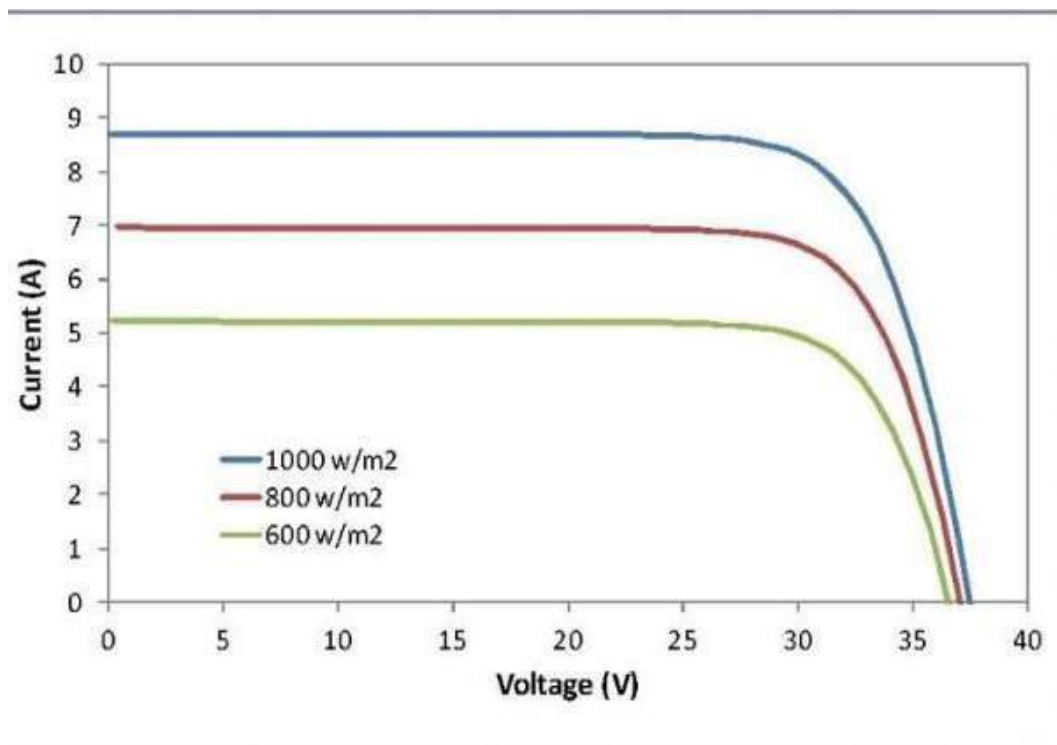


Figura 3.7: Curvas I-V para distintos valores de irradiación solar a una temperatura de 25 °C

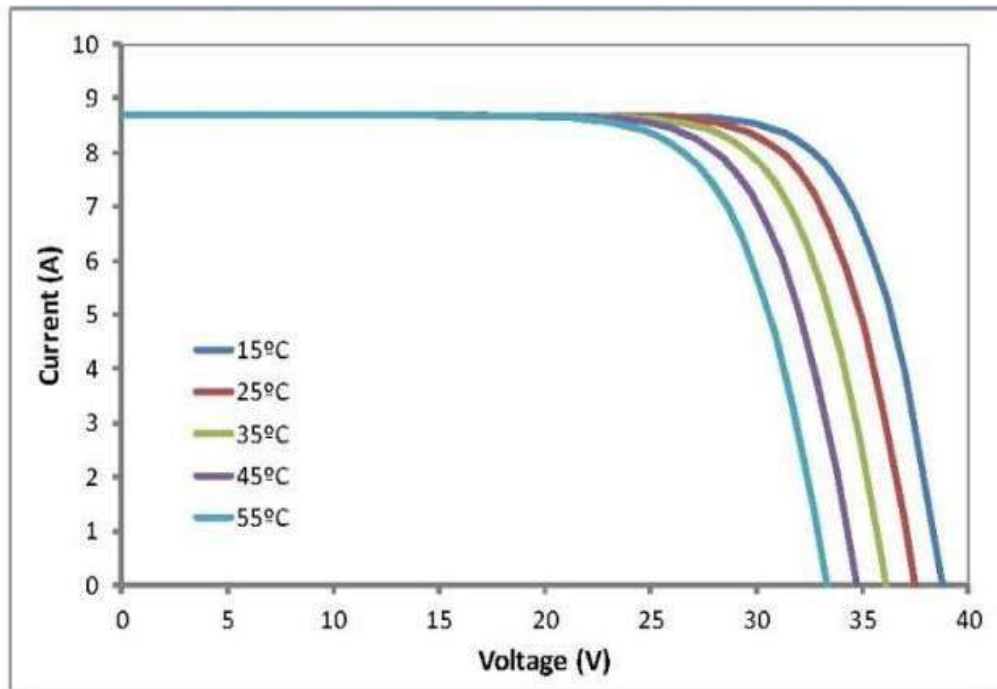


Figura 3.8: Curvas I-V para distintos valores de temperatura a una irradiancia solar de 1000 W/m<sup>2</sup>

El inversor controla en todo momento la tensión de red, siempre que ésta esté dentro de los valores del ajuste del mismo y exista potencia disponible de continua (radiación solar suficiente). En caso de que exista fallo en la red que haga que la tensión o la frecuencia salga de los valores de ajuste, el inversor se desconecta automáticamente. En caso de desaparecer completamente la tensión de red, el inversor dispone de una protección anti-isla, que desconecta el sistema hasta el regreso de la tensión.

El inversor dispone de un relé de tensión y un relé de frecuencia calibrados, un temporizador y un contacto de rearme. Su funcionamiento es el siguiente: cuando se produce un fallo de tensión o frecuencia en la red eléctrica, superior a los valores de calibrado de los relés respectivos, estos dan una señal de fallo al contacto y al temporizador. Al recibir la señal, el contacto abre el circuito, de modo que el sistema queda aislado de la red eléctrica mientras persista la señal de fallo. En el momento que desaparece la señal, los relés eliminan la señal de fallo y se activa el temporizador. Superado el intervalo de tiempo el temporizador envía una señal de rearme al contacto, volviendo a quedar conectado el sistema a la red eléctrica.

Los inversores tendrán un grado de protección mínimo IP20 para inversores en el interior de un edificio y lugares inaccesibles, IP44 para inversores en interior de edificios y lugares accesibles e IP65 para instalaciones a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá con la legislación vigente.

### 3.4. ESTRUCTURA DE SOPORTE

El bastidor es el encargado de sujetar el panel solar, y deberá cumplir las especificaciones de diseño de la instalación (orientación y ángulo de inclinación) y las pautas descritas en el Pliego de Condiciones Técnicas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE). Muchas veces es un kit de montaje para instalarlo adecuadamente, pero en el caso de que no se empleen dichos kits el instalador lo realizará de acuerdo a la normativa existente.

La estructura soporte de los captadores ha de resistir, con los captadores instalados, las sobrecargas de viento (de hasta 150 Km/h) y nieve o inclemencias meteorológicas, así como las posibles dilataciones térmicas provocadas por aumentos de temperatura en diferentes estaciones del año.

La estructura de la instalación solar suele estar compuesta por dos subsistemas:

- El primero consiste en una distribución en toda la cubierta de perfiles estructurales, a través de la cual se distribuirán las sobrecargas del conjunto y los arriostramientos necesarios.
- La segunda estructura será la encargada de proporcionar el ángulo de inclinación de las placas. De esta forma, para la colocación de los módulos se instalarán estructuras soporte construidas en acero sobre la cubierta con sistemas de anclaje adecuados, según fabricante.

Podemos tener dos tipos de estructura soporte: fija y móvil. Las estructuras fijas tienen una orientación e inclinación fija que se calcula a la hora de diseñar la instalación, esta inclinación y orientación suelen ser impuesta por la situación de la instalación, como tejados con una determinada inclinación y orientación, o bien las óptimas para la localización donde vamos a realizar la instalación solar dependiendo de la latitud. Las estructuras móviles son aquellas utilizadas en las llamadas "huertas solares" donde los paneles pueden orientarse en trono a la posición del sol.

Hay varios tipos de estructuras: desde un simple poste que soporta 4 paneles solares, hasta grandes estructuras de vigas aptas para aguantar varias decenas de ellos.

La sujeción de los módulos solares deberá estar homologada para los paneles utilizados en la instalación según las especificaciones del fabricante, además, las partes de sujeción de los paneles solares no deberán generar sombras indeseadas sobre los módulos. La tornillería utilizada tanto para la sujeción de los módulos fotovoltaicos como para la sujeción de la propia estructura al suelo deberá ser de acero inoxidable con excepción de estructuras de acero galvanizado en cuyo caso podrán ser tornillos galvanizados.

### 3.5. PROTECCIONES ELÉCTRICAS

Además de las protecciones integradas en el inversor, es necesario equipar la instalación con protecciones adicionales que protejan tanto la seguridad de la instalación y equipos, como la seguridad de las personas responsables de su funcionamiento y mantenimiento.

La implantación de protecciones deberemos llevarla a cabo atendiendo a la reglamentación vigente para éste tipo de instalaciones, artículo 11 del Real Decreto 1663/2000 y al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión:

- Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
- Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte de continua de la instalación.
- Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
- Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85  $U_m$ , respectivamente).
- Estas protecciones podrán ser precintadas por la empresa distribuidora.
- El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.
- Podrán instalarse en el inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y en tal caso, las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán realizadas por éste. En este caso sólo se precisará disponer adicionalmente de las protecciones de interruptor general manual y de interruptor diferencial automático, si se cumplen las siguientes condiciones:
  - a) Las funciones serán realizadas mediante un contactor cuyo rearme será automático, una vez se restablezca las condiciones normales de suministro de la red.
  - b) El contactor, gobernado normalmente por el inversor, podrá ser activado manualmente.
  - c) El estado del contactor ("on/off"), deberá señalizarse con claridad en el frontal del equipo, en un lugar destacado.

### Capítulo 3

- d) En caso de que no se utilicen las protecciones precintables para la interconexión de máxima y mínima frecuencia y de máxima y mínima tensión, el fabricante del inversor deberá certificar:
- Los valores de tara de tensión.
  - Los valores de tara de frecuencia.
  - El tipo y características de equipo utilizado internamente para la detección de fallos (modelo, marca, calibración, etc.).
  - Que el inversor ha superado las pruebas correspondientes en cuanto a los límites establecidos de tensión y frecuencia.

Al tener tanto potencia continua como potencia alterna, además de equipar la instalación con las protecciones anteriores, serán necesarios dos grupos diferenciados de protecciones para cada caso que se definirán en el apartado de cálculos del proyecto:

- a. Protecciones de continua: Este tipo de aparamenta se instalará en la fase de potencia continua de la instalación fotovoltaica, es decir, desde los paneles solares hasta la entrada del inversor.
- b. Protecciones de alterna: Estas protecciones se instalarán en la parte de la instalación donde existe potencia alterna, es decir, desde el inversor hasta el punto de conexión de la red de suministro.

#### 3.5.1. PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra de la instalación es muy importante, ya que delimita la tensión que pueda presentarse en un momento dado en las masas metálicas de los componentes, asegurando la actuación de las protecciones y eliminando el riesgo que supone el mal funcionamiento o avería de alguno de los equipos. Las tomas a tierra se establecen principalmente a fin de: limitar la tensión que puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados, según lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12).

Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 voltios contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos. La puesta a tierra de la instalación fotovoltaica será independiente de la instalación del centro de transformación y de las otras instalaciones. Por un lado, se realizará una puesta a tierra del generador fotovoltaico, por contacto directo de los marcos de los paneles a la estructura de soportación, conectándose ésta a tierra, ajustándose ésta a la que previene ITCBT-18. Se dispondrá de un número de electrodos necesario para conseguir una resistencia de tierra tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 V.

El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa, no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma. La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de las baterías (cuando las haya) frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

### 3.5.2. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN

La caja general de protección es la encargada de salvaguardar toda la instalación eléctrica de un posible cortocircuito o punta de intensidad, la cuál afectaría a todos los componentes conectados a la red. Esta caja general de protección podrá llevar tanto protecciones térmicas como fusibles.

Por tratarse de un suministro a un único usuario, se colocará en un único conjunto la caja general de protección y el equipo de medida. El fusible de seguridad situado antes del contador coincidirá con el fusible, que incluye una CGP. Las cajas de protección y medida se instalarán en lugares de libre y permanente acceso. La situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Se instalará un nicho de pared, que se cerrará con una puerta metálica, con un grado de protección IH10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura normalizada por la empresa suministradora.

Los dispositivos de lectura de los equipos se situarán en una altura comprendida entre 0,70 y 1,80 m. Se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos de entrada a la acometida.

Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora. Dentro de los mismos se instalarán cortocircuitos fusibles en los conductores de fase, con poder de corte igual o superior a la corriente de cortocircuito previsto en el punto de instalación.

Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que indica en la Norma UNE-EN 60.349-1, y tendrán un grado de protección IP 43 según UNE 20.324 e IK 09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

El envoltorio deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

Las disposiciones generales de este tipo de caja quedan recogidas en la ITC-BT-13. El contador será de cuatro cuadrantes y dispondrá de un código de barras que será proporcionado por la compañía eléctrica.



## Capítulo 3

### 3.5.3. EQUIPO DE MEDIDA

Es el encargado de controlar numéricamente la energía generada y volcada a la red, para que, con los datos obtenidos se puedan facturar a la compañía a los precios acordados si existe vertido a la red.

Los contadores se ajustarán a la normativa metrológica vigente y su precisión deberá ser, como mínimo, la correspondiente a la de clase de precisión 2, regulada por el Real Decreto 436/2004 por el que se aprueba el Reglamento para: la aprobación de modelo y verificación primitiva de contadores de uso corriente (clase 2) en conexión directa, nueva, a tarifa simple o a tarifas múltiples, destinadas a la medida de la energía en corriente monofásica o polifásica de frecuencia 50 Hz.

Según el Real Decreto 900/2015, los equipos de medida se instalarán en la red interna lo más cerca posible del punto frontera y tendrán al menos resolución horaria de integración de medida. Los requisitos técnicos de los equipos de medida deberán de ser los mismos que los de los equipos que le corresponde al punto frontera como consumidor y deberá de existir un equipo de medida que registre la generación neta y otro independiente en el punto frontera.

### 3.5.4. CABLEADO DE INTERCONEXIÓN

Es el encargado de conectar los distintos paneles solares con las cajas de interconexión y con otra instrumentación y unidades de protección. Evidentemente, tiene que cumplir con el reglamento técnico de baja tensión. Las conexiones, cables, equipos y demás elementos tendrán que tener el grado de protección IP 535, concepto que se define en la norma UNE 20-234.

Los cables utilizados tendrán una última capa de protección con un material resistente a la intemperie y la humedad, de tal forma que no le afecten internamente los agentes atmosféricos.

Entre las conexiones eléctricas entre paneles se usarán siempre terminales. Los terminales de los paneles pueden ser bornas en la parte trasera del panel o estar situados en una caja de terminales a la espalda del mismo. En el primer caso, tendremos capuchones de goma para la protección de los terminales contra los agentes atmosféricos. La caja de terminales es una buena solución en el caso de que cumpla con el grado de protección IP 535.

En instalaciones donde se monten paneles en serie y la tensión sea igual o mayor a 24 V, instalaremos diodos de derivación.

La sección del cable de conexión no debe de ser superior a 6 mm. Es necesario también cuidar los sistemas de paso de los cables por muros y techos para evitar la entrada de agua en el interior. Las técnica y tendido para la fijación de los cables han de ser las habituales en una instalación convencional. Los conductos pueden ir bajo tubo o al aire, en el primer caso, el tubo puede ir empotrado o no. Las sujeción se efectuará mediante bridas de sujeción, procurando no someter una excesiva doblez a los radios de curvatura. Los empalmes se realizarán con accesorios a tal efecto, usando cajas de derivación siempre que sea posible.

### 3.5.5. FACTORES DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS

Al igual que en otros procesos de generación de potencia eléctrica, las pérdidas son un factor determinante y a tener presente en todo momento para poder posteriormente evaluar los rendimientos de los equipos.

A priori, resulta muy fácil pensar que la energía producida por una instalación fotovoltaica es directamente proporcional a la irradiación incidente en el plano del generador fotovoltaico. Así por ejemplo, un sistema con un generador fotovoltaico de potencia nominal 1 kWp instalado, con unas condiciones meteorológicas tales que reciba una irradiación anual de 1800 kWh/m<sup>2</sup>, en ausencia de pérdidas produciría 1800 kWh.

Ahora bien, la experiencia y distintos estudios muestran que la energía producida por un módulo fotovoltaico es sensiblemente inferior. Esta disminución de la energía entregada por el generador respecto de la energía solar incidente puede ser explicada mediante una serie de pérdidas energéticas, cuyas principales fuentes se presentan a continuación:

- Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal

Los módulos fotovoltaicos obtenidos de un proceso de fabricación industrial no son todos idénticos, sino que su potencia nominal referida a las Condiciones Estándar de Medida, "CEM" (en inglés, "STC"), presenta una determinada dispersión. En general, los fabricantes garantizan que la potencia de un módulo fotovoltaico de potencia nominal "P\*" está dentro de una banda que oscila entre  $P^* \pm 3\%$ ,  $P^* \pm 5\%$  ó  $P^* \pm 10\%$ .

Lamentablemente, en algunas ocasiones suele darse el caso de que la potencia de cada uno de los módulos fotovoltaicos se sitúa dentro de la banda inferior de potencias garantizadas por el fabricante. Esto es, la potencia real suministrada por el fabricante (entendida como la suma de las potencias de cada uno de los módulos que componen el generador fotovoltaico) de una instalación de 1 kWp nominal cuyo fabricante garantice el  $\pm 10\%$  debería ser cualquier valor entre 0.9 kWp y 1.1 kWp. Sin embargo, en general, se sitúa entre 0.9 kWp y 1 kWp.

### Capítulo 3

- Pérdidas de mismatch o de conexionado

Son pérdidas energéticas originadas por la conexión de módulos fotovoltaicos de potencias ligeramente diferentes para formar un generador fotovoltaico. Esto tiene su origen en que si conectamos dos módulos en serie con diferentes corrientes, el módulo de menor corriente limitará la corriente de la serie. De modo semejante ocurre para la tensión de la conexión de módulos en paralelo. Resultando que la potencia de un generador fotovoltaico es inferior (o en un caso ideal, igual) a la suma de las potencias de cada uno de los módulos fotovoltaicos que lo componen. Las pérdidas de mismatch se pueden reducir mediante una instalación ordenada en potencias (o en corrientes en el punto de máxima potencia) de los módulos fotovoltaicos, así como la utilización de diodos de "bypass".

- Pérdidas por polvo y suciedad

Tienen su origen en la disminución de la potencia de un generador fotovoltaico por la deposición de polvo y suciedad en la superficie de los módulos fotovoltaicos.

Cabría destacar dos aspectos: por un lado, la presencia de una suciedad uniforme da lugar a una disminución de la corriente y tensión entregada por el generador fotovoltaico y por otro, la presencia de suciedades localizadas (como puede ser el caso de excrementos de aves) da lugar a un aumento de las pérdidas de mismatch y a las pérdidas por formación de puntos calientes.

- Pérdidas angulares y espectrales

La potencia nominal de un módulo fotovoltaico suele estar referida a unas Condiciones Estándar de Medida ("CEM") que, además de 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiancia y 25 °C de temperatura de célula, implican una incidencia normal y un espectro estándar. No obstante, en la operación habitual de un módulo fotovoltaico, ni la incidencia de la radiación es normal, ni el espectro es estándar durante todo el tiempo de operación. El que la radiación solar incida sobre la superficie de un módulo FV con un ángulo diferente de 0° implica unas pérdidas adicionales (mayores pérdidas a mayores ángulos de incidencia). Las pérdidas angulares se incrementan con el grado de suciedad.

Por otro lado, los dispositivos fotovoltaicos son espectralmente selectivos. Esto es, la corriente generada es diferente para cada longitud de onda del espectro solar de la radiación incidente (respuesta espectral). La variación del espectro solar en cada momento respecto del espectro normalizado puede afectar la respuesta de las células fotovoltaicas, dando lugar a ganancias o pérdidas energéticas.

## Descripción de un Sistema Solar Fotovoltaico

- Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado

Tanto en la parte DC como en la parte AC (desde la salida de los inversores hasta los contadores de energía) de la instalación, se producen unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión cuando una determinada corriente circula por un conductor de un material y sección determinados. Estas pérdidas se minimizan dimensionando adecuadamente la sección de los conductores en función de la corriente que por ellos circula.

- Pérdidas por temperatura

Los módulos fotovoltaicos presentan unas pérdidas de potencia del orden de un 4 % por cada 10 °C de aumento de su temperatura de operación (este porcentaje varía ligeramente en función de cada tecnología). La temperatura de operación de los módulos fotovoltaico depende de los factores ambientales de: irradiancia, temperatura ambiente, velocidad del viento, de la posición de los módulos o aireación por la parte posterior. Esto implica que, por ejemplo, a igualdad de irradiación solar incidente, un mismo sistema fotovoltaico producirá menos energía en un lugar cálido que en un clima frío. Al ser un elemento expuesto a la radiación solar de manera continuada, es necesario que exista una buena ventilación, tanto por la superficie expuesta, como por la parte posterior.

Para el cálculo del factor que considera las pérdidas medias mensuales debidas a la temperatura, "L<sub>tem</sub>", se hace uso de la siguiente expresión:

$$L_{tem} = g \times (T_c - 25^{\circ}C)$$

Siendo:

- g: Coeficiente de temperatura de la potencia, en 1 /°C. Este valor viene dado por el fabricante de la placa, si no por defecto se puede coger el valor 0,0035 / °C.
- T<sub>C</sub>: Temperatura de trabajo mensual de las placas fotovoltaicas. Para encontrar la T<sub>C</sub> se utiliza la siguiente expresión:

$$T_c = T_{amb} + \frac{(T_{onc} - 20^{\circ}C) \times E}{800}$$

### Capítulo 3

Siendo:

- $T_{amb}$ : Temperatura ambiente media mensual de la localidad donde se instalará la planta.
- $T_{ONC}$ : Temperatura de operación nominal del módulo. Temperatura que cogen las células solares cuando se somete la placa a una irradiación de  $800 \text{ W/m}^2$  con una AM de 1.5, una temperatura ambiente de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  y una velocidad de viento de  $1 \text{ m/s}$ .

Este dato será suministrado por el fabricante.

- E: Radiación media en un día soleado, en este caso  $800 \text{ W/m}^2$ .

- Pérdidas por sombreado del generador fotovoltaico

Los sistemas FV de conexión a red se suelen instalar en entornos urbanos en los que en muchas ocasiones, es inevitable la presencia de sombras en determinadas horas del día sobre el generador FV. Dichas sombras conducen a unas determinadas pérdidas energéticas causadas en primer lugar, por la disminución de captación de irradiación solar y en segundo lugar, por los posibles efectos de mismatch a las que puedan dar lugar. También pueden producirse sombras importantes de unos campos fotovoltaicos sobre otros.

- Pérdidas por degradación fotónica

Estas pérdidas se deben a un proceso natural de degradación de todas las células de silicio cristalino y se producen al exponer al sol por primera vez el panel fotovoltaico y se admite como valor el del 1 %.

- Pérdidas por rendimiento AC/DC del inversor

El inversor fotovoltaico se puede caracterizar por la curva de rendimiento en función de la potencia de operación.

Es importante seleccionar un inversor de alto rendimiento en condiciones nominales de operación y también es importante una selección adecuada de la potencia del inversor en función de la potencia del generador fotovoltaico. Por ejemplo, la utilización de un inversor de una potencia excesiva en función de la potencia del generador fotovoltaico dará lugar a que el sistema opere una gran parte del tiempo en valores de rendimiento muy bajos, con las consecuentes pérdidas de generación.

- Pérdidas eléctricas

A nivel de instalación eléctrica se producen caídas de potencial y de corriente debido a las secciones de los conductores. Para que dichos valores estén dentro de los límites contemplados en el Reglamento Electrotécnico (Intensidades Máximas según Tabla III de MIE BT 017 y caídas de tensión no superiores al 3 %). Se han tomado como base las siguientes expresiones:

$$\text{Intensidades: } I = \frac{P}{U \times \cos \theta}$$

$$\text{Caídas de tensión: } \Delta U = \frac{2 \times I \times l \times \cos \theta}{\lambda \times S}$$

Siendo:

- P: Potencia activa [W].
  - U: Tensión [V].
  - I: Intensidad [A].
  - Cos  $\theta$ : Factor de potencia (valor 0,85).
  - $\Delta U$ : Caída de Tensión [V].
  - l: Largada de la línea [m].
  - $\lambda$ : Conductividad del conductor (en este caso, la del cobre = 56).
  - S: Sección del conductor [mm<sup>2</sup>].
- 
- Pérdidas por reflectancia  
Estimadas por la Universidad de Ginebra y que hacen referencia a los efectos angulares de reflexión deben considerarse en un 2,9 %.

Además de las pérdidas consideradas anteriormente, puede haber otras específicas para cada instalación, como pueden ser: averías o mal funcionamiento, los efectos de la disminución del rendimiento de los módulos FV a bajas irradiancias, etc.

# CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

## 4.1. EMPLAZAMIENTO

La instalación fotovoltaica objeto de esta memoria, se situará en la cara sur de la cubierta de la vivienda unifamiliar situada en la calle Olivas, nº 18, en la localidad de Yuncos (Toledo).

Coordenadas:

- Latitud: 40,0915°
- Longitud : -3,9033°

La cara sur de la vivienda cuenta con unas dimensiones en planta de unos 12,3 metros de largo por unos 12 metros de ancho, cuenta con 2 alturas diferentes, variables debidas a su diseño y está orientada al sur con un desvío de 17° respecto del mismo.

Exteriormente, cuenta con un patio delantero donde se dispone de iluminación y conexiones a la red eléctrica, de una piscina, una barbacoa y cocina exterior.

Fundamentalmente, nos vamos a centrar en la alimentación para el interior de la vivienda: iluminación, uso de electrodomésticos, uso de máquinas eléctricas y sistema de calefacción de gasóleo. Y en el exterior: de la alimentación del sistema de filtrado y depuración (por el método de electrólisis salina) de la piscina en verano, así como de los servicios adyacentes (iluminación exterior y enchufes).

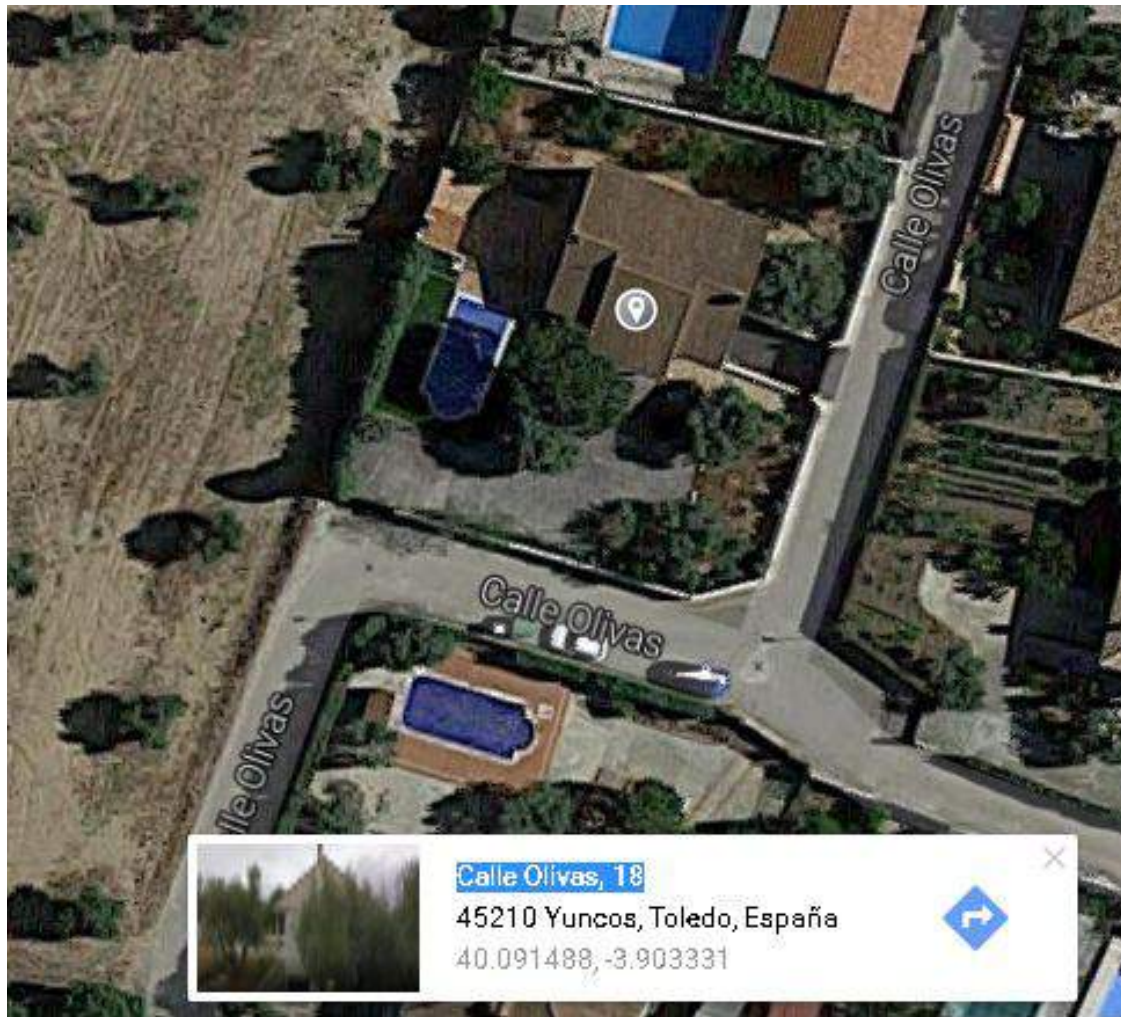


Figura 4.1: Vista en planta de la vivienda



## 4.2. GENERADOR FOTOVOLTAICO (FV)

El generador solar está compuesto por **20 módulos fotovoltaicos**, conectados en dos ramas en paralelo y cada una de ellas tiene diez paneles conectados en serie. Debido a las características de la zona central del tejado, la separación entre ellos será mínima, para así aprovechar la superficie disponible al máximo, pero suficiente para al mismo tiempo favorecer la ventilación y disminuir en la manera de lo posible los sobrecalentamientos de las placas y minimizar las pérdidas excesivas por este concepto.

Se utilizarán paneles de la marca "SunPower", y más exactamente el modelo "SPR-X21-345", de células de silicio monocristalino con uno de los rendimientos más altos actualmente en el mercado (declarado del 21,5 %), Las especificaciones eléctricas para una radiación estándar de 1000 W/m<sup>2</sup> y 25 °C son las siguientes:

Potencia pico ( $P_{MAX}$ )	345 W + 5/- 0 %
Tensión en vacío ( $U_0$ )	68,2 V
Intensidad de cortocircuito ( $I_{CC}$ )	6,39 A
Tensión en el punto de máxima potencia ( $U_{MP}$ )	57,3 V
Intensidad en el punto de máxima potencia ( $I_{MP}$ )	6,02 A

Tabla 4.1: Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico

En la siguiente tabla se pueden ver el resto de especificaciones del modulo fotovoltaico. Las dimensiones son sin ningún tipo de sujeción.

Altura	1558 mm
Anchura	1046 mm
Profundidad	46 mm
Peso	18,6 kg
Células fotovoltaicas por placa	96 Maxeon Gen III

Tabla 4.2: Especificaciones físicas del módulo fotovoltaico

#### 4.2.1. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS PANELES

A la hora de diseñar este tipo de instalaciones solares, es muy importante decidir la orientación de los paneles, ya que interesará que los paneles capturen la mayor cantidad de radiación solar posible. Esta orientación puede ser impuesta por el emplazamiento donde vamos a instalar los paneles, como es el caso de tejados con una cierta orientación (como es nuestro caso), o libre si la ubicación lo permite, como extensiones de terreno llanas.

Según el IDAE, la orientación se define por el ángulo llamado azimut  $\alpha$ , que es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Los valores típicos son  $0^\circ$  para los módulos al sur,  $-90^\circ$  para módulos orientados al este y  $+90^\circ$  para módulos orientados al oeste.

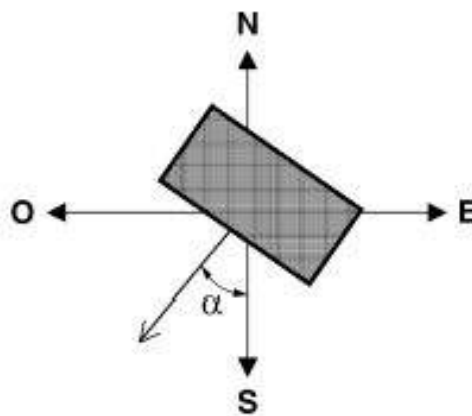


Figura 4.2: Representación del ángulo azimut

Para hallar la orientación óptima de los paneles solares debe considerarse la ubicación de los mismos. En este caso, los paneles captarán la mayor cantidad de radiación solar si se orientan al sur geográfico, donde  $\alpha = 0^\circ$ .

Otro punto importante para el diseño de estas instalaciones fotovoltaicas, es la inclinación que deben tener los módulos para la captación de la mayor cantidad de radiación solar.

Según el Pliego de Condiciones del IDAE, la inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación  $\beta$ , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es  $0^\circ$  para módulos horizontales y  $90^\circ$  para módulos verticales.

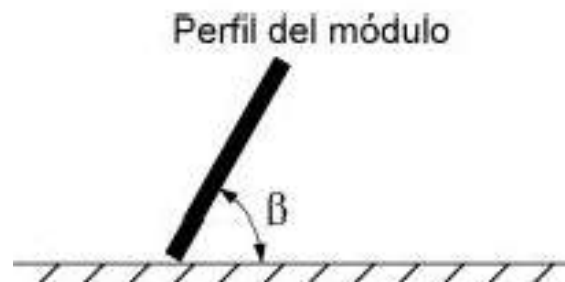


Figura 4.3: Representación de la inclinación de los módulos

## Capítulo 4

El cálculo de la inclinación óptima de los paneles solares, se suele obtener mediante el método del "mes peor", en el cual, se considera el mes de menor radiación captada sobre los paneles. Para utilizar este método ha de tenerse en cuenta dos variables: el periodo para el cual se utilizará la instalación solar fotovoltaica (debe definirse si se explotará en verano, en invierno o durante todo el año) y la latitud del emplazamiento donde estarán instalados los paneles solares.

En el caso de nuestro generador, debido a las características constructivas de la cubierta de la casa (tejado de tejas) y tratar de optimizar al máximo la poca superficie disponible, se va a emplear un sistema de fijación que obliga a realizar la instalación con igual orientación e inclinación que el de la cubierta y por tanto, estos cálculos no son necesarios.

### 4.2.2. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE MÓDULOS

Con el fin de que no se produzcan sombras de unos módulos sobre otros, hay casos en los que se calcula la distancia mínima de separación entre las distintas filas de módulos solares que componen el generador fotovoltaico.

Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, la distancia "d", medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo, de altura "h", que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia "d" será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = \frac{h}{\text{tag}(61^\circ - \text{latitud})}$$

En la siguiente figura se muestran todas las medidas que se debe de tener en cuenta:

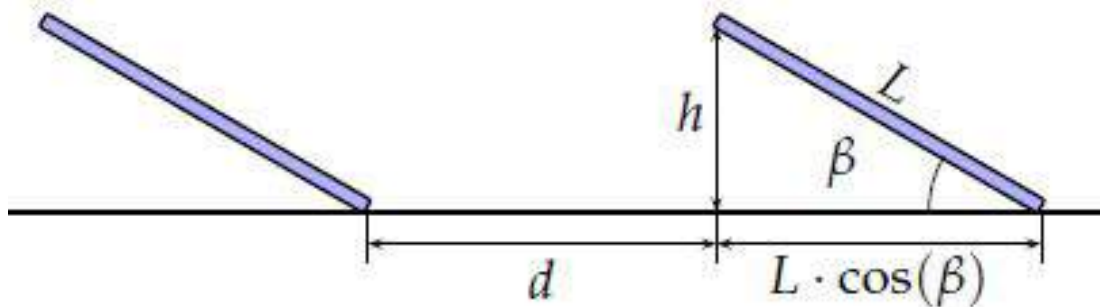


Figura 4.4: Representación de distancia mínima entre filas de paneles

La distancia de separación entre filas de módulos dependen del ángulo de inclinación de estos, así que cuanto más inclinado esté el panel, deberá guardarse mayor distancia entre filas.

Como se ha comentado anteriormente, debido a las características de fijación de los paneles en la cubierta, estos tendrán una inclinación de  $0^\circ$  y por tanto, no es necesario ningún tipo de cálculo a este respecto.

### 4.3. INVERSOR

Una de las decisiones más importantes que se deben tomar en este tipo de diseños es la elección correcta de un inversor. Para la elección de un inversor que cumpla tanto las normas establecidas por el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, como los requerimientos técnicos que imponen los paneles solares, se calcularán las tensiones y corrientes máximas y mínimas que podrán tenerse a la salida del generador, teniendo en cuenta tanto el funcionamiento normal de los paneles solares a la hora de entregar la máxima potencia, como el funcionamiento de los paneles solares cuando están sometidos a condiciones de temperatura distintas a las establecidas en las condiciones estándar de medida.

#### 4.3.1. TENSION Y CORRIENTE EN EL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA

Uno de los puntos a considerar a la hora de la elección del inversor, será que esté equipado con un dispositivo electrónico de seguimiento del punto de máxima potencia de los paneles para así obtener la máxima eficiencia energética del generador. Por lo tanto, se considerará que en condiciones normales de funcionamiento, se entregará la máxima potencia a una tensión dada en la hoja de características.

La tensión normal de funcionamiento o tensión de máxima potencia del generador fotovoltaico, conociendo la disposición en serie y paralelo de los paneles a la cual deberá funcionar el inversor en condiciones normales, vendrá dada al multiplicar la tensión de punto de máxima potencia ( $V_{MPP}$ ) de cada panel por el número de paneles en serie en cada ramal del generador:

$$V_{MPP\,TOTAL} = V_{MPP} \times N_S = 57,3 \, V \times 10 \, \text{paneles} = 573 \, V$$

Y la corriente que suministra el generador fotovoltaico cuando proporciona la máxima potencia vendrá dada al multiplicar la corriente de punto de máxima potencia ( $I_{MPP}$ ) de cada panel por el número de paneles en paralelo o ramales:

$$I_{MPP\,TOTAL} = I_{MPP} \times N_P = 6,02 \, A \times 2 \, \text{ramales} = 12,04 \, A$$

#### 4.3.2. CORRECCIÓN DE TENSION Y CORRIENTE DEBIDAS A LA TEMPERATURA

En la cubierta de la casa se considerará un rango de temperaturas ambiente de entre  $-5 \, ^\circ\text{C}$  como mínimo en invierno y de  $45 \, ^\circ\text{C}$  como máximo en verano. Con estos datos, la temperatura de la célula será distinta a  $25 \, ^\circ\text{C}$ , valor considerado como condición estándar de medida y para el cual se muestran los parámetros fundamentales de los paneles solares.

## Capítulo 4

La temperatura de trabajo que alcanzan las células de los paneles fotovoltaicos puede aproximarse mediante la expresión:

$$T_P = T_a + \left( \frac{T_{ONC} - 20}{800} \right) \cdot I$$

donde:

- $T_P$  es la temperatura que alcanza la célula a una temperatura ambiente determinada.
- $T_a$  es la temperatura ambiente del lugar donde están instalados los paneles solares.
- $T_{ONC}$  es la temperatura nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de  $800 \text{ W/m}^2$  con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de  $20 \text{ °C}$  y la velocidad del viento, de  $1 \text{ m/s}$ . ( $T_{ONC} = 41,5 \text{ °C}$ ).
- $I$  es la irradiancia media dependiendo del periodo en el que se encuentre. (En verano  $I = 1000 \text{ W/m}^2$  y en invierno  $I = 100 \text{ W/m}^2$ ).

Para conocer la tensión de circuito abierto, que se medirá a la salida de cada panel cuando están trabajando bajo estas condiciones de temperatura de célula diferente a  $25 \text{ °C}$ , se aplicará el coeficiente de temperatura para la tensión de circuito abierto ( $V_{OC}$ ), proporcionado por el fabricante sobre la siguiente ecuación:

$$V_{OC(X^\circ C)} = V_{OC(25^\circ C)} + \Delta T \cdot \Delta V_{OC}(T)$$

donde:

- $V_{OC(X^\circ C)}$  es la tensión a circuito abierto del panel a una temperatura de célula  $X$ .
- $V_{OC(25^\circ C)}$  es la tensión a circuito abierto del panel en condiciones estándar de medida.  
 $V_{OC(25^\circ C)} = 68,2 \text{ V}$
- $\Delta T$  es la variación de la temperatura de trabajo del panel y las condiciones estándar de medida.
- $\Delta V_{OC}(T)$  es el coeficiente de temperatura de la tensión de circuito abierto del panel.  
 $\Delta V_{OC}(T) = -167,4 \text{ mV/°C}$

A la corriente de cortocircuito, que se producirá a la salida de cada panel cuando están trabajando bajo estas condiciones de temperatura de célula diferente a 25 °C, se aplicará el coeficiente de temperatura para la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ), proporcionado por el fabricante sobre la siguiente ecuación:

$$I_{sc(X^{\circ}C)} = I_{sc(25^{\circ}C)} + \Delta T \cdot \Delta I_{sc}(T)$$

donde:

- $I_{sc(X^{\circ}C)}$  es la corriente de cortocircuito del panel a una temperatura de célula X.
- $I_{sc(25^{\circ}C)}$  es la corriente de cortocircuito del panel en condiciones estándar de medida.  
 $I_{sc(25^{\circ}C)} = 6,39 \text{ A}$ .
- $\Delta I_{sc}(T)$  es el coeficiente de temperatura de la corriente de cortocircuito del panel.  
 $\Delta I_{sc}(T) = 2,9 \text{ mA/}^{\circ}\text{C}$ .

Por tanto, para una temperatura ambiente de -5 °C, la temperatura de célula de los paneles solares será:

$$T_p = -5 + \frac{41,5 - 20}{800} \times 100 = -2,3125^{\circ}\text{C}$$

Con esta temperatura de célula, la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito del panel serán:

$$V_{OC(-2,3125^{\circ}\text{C})} = 68,2 + (-2,3125 - 25) \times (-0,1674) = 72,77 \text{ V}$$

$$I_{SC(-2,3125^{\circ}\text{C})} = 6,39 + (-2,3125 - 25) \times (-0,0029) = 6,31 \text{ A}$$

Ahora, multiplicando el número de paneles en serie de cada ramal del generador por la tensión de circuito abierto de cada panel para una temperatura ambiente de -5 °C, se obtiene la tensión de circuito a la salida del generador fotovoltaico durante el invierno. Y multiplicando el número de ramales en paralelo del generador fotovoltaico por la corriente de cortocircuito de cada panel para una temperatura ambiente de -5 °C, se obtiene la corriente de cortocircuito a la salida del generador durante el invierno:

$$V_{OC(-2,3125^{\circ}\text{C})TOTAL} = V_{OC(-2,3125^{\circ}\text{C})} \times N_s = 72,77 \text{ V} \times 10 \text{ paneles} = 727,7 \text{ V}$$

$$I_{SC(-2,3125^{\circ}\text{C})TOTAL} = I_{SC(-2,3125^{\circ}\text{C})} \times N_p = 6,31 \text{ A} \times 2 \text{ ramales} = 12,62 \text{ A}$$

Ahora, para obtener la tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico durante el periodo de verano, se considerará la temperatura de 45 °C indicada anteriormente, por lo que la temperatura de las células que componen los paneles fotovoltaicos será:

$$T_p = 45 + \frac{41,5 - 20}{800} \times 100 = 47,6875^{\circ}\text{C}$$

## Capítulo 4

Para esta temperatura de célula, la tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito del panel serán:

$$V_{OC(47,6875^{\circ}C)} = 68,2 + (47,6875 - 25) \times (-0,1674) = 64,40 \text{ V}$$

$$I_{SC(47,6875^{\circ}C)} = 6,39 + (47,6875 - 25) \times (-0,0029) = 6,324 \text{ A}$$

Una vez obtenidas la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito de cada módulo solar bajo una temperatura ambiente de 45 °C, se hallará la tensión de circuito abierto total del generador, multiplicando esta tensión por el número de paneles solares conectados en serie en cada ramal del generador y la corriente de cortocircuito total del generador, multiplicando corriente de cortocircuito de cada uno de los módulos solares por el número de ramales o paneles conectados en paralelo del generador:

$$V_{OC(47,6875^{\circ}C)TOTAL} = V_{OC(47,6875^{\circ}C)} \times N_S = 64,40 \text{ V} \times 10 \text{ paneles} = 644 \text{ V}$$

$$I_{SC(47,6875^{\circ}C)TOTAL} = I_{SC(47,6875^{\circ}C)} \times N_P = 6,324 \text{ A} \times 2 \text{ ramales} = 12,648 \text{ A}$$

Por último, deberán tenerse en cuenta los valores de tensión de máxima potencia que se alcanzarán en la instalación, ya que estos variarán al igual que los valores de tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito según varíe la temperatura ambiente.

Para obtener el coeficiente de variación para tensión de máxima potencia respecto a la temperatura, se utilizará la igualdad  $V_{MPP} \approx 0,76 \times V_{OC}$ , ya que la variación también lo cumplirá y por tanto  $\Delta V_{MPP}(T) \approx 0,76 \times \Delta V_{OC}(T)$ .

$$\Delta V_{MPP}(V) \approx 0,76 \times (-0,1674) = -0,127 \text{ V}/^{\circ}C$$

Las tensiones que cada uno de los módulos solares alcanzarán en el punto de máxima potencia cuando se encuentren a temperatura ambiente de -5 °C (temperatura de célula fotovoltaica -2,3125 °C) y de 45 °C (temperatura de célula fotovoltaica 47,6875 °C) serán:

$$V_{MPP(47,6875^{\circ}C)} = 57,3 + (47,6875 - 25) \times (-0,127) = 54,42 \text{ V}$$

$$V_{MPP(-2,3125^{\circ}C)} = 57,3 + (-2,3125 - 25) \times (-0,127) = 60,77 \text{ V}$$

Por tanto, el rango de tensiones del punto de máxima potencia que deberá ser soportado por el inversor, será calculado multiplicando los valores de tensión de máxima potencia de cada módulo solar obtenidos para las diferentes condiciones por el número de paneles conectados en serie en cada uno de los ramales, obteniéndose así, la tensión máxima y mínima que proporcionará el generador fotovoltaico en condiciones de máxima potencia:

$$V_{MPP(47,6875^{\circ}C)TOTAL} = 54,42 \text{ V} \times 10 \text{ paneles} = 544,2 \text{ V}$$

$$V_{MPP(-2,3125^{\circ}C)TOTAL} = 60,77 \text{ V} \times 10 \text{ paneles} = 607,7 \text{ V}$$

### 4.3.3. ELECCIÓN DEL INVERSOR

Por tanto, para la elección del inversor a instalar para la conversión de potencia continua a potencia alterna del generador solar fotovoltaico, deberán considerarse los siguientes valores de interés:

Casos	Tensión de máxima potencia	Tensión de circuito abierto	Corriente de cortocircuito
Invierno (-5 °C)	607,7 V	727,7 V	12,62 A
Verano (45 °C)	544,2 V	644 V	12,648 A

Tablaa 4.3: Valores de tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito

Atendiendo a estos valores de tensión y corriente, se ha elegido el inversor de "FRONIUS", modelo "PRIMO 5.0-1", cuya tabla de especificaciones técnicas es:

DATOS DE ENTRADA	Fronius Primo 5.0-1
Máx. corriente de entrada (Idc máx. 1 7 Idc máx. 2)	12 A / 12 A
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPP1/MPP2)	18 A / 18 A
Mínima tensión de entrada (Udc mín.)	80 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio (Udc arranque)	80 V
Tensión de entrada nominal (Udc, r)	710 V
Máx. tensión de entrada (Udc máx.)	1.000 V
Rango de tensión MPP (Umpp mín. - Umpp máx.)	240 - 800 V
Número de seguidores MPP	2
Número de entradas CC	2 + 2
Máxima salida del generador FV (Pdc máx.)	7,5 kW pico
<b>DATOS DE SALIDA</b>	
Potencia nominal CA (Pac,r)	5.000 W
Máx. potencia de salida	5.000 VA
Máx. corriente de salida (Iac máx.)	21,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1~NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %
Factor de potencia (cos φac,r)	0,85 -1 ind. / cap.
<b>DATOS GENERALES</b>	



## Capítulo 4

Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm
Peso	21,5 kg
Tipo de protección	IP 65
Clase de protección	1
Categoría de sobretensión (CC/CA) <sup>1)</sup>	2 / 3
Consumo nocturno	< 1 W
Concepto de inversor	Sin transformador
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada
Instalación	Instalación interior y exterior
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C
Humedad de aire admisible	0 - 100 %
Máx. altura	4.000 m
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105
<b>RENDIMIENTO</b>	
Máximo rendimiento	98,0 %
Rendimiento europeo ( $\eta$ EU)	97,1 %
$\eta$ con 5% Pac, $r^{2)$	80,8 / 82,5 / 82,5 %
$\eta$ con 10% Pac, $r^{2)$	89,6 / 94,8 / 93,1 %
$\eta$ con 20% Pac, $r^{2)$	93,4 / 97,2 / 96,2 %
$\eta$ con 25% Pac, $r^{2)$	94,1 / 97,3 / 96,8 %
$\eta$ con 30% Pac, $r^{2)$	94,7 / 97,4 / 97,0 %
$\eta$ con 50% Pac, $r^{2)$	95,8 / 97,9 / 97,7 %
$\eta$ con 75% Pac, $r^{2)$	96,1 / 98,0 / 97,9 %
$\eta$ con 100% Pac, $r^{2)$	96,2 / 97,9 / 97,9 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %
<b>EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD</b>	
Medición del aislamiento CC	Sí

## Descripción de la Instalación

Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia
Seccionador CC	Sí
Protección contra polaridad inversa	Sí
<b>INTERFACES</b>	
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda
USB (Conector A) <sup>3)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>3)</sup>	Fronius Solar Net, Protocolo Interface
Salida de aviso <sup>3)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)
Datalogger y Servidor web	Incluido
Input externo <sup>3)</sup>	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador

Tabla 4.4: Especificaciones técnicas y físicas del inversor

Para la elección de este modelo de inversor se han tenido en cuenta varios puntos a destacar:

- El rango de tensiones en el que el inversor puede trabajar oscila entre 240 y 800 V. Por tanto, trabajará perfectamente bajo cualquiera de las condiciones en las que se encuentren los paneles fotovoltaicos, ya que cuando los paneles estén entregando la máxima potencia, la tensión total que producirán en dicho punto de máxima potencia oscilará entre  $V_{MPP(-2,3125^{\circ}C)} = 607,7 \text{ V}$  y  $V_{MPP(47,6875^{\circ}C)} = 544,2 \text{ V}$ , que está dentro del rango de tensiones. Además, si los paneles están trabajando en condiciones invernales, como máximo suministrarán una tensión de circuito abierto de  $V_{OC(-2,3125^{\circ}C)} = 727,7 \text{ V}$  que también se encuentra en el rango de tensión de funcionamiento del inversor. Por otro lado, cuando los paneles trabajen bajo condiciones de altas temperaturas, la tensión máxima de circuito abierto que ofrecerán será de  $V_{OC(47,6875^{\circ}C)} = 644 \text{ V}$ , que está también dentro del rango de tensiones.
- La máxima tensión de entrada a módulos es de 1000 VDC. Por tanto, cumple perfectamente los requerimientos técnicos de la instalación solar, ya que como máximo, los paneles solares suministrarán una tensión de circuito abierto de  $V_{OC(-2,3125^{\circ}C)} = 727,7 \text{ V}$  bajo condiciones ambientales veraniegas.

## Capítulo 4

- La corriente máxima de entrada al inversor son 18 A, este valor es superior a la máxima corriente proporcionada por los paneles solares de  $I_{SC(47,6875^{\circ}C)} = 12,648$  A, que será la producida en condiciones de cortocircuito a una temperatura ambiente de 45 °C.
- La potencia nominal de paneles para la que está diseñado este inversor es 5 kWp, pero permite hasta un máximo de potencia de funcionamiento de paneles de 7,5 kWp, en el cual el rendimiento del inversor seguirá siendo máximo, ya que se supone que los paneles no entregarán la máxima potencia siempre. El generador fotovoltaico en este caso suministrará una potencia de 6,9 kWp como máximo, valor que está dentro del rango de potencias para que el inversor está dimensionado y en el caso de llegar a producir la máxima potencia, el inversor funcionará a pleno rendimiento.

El inversor cumple con la normativa vigente para este tipo de equipos destinados a la producción de energía mediante la tecnología solar fotovoltaica, incluso para su colocación en el exterior debido a su alto índice de protección IP65. Pero para aumentar su grado de protección ante condiciones externas adversas y así preservarlo por más tiempo sin ningún tipo de contratiempo, será instalado en el interior de la vivienda, más exactamente en el garaje, situado en la planta semisótano.

Como último punto de este apartado y no por ello menos importante, para la elección de este inversor se ha tenido en cuenta, además de todo lo anterior, su equipamiento adicional de monitorización vía WLAN/LAN, pues ello ayudará a tener controlado en todo momento el óptimo funcionamiento del equipo y por ende, de toda la instalación. La diferencia de precio entre la versión con el módulo de control remoto y sin él (denominada "Light") es de aproximadamente 130 euros, siendo una cifra asumible por el costo que podría tener instalar un modulo similar en el futuro (uno del mismo fabricante tiene un costo de unos 250 €). Adicionalmente, dicha funcionalidad permite poder configurar la funcionalidad de vertido cero a la red, la cual es necesaria para la instalación del generador fotovoltaico, ya que es exigida por normativa.

## 4.4. CABLEADO

### 4.4.1. CABLEADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO E INVERSOR

La elección de la sección de cableado en sistemas fotovoltaicos se basa principalmente en dos criterios: el térmico y el de la caída de tensión. Ambos se deben a la resistencia ofrecida por el cable. El primero está relacionado con el efecto Joule, que supone una emisión de calor que debe quedar por debajo de la soportada por el cable. El segundo tiene en cuenta la caída de tensión debida al paso de corriente a través de la resistencia equivalente del cable.

En este apartado se siguen las indicaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), que establece las condiciones de seguridad y funcionamiento en lo que se refiere al cableado de instalaciones de baja tensión. Así mismo, se busca utilizar el cable óptimo, de manera que no se usen secciones mayores de las que sean precisas.

Los criterios en los que se basará la utilización de una sección de otra son:

- El conductor deberá de soportar una corriente máxima admisible superior a la máxima corriente que pueda circular por él.
- La caída de tensión producida en el cable al circular la corriente máxima a través de él ha de ser inferior al valor especificado en el Pliego de Condiciones Técnicas. (Diseño de una instalación fotovoltaica de 200 kW en un edificio).

Salvo que se especifique lo contrario, utilizaremos conductores unipolares de cobre con aislamiento de PVC, ya que su eficacia está demostrada y tienen un coste bajo. Para el cálculo de la caída de tensión máxima, se tomarán los valores aconsejados recogidos por el IDAE en el Pliego de Condiciones Técnicas.

La sección del conductor, por lo tanto, se dimensionará teniendo en cuenta estos dos criterios y sin olvidarnos de aplicar los diferentes factores de corrección establecidos por el REBT (temperatura ambiente, canalización, agrupaciones de cables, etc.).

Todo el cableado de corriente continua será de doble aislamiento y adecuado para uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

## Capítulo 4

Lo habitual para el cálculo de las secciones de cableado de este tipo de instalaciones es dividir la instalación en diferentes partes o tramos, ya que las tensiones e intensidades varían, por lo que, el tipo de cable y la sección se deben adecuar a cada tramo. Para calcular la sección necesaria según el criterio de caída de tensión, es aplicable la primera ecuación, para los tramos de corriente continua, y la segunda, para el tramo entre inversor y punto de conexión a red en sistemas monofásicos:

$$S_{dc} = \frac{2 \cdot l_{dc} \cdot I_{dc}}{56 \cdot \Delta V_{dc}} \quad S_{1ac} = \frac{2 \cdot l_{1ac} \cdot I_{1ac}}{56 \cdot \Delta V_{1ac}}$$

donde:

- $S_{dc}$  es la sección de los conductores de corriente continua.
- $l_{dc}$  la distancia a cubrir con un circuito de corriente continua (el factor 2 tiene en cuenta que se necesitan dos conductores para este circuito).
- $I_{dc}$  la corriente nominal (habitualmente la del punto MPP) que circula por el circuito de corriente continua.
- $\Delta V_{dc}$  la caída de tensión existente entre la entrada y la salida del circuito de corriente continua.

\* (La nomenclatura es similar para la segunda ecuación).

Según el apartado 5 de la ITC-BT-40, la caída máxima de tensión de la tensión nominal entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5 % para la intensidad nominal. Habitualmente se aplica este mismo porcentaje de forma separada para los circuitos de continua y de alterna, teniendo en cuenta que cada zona (DC y AC) tiene su propia tensión nominal.

Además, hay que tener en cuenta que éste es un requisito que afecta a la totalidad del circuito: cuando un circuito está dividido en varios tramos (por ejemplo, por el uso de cajas de paralelos), la caída de tensión total del circuito es la suma de las respectivas caídas en cada uno de los tramos, y es esta suma a la que aplica el porcentaje anterior. Al existir dos tramos y una única condición, existe un grado de libertad que permite, o fijar la sección de uno de los tramos u optimizar el volumen total de conductor empleado.

Con este resultado, es necesario comprobar el cumplimiento del criterio térmico. Según el apartado 5 de la ITC-BT-40, el cable debe ser dimensionado para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador.

## Descripción de la Instalación

En la zona de Corriente de Continua, esta máxima intensidad se corresponde con la corriente de cortocircuito del circuito en análisis. Para la sección obtenida con el criterio de caída de tensión, el valor  $1,25 \times I_{sc}$  debe ser inferior a la intensidad máxima admisible del cable para sus condiciones de servicio.

Las tablas de la ITC-BT-07 recogen valores de intensidad máxima admisible para el conjunto de secciones normalizadas para diferentes conductores (cobre y aluminio), aislamiento (XLPE, EPR y PVC) y tipo de instalación (enterrados, al aire, etc.). Además, existen diversos factores de corrección dependiendo de la temperatura ambiente, de las condiciones del terreno, de la agrupación de los cables, etc.

En general, debido a la combinación de distancias grandes y corrientes de bajo valor, las secciones que resultan del criterio de caída de tensión aplicado a los Sistemas Fotovoltaicos son capaces de conducir la corriente del sistema, salvo en conexiones de corta longitud.

Para el desarrollo matemático, utilizaremos las fórmulas mencionadas anteriormente y con los datos de longitud a cubrir extraídos de la propia instalación:

- Corriente Continua:

$l_{DC}$	$I_{DC}$	$\Delta V_{DC}$	$S_{DC}$
35 m	$12,04 \text{ A} \times 1,25 = 15,05 \text{ A}$	$573 \text{ V} \times 1,5 \% = 8,595 \text{ V}$	$2,188 \text{ mm}^2 \approx 2,2 \text{ mm}^2$

- Corriente Alterna:

$l_{1AC}$	$I_{1AC}$	$\Delta V_{1AC}$	$S_{1AC}$
10 m	$21,7 \text{ A} \times 1,25 = 27,125 \text{ A}$	$230 \text{ V} \times 1,5 \% = 3,45 \text{ V}$	$2,808 \text{ mm}^2 \approx 2,8 \text{ mm}^2$

## Capítulo 4

<b>A</b>		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
<b>A2</b>		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes.	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
<b>B</b>		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra.				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
<b>B2</b>		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial y empotrados en obra.			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
<b>C</b>		Cables multiconductores directamente sobre la pared					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
<b>E</b>		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3D					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
<b>F</b>		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D.					3x PVC				3x XLPE o EPR	
<b>G</b>		Cables unipolares separados mínimo D.								3x PVC		3x XLPE o EPR
<b>Cobre</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	205
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
185				268	297	317	354	386	415	464	601	
240				315	350	374	419	455	490	552	711	
300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Tabla 4.5: Intensidades en amperios para conductores de cobre

Dado que la sección de los cables está normalizada, se deberá optar por la sección inmediatamente superior, y por tanto, la conexión del generador al inversor (DC) y del inversor a la red (AC monofásica) se debería realizar con cables de secciones:

- Tramo continua (DC): **2,5 mm<sup>2</sup>**
- Tramo alterna monofásica (1AC): **4 mm<sup>2</sup>**

### 4.4.2. CABLEADO DE PROTECCIÓN

Para la protección de la propia instalación y de los posibles operarios encargados del mantenimiento de la misma, el REBT establece que deben conectarse correctamente todas las masas metálicas de una instalación con tierra, con el objetivo de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima al terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corriente de defecto o las descargas de origen atmosférico.

Según la norma ITC-BT-18, la puesta a tierra de una instalación está compuesta por:

- Tomas a tierra:  
son electrodos formados por barras, tubos, pletinas o mallas que están en contacto directo con el terreno donde se drenará la corriente de fuga que se pueda producir en algún momento. Estas tomas a tierra deberán ser de materiales específicos y estarán enterrados a una profundidad adecuada para las características de la instalación a proteger. En este proyecto se utilizará la toma a tierra de la propia vivienda.
  
- Conductores de tierra:  
son los conductores que unen el electrodo de la puesta a tierra de la instalación con el borne principal de puesta a tierra. Se utilizará el conductor de tierra que posee la vivienda.
  
- Bornes de puesta a tierra:  
son la unión de todos los conductores de protección de la instalación que provienen de los diferentes elementos o masas a proteger. Se utilizará el borne de puesta a tierra que conecta los conductores de protección y el conductor de tierra de la propia vivienda.
  
- Conductores de protección:  
sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos. Unirán las masas a borne de puesta a tierra y con ello al conductor de tierra.



## Capítulo 4

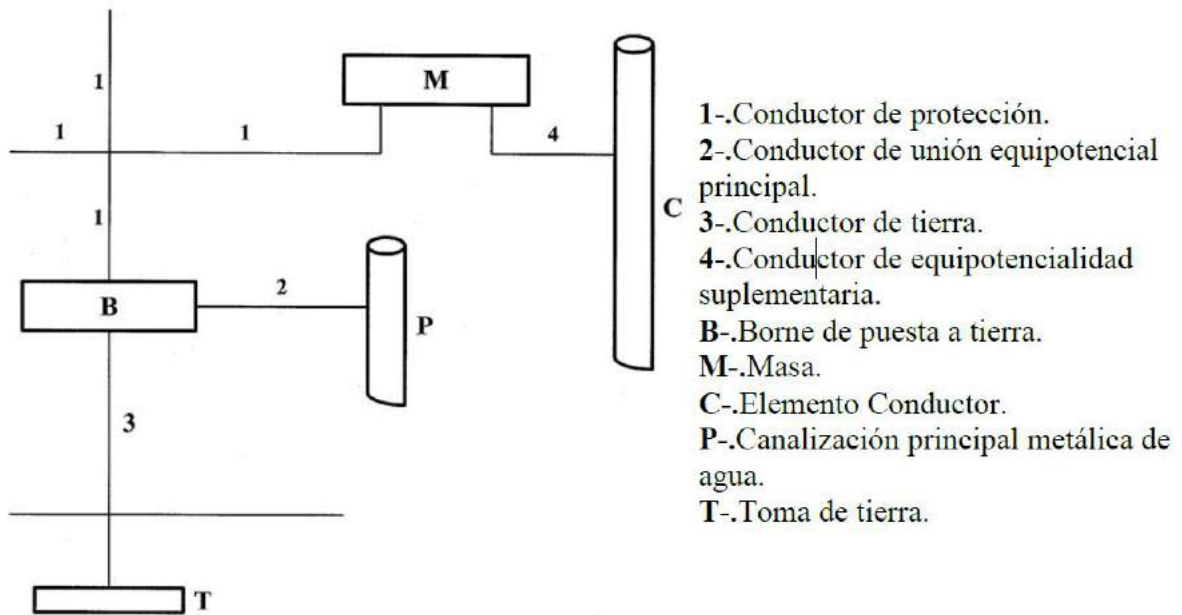


Figura 4.5: Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra

Según la norma ITC-BT-18, los conductores de protección deberán ser del mismo material que los conductores activos utilizados en la instalación, en este caso serán de cobre e irán alojados en la canalización utilizada para los conductores activos de la instalación. La sección de los conductores de protección viene dada por la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase de la instalación $S$ ( $\text{mm}^2$ )	Sección mínima de los conductores de protección $S_p$ ( $\text{mm}^2$ )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Tabla 4.6: Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Por tanto, los conductores de protección tendrán diferente sección, dependiendo el tramo de cableado donde se encuentren:

- Tramo continua (DC): **2,5 mm<sup>2</sup>**
- Tramo alterna monofásica (1AC): **4 mm<sup>2</sup>**

#### 4.4.3. CANALIZACIÓN DEL CABLEADO

La instalación de las canales protectoras donde irán alojados los conductores del circuito se llevará a cabo tal y como muestra la norma ITC-BT-21:

- La instalación y puesta en obra de las canales protectoras deberá cumplir lo indicado en la norma UNE 20.460-5-52 y en las Instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.
- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.
- Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.
- No se podrán utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-18 para canalizaciones prefabricadas.
- La tapa de las canales quedará siempre accesible.

Por tanto, el trazado en la cubierta de la vivienda discurrirá por canaletas rectangulares de acero recubierta de material epoxi. Para ello, se ha optado por canaletas marca UNEX modelo 66U43X aislantes con tapa de PVC M1, por sus buenas características técnicas:

- Protección contra contactos directos e indirectos.
- Sin necesidad de puesta a tierra.
- Evita corrientes de fuga, cortocircuitos con las bandejas y arcos eléctricos.
- El corte de la bandeja no produce aristas que dañen el aislamiento de los conductores.

Asimismo, se utilizarán también tubos de protección para los tramos de conexión de los módulos fotovoltaicos a las propias canaletas. Para ello, se ha optado por tubos metálicos con cubierta estanca de la marca HellermannTyton modelo LTSUL16, por sus excelentes características técnicas y por estar especialmente indicado para su uso en instalaciones del sector de la energía solar:

- Estanqueidad (IP68 e IP69 junto a sus racores para LTS).
- Con aprobación UL y CSA.
- Alta resistencia a la compresión, a la torsión y al impacto.
- Buena flexibilidad.
- Ligero recubrimiento, no se arruga cuando es doblado.
- Resistente a grasas, aceites, al petróleo y ácidos.
- Resistente a los UV, ideal para uso externo.

### 4.5. PROTECCIONES

Para proporcionar seguridad tanto a los equipos que forman la instalación solar fotovoltaica como al personal encargado de su mantenimiento y correcta operación, es necesario proporcionar una serie de elementos de protección que aseguren una explotación correcta de la instalación.

Al igual que para el cálculo del cableado de la instalación, el cálculo de protecciones se realizará independientemente para cada uno de los circuitos que forman la instalación, diferenciando entre tramos de Corriente Continua y de Corriente Alterna, ya que las protecciones deberán ser distintas para cada tramo, dependiendo de la naturaleza continua o alterna del tramo y al valor de corriente admisible por los conductores.

Aunque los fusibles e interruptores para corriente continua son diferentes a los de corriente alterna, su cálculo es similar; según la Norma ITC-BT-22 del REBT, un dispositivo protege contra sobrecargas a un conductor si se verifican las siguientes condiciones:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$
$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

donde:

- $I_B$  es la corriente de empleo o de utilización.
- $I_N$  es la corriente nominal del dispositivo de protección.
- $I_Z$  es la corriente máxima admisible por el elemento a proteger.
- $I_2$  es la corriente convencional de funcionamiento del dispositivo de protección (fusión de los fusibles y disparo de los interruptores automáticos).

En la protección por magnetotérmico normalizado se cumple siempre la segunda condición porque  $I_2 = 1,45 \times I_N$ , por lo que solo se debe verificar la primera condición.

En la protección por fusible tipo gG, se cumple que  $I_2 = 1,6 \times I_N$ , por lo que deben verificarse las dos condiciones de la norma.

El cálculo de protecciones se realizará dividiendo la instalación en dos grupos, uno de corriente continua y otro de corriente alterna:

#### 4.5.1. PROTECCIONES DE CONTINUA

La interrupción de corrientes presenta mayores problemas con redes en corriente continua que en corriente alterna. En la corriente alterna existe un paso natural de la corriente por el cero en cada semiperíodo, al cual corresponde un apagado espontáneo del arco que se forma cuando se abre el circuito. En la corriente continua esto no sucede y para extinguir el arco es preciso que la corriente disminuya hasta anularse. Es necesario que la interrupción se realice gradualmente, sin bruscas anulaciones de la corriente que darían lugar a elevadas sobretensiones.

El esquema unifilar de la instalación muestra que los tramos pertenecientes a la parte de potencia continua, que se encuentran entre los paneles solares fotovoltaicos y la entrada al inversor, son dos:

##### 4.5.1.1. MÓDULOS SOLARES -> CAJA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

- Fusible:

Este tramo estará protegido contra sobrecorrientes mediante fusibles en cada uno de los ramales de los módulos del generador fotovoltaico y que provocarán la apertura del circuito en caso de producirse una corriente superior a la admisible por los equipos o conductores de la instalación. Cada ramal poseerá dos fusibles de idénticas características eléctricas, uno para el conductor de polaridad positiva y otro para el de polaridad negativa.

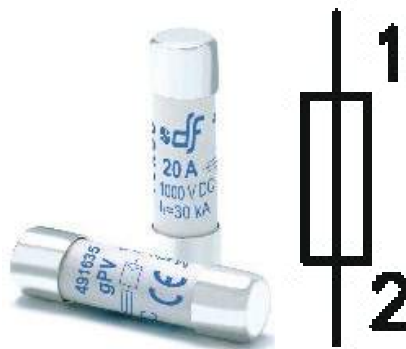


Figura 4.6: Fusible de corriente continua y símbolo normalizado

La sección del conductor que forma este tramo de instalación es de 2,5 mm<sup>2</sup>, por lo que los parámetros a utilizar para el dimensionado de los fusibles serán:

$$I_B = 6,02 \text{ A}$$

Atendiendo a la tabla del punto 4.4.1, extraída de la norma ITC-BT-19, la corriente máxima admisible del conductor del tipo 0,6/1kV de 2,5 mm<sup>2</sup>, de aislamiento PVC e instalación de conductores aislados en tubos o canales en montaje superficial o empotrados en obra, es de 21 A.

A esto hay que aplicarle el coeficiente de reducción de 0,91 debido a que las temperaturas máximas que se pueden tener son de 45 °C, diferentes a los 40 °C que tiene como base la tabla del reglamento lo que conlleva a una reducción de la capacidad máxima del conductor. Por tanto, la intensidad máxima admisible quedaría reducida a  $I_{\text{admisible}} = 21 \times 0,91 = 19,11 \text{ A}$ .

## Capítulo 4

$$I_{MAX\_admissible} = 19,11 A$$

Por tanto, para que se cumpla la condición, como mínimo la corriente nominal del fusible será:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$
$$6,02 A \leq I_N \leq 19,11 A \Rightarrow I_N = 10 A$$

A continuación se calculará la corriente convencional de fusión de este fusible, comprobándose si la dimensión del fusible es la correcta:

$$I_2 = 1,6 \times I_N = 1,6 \times 10 = 16 A$$
$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z \Rightarrow 16 A \leq 1,45 \times 19,11 A \Rightarrow 16 A \leq 27,71 A$$

Por consiguiente, se utilizarán fusibles de **10 A** en cada uno de los dos ramales de módulos conectados en serie del generador solar fotovoltaico.

### - Descargador:

Las instalaciones fotovoltaicas, que se caracterizan por ocupar extensas superficies, están especialmente expuestas a las descargas atmosféricas y las consiguientes sobretensiones transitorias. Las consecuencias de estas sobretensiones son la reducción del rendimiento y la vida de la instalación. El uso de protecciones contra sobretensiones garantiza la optimización del rendimiento de la instalación y en consecuencia, se muestra como una decisión altamente rentable.

Los protectores de sobretensión descargan a tierra los picos de tensión transitorios que se transmiten a través de los cables de la instalación eléctrica.

Las protecciones contra sobretensiones de tipo atmosférico pueden ser de dos clases:

- o CLASE I: están destinados a ser instalados en la extremidades de las líneas exteriores de una instalación fotovoltaica para protegerla contra impactos directos de rayos. Este tipo de protección no se utilizará en esta instalación al no ocupar mucho terreno y tratarse de una zona de bajo riesgo de impacto directo por un rayo.



Figura 4.7: Protección contra sobretensión CLASE I y símbolo normalizado

- **CLASE II:** se destinan a la protección de las redes de alimentación fotovoltaica contra las sobretensiones transitorias debidas a descargas atmosféricas indirectas que se producen a una determinada distancia de la instalación fotovoltaica e inducen una sobretensión.



Figura 4.8: Protección contra sobretensión CLASE II y símbolo normalizado

Para la elección de la protección contra sobretensiones a utilizar en la instalación, se tendrá en cuenta la tensión máxima de funcionamiento que puede producirse en el generador fotovoltaico para escoger un descargador que soporte dicha tensión. Esta tensión máxima aparece cuando los módulos trabajan en condiciones de circuito abierto y a una temperatura ambiente de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , esto produce una tensión igual a  $727,7\text{ V}$ . Por tanto, se elegirá un descargador con una tensión de régimen permanente superior a este valor.

Se ha elegido el descargador de la marca SOLARTEC modelo PST31PV con una tensión de régimen permanente máxima de  $1000\text{ V}_{\text{DC}}$ .

- **Interruptor-Seccionador:**

El interruptor de continua que se instalará en este tramo de la instalación tendrá la función de aislar zonas del generador para labores de mantenimiento de los módulos solares como limpieza y reparación de incidencias.

Se colocará un interruptor de este tipo para los dos ramales del generador fotovoltaico y al abrirlo proporcionará un aislamiento eficaz de todos los módulos.

Para la elección del interruptor-seccionador se tendrá en cuenta dos parámetros, la tensión de servicio de la línea y la corriente que debe ser capaz de interrumpir al abrirse. Para esta instalación dichos parámetros vendrán dados por:

- La corriente de cortocircuito que pueda producirse en cada módulo por el número de ramales que conecta el interruptor-seccionador.
- Y la tensión máxima de servicio: la cual será la tensión máxima que puede darse en la instalación, es decir, bajo condiciones de circuito abierto y a una temperatura ambiente de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$I_{SC} = 12,648\text{ A}$$

$$V_{OC} = 727,7\text{ V}$$

## Capítulo 4

Dependiendo de la tensión de servicio a la cual va a trabajar el interruptor, se utilizará un número de polos determinado, es decir, cuanto mayor sea la tensión de servicio de la instalación, se deberá aumentar el número de interrupciones de corriente y, por consiguiente, el número de polos conectados en serie.

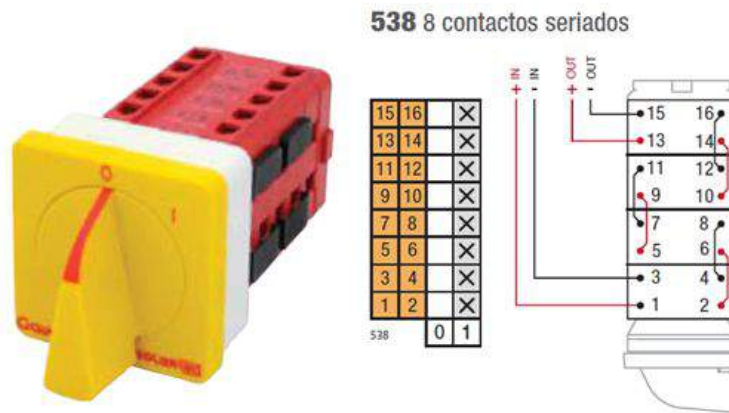


Figura 4.9: Interruptor multipolar de corriente continua

Para este circuito se ha escogido un interruptor-seccionador de la marca SOLARTEC modelo A-5382PV0 con 8 polos, cuya máxima tensión de servicio son 800 V y es capaz de interrumpir una corriente de 16 A.

### 4.5.1.2. CAJA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO -> INVERSOR

Este segundo tramo de corriente continua conecta la ramas del generador fotovoltaico con el inversor de la instalación, constará de dos únicos conductores: uno de polaridad positiva y otro de polaridad negativa.

Este tramo consta de los siguientes elementos de protección:

- Controlador permanente de aislamiento:  
Son protecciones que se utilizan en circuitos de corriente continua para detectar posibles faltas de aislamiento de los dos conductores (positivo y negativo) contra tierra.

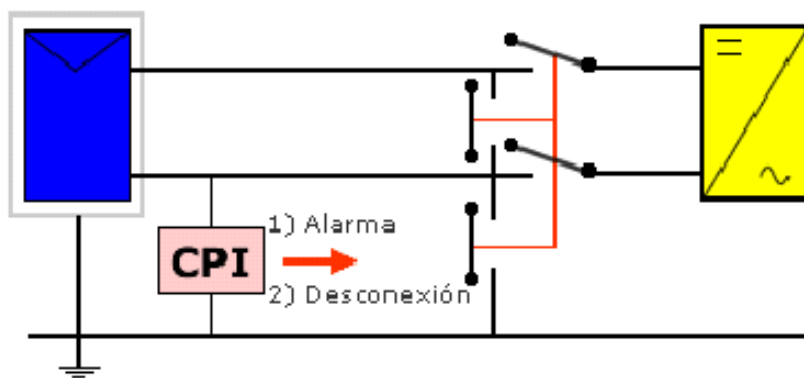


Figura 4.10: Esquema del controlador permanente de aislamiento

El controlador permanente de aislamiento está formado por dos dispositivos: un vigilante de aislamiento y un interruptor de continua.

- Vigilante de aislamiento: realiza una medición continua del aislamiento existente entre el conductor de polaridad positiva y el conductor de polaridad negativa, es decir, mide la resistencia existente entre ambos conductores y cuando ésta es inferior a un valor determinado, manda una señal al interruptor de corriente continua.

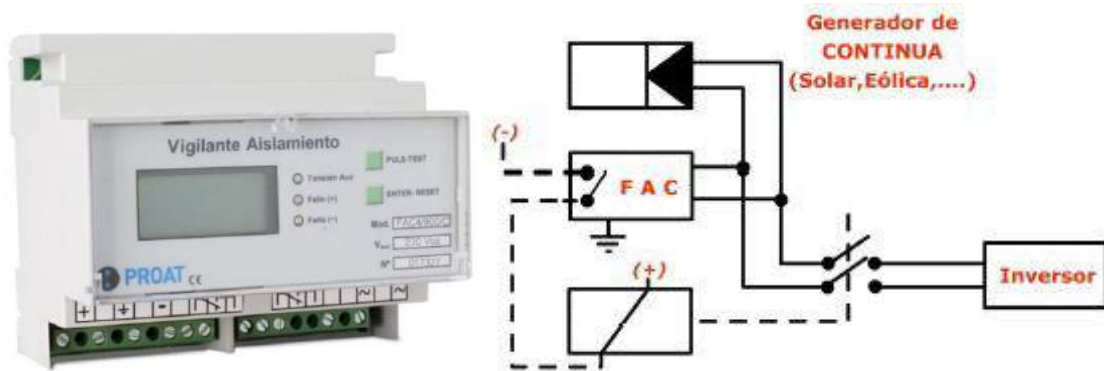


Figura 4.11: Vigilante de aislamiento y esquema de conexión

La máxima tensión de funcionamiento que se producirá en el circuito será cuando la temperatura ambiente sea la mínima y en condiciones de circuito abierto, 727,7 Vcc. Por tanto, se ha elegido un vigilante de aislamiento de la marca PROAT modelo FAC4, con una tensión de vigilancia de 800 V y cuyo margen de tensión oscila entre los 400 y los 800 Vcc.

- Interruptor de corriente continua: abre el circuito cuando recibe la orden del vigilante de aislamiento, desconectando el inversor y drena la sobrecarga hacia la tierra de la instalación. De esta manera pueden prevenirse riesgos de electrocución del personal encargado del mantenimiento de la instalación.

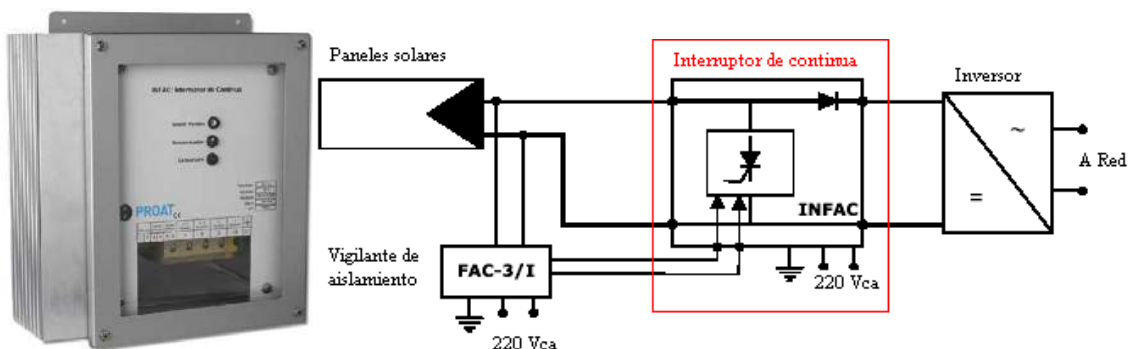


Figura 4.12: Interruptor de corriente continua y esquema de conexión

El interruptor de corriente continua elegido para el controlador permanente de aislamiento es de la marca PROAT modelo INFAC.



## Capítulo 4

- Magnetotérmico:

Estos dispositivos son aparatos modulares con distinto número de polos: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares. Tienen incorporados un disipador térmico (una lámina bimetálica) y otro magnético (un electroimán), que actúan sobre un dispositivo de corte de corriente. Normalmente no admiten disipadores indirectos. Se fabrican con diversos sistemas de montaje: para colocación en cuadro, para montaje saliente, etc.

La maniobra se realiza con corte al aire. Para sobreintensidades pequeñas y prolongadas actúa la protección térmica y para sobreintensidades elevadas actúa la protección magnética.

Como se señaló, según la norma ITC-BT-22, todo magnetotérmico y fusible debe cumplir los siguientes requisitos:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$
$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

En la protección por magnetotérmico normalizado no es necesario comprobar la segunda condición ya que  $I_2 = 1,45 \times I_Z$  y por tanto, siempre se cumple. Solo es necesario comprobar la primera condición:

La sección del conductor que forma este tramo de instalación es de 2,5 mm<sup>2</sup>, por lo que los parámetros a utilizar para el dimensionado de los fusibles serán:

$$I_B = 12,648 \text{ A}$$
$$I_Z = I_{MAX\_admissible} = 19,11 \text{ A}$$

Por tanto, para que se cumpla la condición, como mínimo, la corriente nominal del magnetotérmico será:

$$12,648 \text{ A} \leq I_N \leq 19,11 \text{ A} \Rightarrow I_N = 16 \text{ A}$$

Por consiguiente, se utilizará un magnetotérmico de **16 A** en la línea que une el generador fotovoltaico con el inversor.

Se ha optado por el interruptor marca LEGRAND serie DX, un interruptor termomagnético de dos polos protegidos, especialmente diseñado para instalaciones fotovoltaicas y con una intensidad nominal de 16 A.

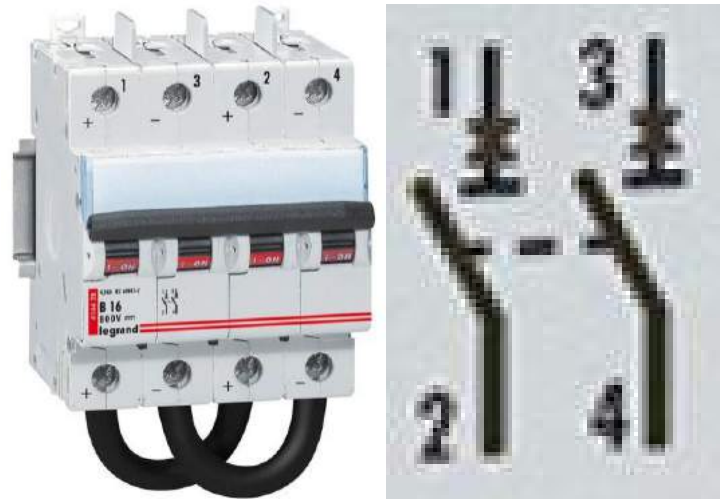


Figura 4.13: Interruptor magnetotérmico tripolar de caja modulada

La tensión de servicio para este modelo de magnetotérmico es de 800 VCC. La tensión máxima que se puede generar a la salida del generador fotovoltaico será 727,7 Vcc en condiciones de circuito abierto y temperatura ambiente mínima. Por tanto, es suficiente para la tensión máxima que puedan generar los módulos solares.

#### 4.5.2. PROTECCIONES DE ALTERNA

El sistema de protecciones de este último tramo deberá acogerse a: la normativa vigente sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión del artículo 11 del R.D. 1663/2000, y además, tener en cuenta los requisitos de conexión de la empresa propietaria de la distribución de energía eléctrica en el punto de conexión a red de la instalación fotovoltaica, en este caso UNIÓN FENOSA.

- ✓ Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51Hz y 49Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85  $U_N$ , respectivamente).
- ✓ Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
- ✓ Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.
- ✓ Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
- ✓ La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución. La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones.

## Capítulo 4

Ahora bien, según la normativa, el equipo inversor utilizado en la instalación puede incorporar alguna de estas protecciones. Si es así, según el R.D. 1663/2000, solo se precisará disponer adicionalmente de las protecciones general manual e interruptor automático diferencial. El inversor FRONIUS PRIMO 5.0-1 seleccionado para esta instalación, incorpora las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia.

Por consiguiente, las protecciones que se instalarán en este tramo son: un interruptor general manual (magnetotérmico) y un interruptor automático diferencial, además de la condición de UNIÓN FENOSA de incorporar un fusible en la interconexión, ya que su actuación es mas rápida que la de los magnetotérmicos.

- Interruptor general manual:

Se trata de un interruptor magnetotérmico similar al utilizado en el tramo anterior del circuito, con la diferencia que este magnetotérmico estará diseñado para funcionar con corriente alterna.

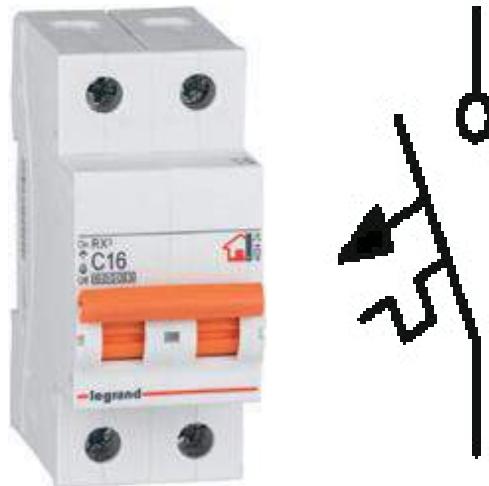


Figura 4.14: Interruptor magnetotérmico modular y símbolo normalizado

Para la elección del interruptor magnetotérmico se utilizarán las ecuaciones mencionadas anteriormente:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$
$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

Como se ha indicado en el tramo anterior, los interruptores magnetotérmicos siempre cumplen la condición  $I_2 \leq 1,45 \times I_Z$ , ya que la intensidad convencional de disparo de los interruptores magnetotérmicos siempre es  $I_2 = 1,45 \times I_Z$ . Por tanto, únicamente se utilizará la condición  $I_B \leq I_N \leq I_Z$  para dimensionar el magnetotérmico adecuado.

Para el cálculo de la intensidad nominal del interruptor a utilizar en este tramo, es necesario calcular la corriente máxima admisible por los conductores y la corriente normal de empleo que se producirá en este tramo.

La sección de los conductores de este tramo es de 4 mm<sup>2</sup>, por tanto, la corriente máxima admisible por los conductores es  $I_Z = I_{MAX\_admisible} = 27$  A.

El valor de la intensidad normal de funcionamiento que circulará por el tramo vendrá dado por la corriente máxima que el inversor puede entregar a la red, que es de 21,7 A. Por tanto, el valor de la intensidad nominal del interruptor magnetotérmico a utilizar será:

$$21,7 \text{ A} \leq I_N \leq 27 \text{ A} \Rightarrow I_N = 25 \text{ A}$$

El interruptor magnetotérmico tendrá una intensidad nominal de **25 A** en la línea de conexión entre el inversor y el punto de conexión a la red de baja tensión.

Además de las condiciones estándar que deben cumplir todos los interruptores de este tipo, el magnetotérmico utilizado en este tramo debe tener una capacidad de corte igual o superior a la intensidad de cortocircuito que como norma defina la compañía distribuidora. Para este caso, los requisitos de conexión de UNIÓN FENOSA señalan que la intensidad de cortocircuito que puede producirse en un punto de conexión a su red es de 6 kA, por tanto, este interruptor magnetotérmico deberá tener una capacidad de corte de al menos este valor.

Se ha elegido un interruptor magnetotérmico bipolar para tensiones de 230/240 V marca LEGRAND modelo RX<sup>3</sup> de 25 A y poder de corte 6 kA.

- Interruptor diferencial:

Los interruptores diferenciales proporcionan protección a las personas contra descargas eléctricas, tanto en el caso de contactos directos como en el de contactos indirectos y también protección a las instalaciones, ya que detectan las fugas a tierra midiendo la corriente que circula por los conductores.

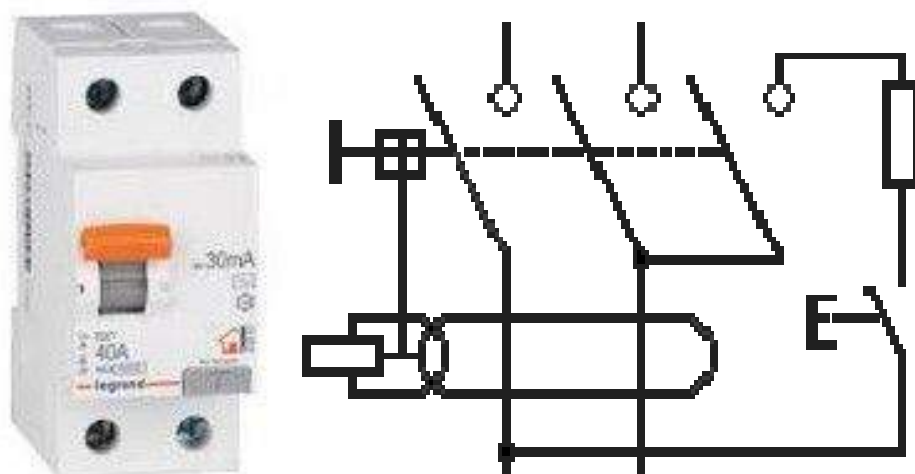


Figura 4.15: Interruptor diferencial bipolar y símbolo normalizado

Según la Norma ITC-BT-25 del REBT, los interruptores diferenciales deben poseer una intensidad diferencial-residual máxima de 30 mA para aplicaciones domésticas y 300 mA para otras aplicaciones e intensidad asignada que la del interruptor general.

Se ha escogido un bloque bipolar diferencial de 25 A con sensibilidad de 30 mA marca LEGRAND modelo RX<sup>3</sup> adaptable al magnetotérmico escogido anteriormente.

## Capítulo 4

### - Fusible:

Además de las protecciones obligatorias establecidas en el R.D. 1663/200, UNIÓN FENOSA obliga a la instalación de un fusible en la conexión a la red.

Para la elección del interruptor fusible se utilizarán las ecuaciones mencionadas anteriormente, por tanto, la corriente será de 25 A y se utilizarán fusibles cilíndricos industriales tipo gG de 25 A de la marca DF ELECTRIC sobre portafusibles de la misma marca.



Figura 4.16: Fusible de corriente alterna y portafusibles

### 4.5.3. CAJA DE PROTECCIONES

Los equipos destinados a la protección de la instalación se dispondrán en un armario mural donde se instalarán tanto las protecciones de continua, para lo cual le llegarán cuatro conductores de 2,5 mm<sup>2</sup>, dos de polaridad positiva y dos de polaridad negativa, procedentes del generador fotovoltaico y saldrán dos conductores hacia el inversor y otro más para conectarse a la instalación de tierra de la vivienda, todos ellos también con un calibre de 2,5 mm<sup>2</sup>. Como también estará destinado a ubicar las protecciones en alterna, le llegarán entonces dos conductores de 4 mm<sup>2</sup> procedentes de la salida del propio inversor y saldrán otros dos conductores hacia el punto frontera de conexión con la red eléctrica y otro conductor adicional para conectarse igualmente al circuito de tierra, también ellos de 4 mm<sup>2</sup> de sección.

El armario utilizado será de la marca ELDON y tendrán unas dimensiones 400 × 300 × 155 mm y un grado de protección IP-66, TYPE 4, 12, 13 e IK 10. Adicionalmente, se incluirá un chasis modular para facilitar el montaje de elementos de carril DIN.



Figura 4.17: Caja de protecciones de generador fotovoltaico

## 4.6. EQUIPO DE MEDIDA (CONTADOR)

Para poder controlar numéricamente la energía generada y evitar el vertido a la red del excedente, hay que instalar un contador que cumpla con la normativa vigente y que a su vez actúe como limitador para conseguir la denominada inyección cero. Adicionalmente, dicho equipamiento puede ayudar a optimizar el autoconsumo y registrar la curva de carga de la vivienda.

Se ha decidido instalar un contador bidireccional monofásico de la marca FRONIUS modelo Smart Meter 63A-1. Gracias a las mediciones de alta precisión de la pinza amperimétrica que incorpora, y a la rápida comunicación del Interface ModBus RTU con el inversor, este último es capaz de limitar la potencia a lo que la vivienda está consumiendo en ese mismo instante, lo cual permite no vertir a la red tal y como indica la ley española de autoconsumo directo (Real Decreto 900/2015).



Figura 4.18: Contador de energía generada

## 4.7. ESTRUCTURA SOPORTE

Para conseguir instalaciones solares de calidad y que perduren a lo largo de los años, es necesario que las estructuras que se encargan de soportar los módulos fotovoltaicos estén perfectamente diseñadas y fabricadas. En nuestro caso, la cubierta de la vivienda se encuentra inclinada, utilizando tejas para las posibles evacuaciones fluviales, de forma que seleccionaremos un sistema de sujeción para "Cubiertas de teja". Las estructuras sobre tejados de teja están diseñadas para poder anclar los paneles solares a las tejas, con una estructura especial para ello, el pasatejas, un sistema que permite no tener que hacer agujeros en la propia teja y poder salvarla entrando a la estructura de la vivienda por la parte interior de la misma.

En este caso, hemos seleccionado estructura soporte de la marca SUNFER y más exactamente, el modelo KHT915 que se adapta a la inclinación de la cubierta existente.

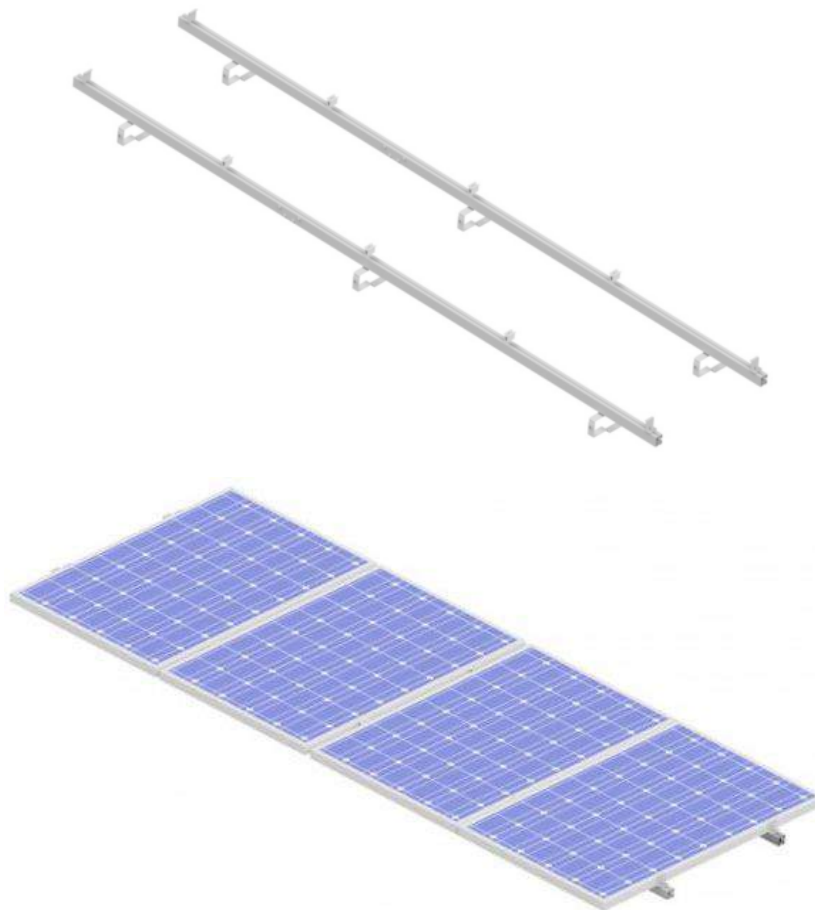


Figura 4.19: Estructura soporte

El sistema de fijación de módulos fotovoltaicos se realiza mediante grapas intermedias y finales, de manera que cada pieza omega sujetará como máximo a dos paneles. La tornillería es desmontable, con sistema autoblocante mecánico y con arandela de presión.

## Descripción de la Instalación

Este soporte, fabricado en aluminio de alta calidad, está diseñado para ser instalado sobre superficies de teja, adaptándose a la inclinación de la cubierta existente. La estructura está fabricada íntegramente con una aleación de Aluminio EN AW 6005A T6 que es una aleación de alta resistencia, por este motivo así como por su capacidad para ser anodizada, se utiliza para realizar perfiles estructurales. Mientras que la tornillería y accesorios son de acero inoxidable.

Esta estructura está diseñada para poder soportar cargas de nieve de hasta 200 N/m<sup>2</sup> (acorde a la normativa UNE-EN 1991-1-3:2004), y una carga de viento de 29 m/s (según normativa UNE-EN 1991-1-4:2007).

La estructura se adaptan a cualquier tipo de panel solar, independientemente de sus dimensiones.



# CAPÍTULO 5. ESTUDIO ENERGÉTICO

## 5.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se estudiará el diseño de la instalación fotovoltaica, comprobando como influyen sobre el rendimiento, la rentabilidad y el medio ambiente los principales parámetros energéticos que se obtienen en el emplazamiento elegido.

Para realizar el estudio energético de la instalación solar fotovoltaica, se utilizará el simulador para cálculo de generadores fotovoltaicos "SISIFO". Es una iniciativa del Instituto de Energía Solar de la UPM junto a otras entidades colaboradoras y con el apoyo del proyecto europeo denominado PVCROPS ("PhotoVoltaic Cost reduction, Reliability, Operational performance, Prediction and Simulation"), por la que se pretende poner a disposición de quien lo necesite y de forma gratuita un conjunto de recursos de información y cálculo que faciliten la toma de decisiones sobre la viabilidad económica de proyectos de generación eléctrica conectados a red en un amplio espectro de situaciones.

El software se presenta bajo la forma de una página web en la que se pueden modificar ciertos parámetros (ya sea directamente en la propia web como a través de una hoja de cálculo) como emplazamiento, tipo de paneles utilizados, tipo de instalación, etc. y obtener los resultados.

## 5.2. RECURSO SOLAR Y MODELO ENERGÉTICO

Para calcular la producción anual de un sistema fotovoltaico, se parte de la media de irradiación solar recibida en un m<sup>2</sup> de superficie con una orientación  $\alpha$  y una inclinación  $\beta$  iguales a las del campo fotovoltaico.

En primer lugar, es necesario conocer la radiación global diaria, así como las temperaturas medias mínimas y máximas de la localización de la instalación:

Medias mensuales	Irradiación global diaria [Wh/m <sup>2</sup> ]	Temperatura mínima diaria [°C]	Temperatura máxima diaria [°C]
Enero	3150	6.4	11.5
Febrero	3830	8.3	14
Marzo	5230	11.6	18.1
Abril	5520	13.5	19.9
Mayo	6490	17.6	24.2
Junio	7180	23.2	30.5
Julio	7710	26.8	34.6
Agosto	7260	26.3	34
Septiembre	5860	22	29
Octubre	4520	16.1	22.1
Noviembre	3100	10.5	15.6
Diciembre	2560	7.1	11.6

Tabla 5.1: Irradiación y temperatura ambiente en la localización del generador

Posteriormente, ya se puede calcular la producción anual media de cada instalación la radiación solar incidente sobre los paneles solares, teniendo en cuenta la inclinación y desviación, obteniendo los datos de irradiación expresados en kWh/m<sup>2</sup>.

## Capítulo 5

Irradiación mensual [kWh/m <sup>2</sup> ]	Horizontal	Incidente	Efectiva	Espectral
Enero	97.7	158.1	146.4	145.6
Febrero	107.2	151	140.5	140.7
Marzo	162.1	198.8	186.8	185.8
Abril	165.6	178.9	168.2	170.6
Mayo	201.2	202.7	190.8	192.1
Junio	215.4	209.7	197.3	197
Julio	239	235.9	222.4	219.5
Agosto	225.1	237.3	224	220.6
Septiembre	175.8	205	192.9	191.1
Octubre	140.1	186.6	174.4	173.6
Noviembre	93	140.2	130.2	130.7
Diciembre	79.4	130.7	120.4	121.2

Tabla 5.2: Irradiaciones mensuales incidentes en el generador

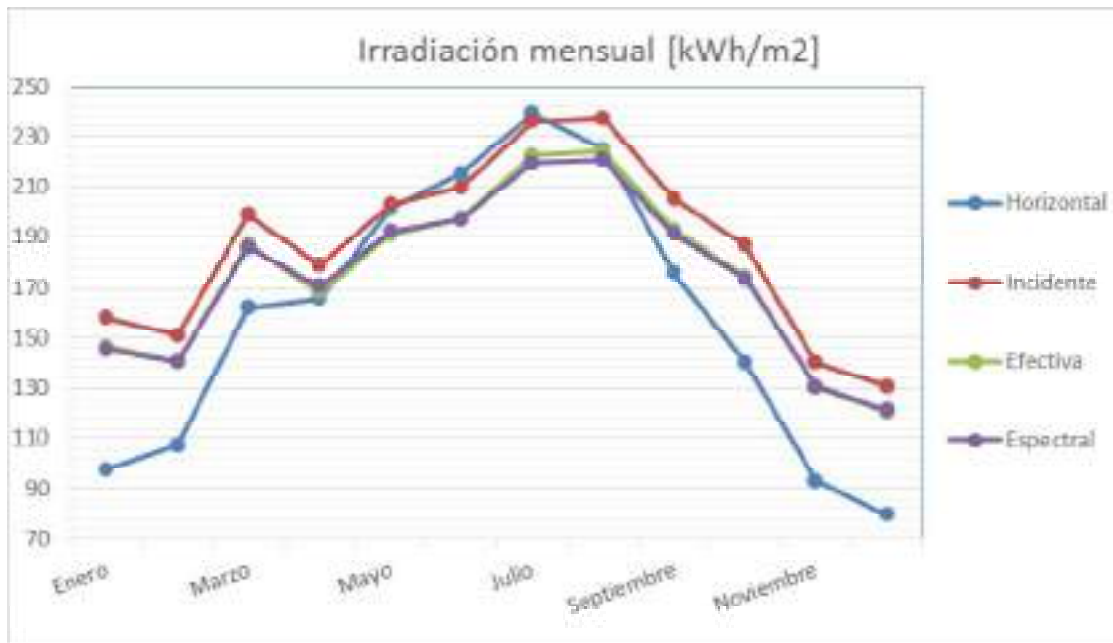


Figura 5.1: Irradiaciones mensuales incidentes en el generador

### 5.3. PÉRDIDAS

Una vez definidas las condiciones de radiación captada por los módulos solares durante la temporada de utilización anual, hay que tener en cuenta los valores de las pérdidas presentes en el sistema en valor de tanto por ciento respecto de la producción eléctrica generada. En nuestro caso, debido a la no presencia de obstáculos en las inmediaciones de la cubierta de la vivienda y habiendo elegido una distribución de los módulos con instalación en paralelo a la propia cubierta, se consideran nulas las pérdidas producidas por sombreados:

Pérdidas	%	% sobre pérdidas totales
Polvo e incidencia	6.3	48.1
Espectral	0.3	2.3
Temperatura de célula	3.7	28.2
Cableado CC	0.6	4.6
Inversor	2.2	16.8

Tabla 5.3: Distribución de las pérdidas presentes en el sistema

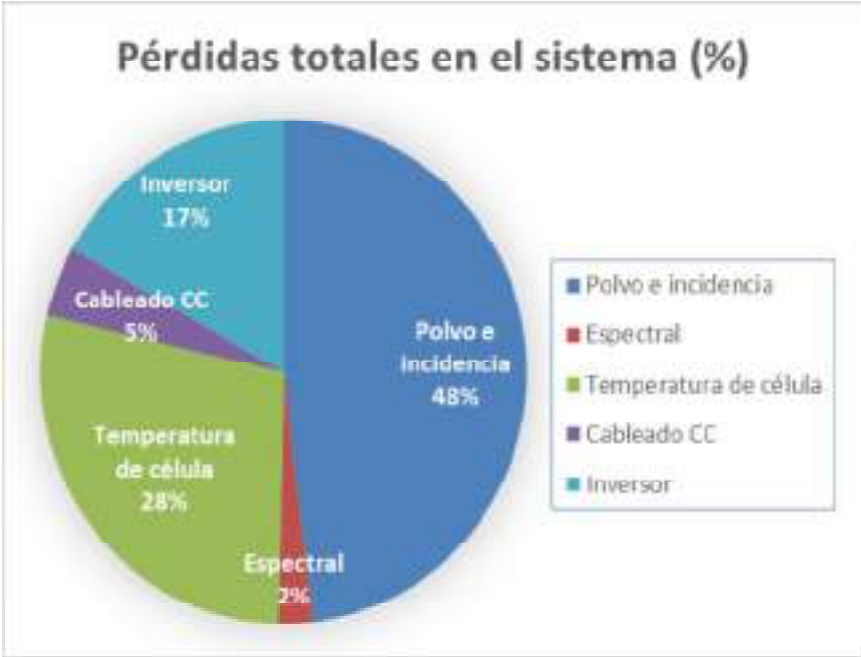


Figura 5.2: Distribución de las pérdidas presentes en el sistema

## 5.4. RENDIMIENTO ENERGÉTICO

Con estos datos ya es posible poder calcular los rendimientos energéticos de la instalación, tanto en la parte de corriente continua (generador fotovoltaico), como en la parte de corriente alterna (inversor):

### 5.4.1. RENDIMIENTO ENERGÉTICO

Rendimiento energético [kWh/kWp]	CC	AC
Enero	144.7	141.7
Febrero	138.9	135.8
Marzo	180.1	176.1
Abril	165.7	162
Mayo	183.8	179.7
Junio	184.6	180.4
Julio	202	197.4
Agosto	202.8	198.3
Septiembre	179	175
Octubre	166.6	162.9
Noviembre	129	126.2
Diciembre	121.4	118.8

Tabla 5.4: Rendimiento energético

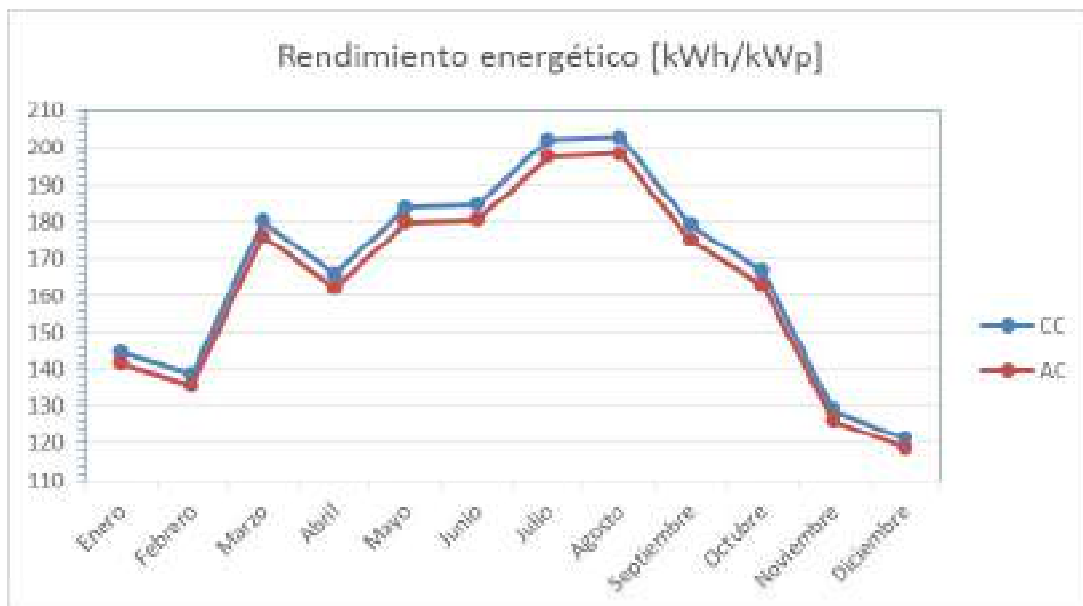


Figura 5.3: Rendimiento energético

5.4.2. RENDIMIENTOS FINALES

Rendimientos finales [kWh]	CC	AC
Enero	999	978
Febrero	958	937
Marzo	1243	1215
Abril	1144	1118
Mayo	1268	1240
Junio	1274	1245
Julio	1394	1362
Agosto	1399	1368
Septiembre	1235	1208
Octubre	1149	1124
Noviembre	890	871
Diciembre	838	820

Tabla 5.5: Rendimientos finales



Figura 5.4: Rendimientos finales

Con estos valores, se puede afirmar que el generador fotovoltaico produce anualmente una energía aproximada de 13.791 kWh y el inversor podría llegar a producir una energía final de 13.486 kWh, siempre y cuando se consumiera en la vivienda toda la energía producida de forma fotovoltaica.

## Capítulo 5

### 5.4.3. ÍNDICES DE RENDIMIENTO

Índices de rendimiento [%]	CC	AC
Enero	91.6	89.6
Febrero	92	89.9
Marzo	90.6	88.6
Abril	92.6	90.6
Mayo	90.7	88.6
Junio	88.1	86
Julio	85.6	83.7
Agosto	85.5	83.6
Septiembre	85.6	85.4
Octubre	87.3	87.3
Noviembre	89.3	90
Diciembre	92.9	90.9

Tabla 5.6: Índices de rendimiento

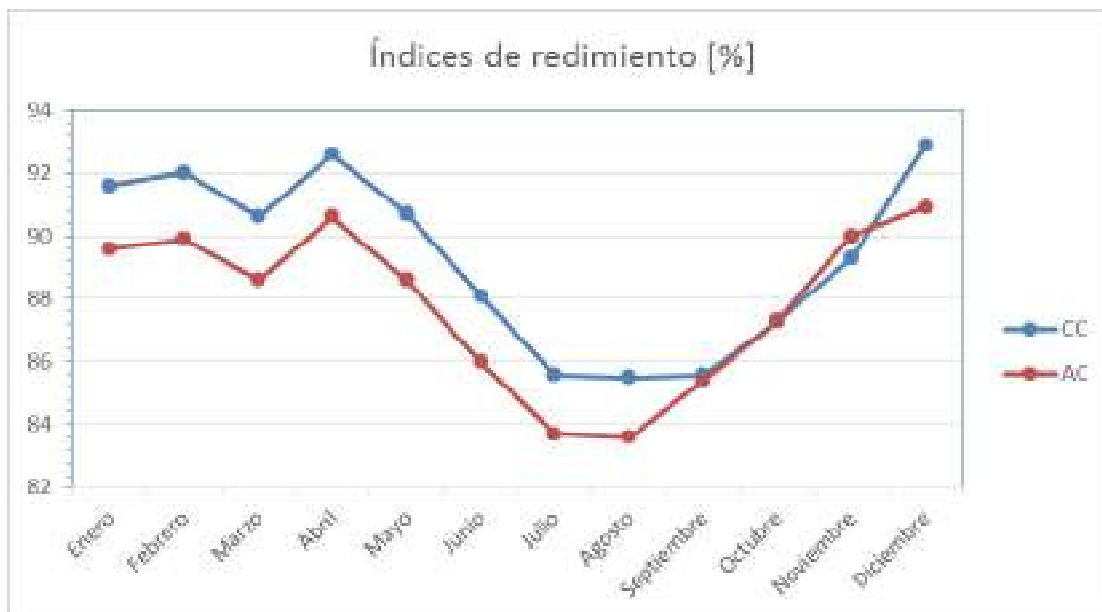


Figura 5.5: Índices de rendimiento

En virtud de lo conseguido a través de la simulación, se observa que el rendimiento expresado en tanto por ciento, oscilará como máximo entre un 92,6 % para el generador fotovoltaico y un 90,6 % para el inversor, y como mínimo de un 85,5 % y un 83,6 % respectivamente. Siendo valores aceptables a nivel de rendimiento neto de la instalación.

# CAPÍTULO 6. PLIEGO DE CONDICIONES

## 6.1. OBJETO

Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red que, por sus características, estén comprendidas en el apartado segundo de este Pliego. Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.

Se valorará la calidad final de la instalación en cuanto a su rendimiento, producción e integración. El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, PCT) se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos, para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza de los mismos o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.



## 6.2. GENERALIDADES

Este Pliego es de aplicación en su integridad a todas las instalaciones solares fotovoltaicas destinadas a la producción de electricidad, con y sin vertido a la red de distribución. Quedan excluidas expresamente las instalaciones aisladas de la red. Podrán optar a esta convocatoria otras aplicaciones especiales, siempre y cuando se aseguren unos requisitos de calidad, seguridad y durabilidad equivalentes. Tanto en la Memoria de Solicitud como en la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las características de estas aplicaciones, reservándose el IDAE su aceptación.

En todo caso, es de aplicación toda la normativa que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas:

- ✓ Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- ✓ Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración.
- ✓ Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- ✓ Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- ✓ Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- ✓ Real Decreto 3490/2000, de 29 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para el 2001.
- ✓ Resolución de 31 de mayo de 2001, por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. Para el caso de integración en edificios se tendrá en cuenta las Normas Básicas de la Edificación (NBE).
- ✓ Para el caso de integración en edificios se tendrá en cuenta el Código Técnico de la Edificación (CTE).
- ✓ Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- ✓ Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

## Capítulo 6

- ✓ Norma UNE\_EN 62466 : Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- ✓ Real Decreto 314/2066, de 17 de mayo, por el que se aprueba el código técnico de la edificación.
- ✓ Ley 31/1995, de 8 de noviembre (modificada por la ley 54/2003, de prevención de riesgos laborales).
- ✓ Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- ✓ Ley de protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).
- ✓ Ley 3/1985, de 18 de marzo de metrología y todas sus modificaciones.
- ✓ Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT) de 9 de marzo de 1971.
- ✓ Real Decreto 1955/2000, de 1 de septiembre, por el que se regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- ✓ Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (PCT-C-REV-Julio 2011), del IDAE.
- ✓ ORDEN FOM /1079/2006, de 9 de junio, por la que se aprueba la instrucción técnica urbanística relativa a las condiciones generales de instalación y autorización de las infraestructuras de producción de energía eléctrica de origen fotovoltaico.

Siempre se considerará la edición más reciente, así como la reedición de las anteriormente normas nombradas con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

En caso de discrepancia entre las normas anteriores y, salvo manifestación expresa en sentido contrario, se entenderá que es válida la prescripción más restrictiva.

### 6.3. DEFINICIONES

- **Radiación solar:**

- **Radiación solar:** Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.
- **Irradiancia:** Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m<sup>2</sup>.
- **Irradiación:** Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>.

- **Instalación**

- **Instalaciones fotovoltaicas:** Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.
- **Instalaciones fotovoltaicas interconectadas:** Aquellas que normalmente trabajan en paralelo con la empresa distribuidora.
- **Línea y punto de conexión y medida:** La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.
- **Interruptor automático de la interconexión:** Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.
- **Interruptor general:** Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.
- **Generador fotovoltaico:** Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
- **Rama fotovoltaica:** Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- **Inversor:** Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna.
- **Potencia nominal del generador:** Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.
- **Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal:** Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

## Capítulo 6

### - **Módulos**

- Célula solar o fotovoltaica: Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.
- Célula de tecnología equivalente (CTE): Célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.
- Módulo o panel fotovoltaico: Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como un único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.
- Condiciones Estándar de Medida (CEM): Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:
  - ✓ Irradiancia solar: 1000 W/m<sup>2</sup>.
  - ✓ Distribución espectral: AM 1,5 G.
  - ✓ Temperatura de célula: 25 °C.
- Potencia pico: Potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.
- TONC: Temperatura de Operación Nominal de la Célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup> con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento, de 1 m/s.

### - **Integración arquitectónica**

- Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos: Cuando los módulos fotovoltaicos cumplen una doble función: energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales.
- Revestimiento: Cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.
- Cerramiento: Cuando los módulos constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanqueidad y aislamiento térmico.
- Elementos de sombreado: Cuando los módulos fotovoltaicos protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada del mismo.

La colocación de módulos fotovoltaicos paralelos a la envolvente del edificio sin la doble funcionalidad, se denominará superposición y no se considerará integración arquitectónica. No se aceptarán, dentro del concepto de superposición, módulos horizontales.

## **6.4. DISEÑO**

### **6.4.1. GENERALIDADES**

Como principio general, se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad, ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

En la Memoria de Diseño o Proyecto se resaltarán los cambios que hubieran podido producirse respecto a la Memoria de Solicitud, y el motivo de los mismos. Además, se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

### **6.4.2. SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS**

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada, así como estar certificados por algún laboratorio reconocido (por ejemplo, Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, Joint Research Centre Ispra, etc.), lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente. Este requisito no se aplica a los casos excepcionales del apartado 4.1.

## Capítulo 6

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación.

- Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65 como mínimo.
- Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
- Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 10 \%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.
- Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.
- Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células.
- La estructura del generador se conectará a tierra.
- Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse en la Memoria de Solicitud justificación de su utilización y deberá ser aprobada por el IDAE.

### 6.4.3. ESTRUCTURA SOPORTE

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En caso contrario se deberá incluir en la Memoria de Solicitud y de Diseño o Proyecto un apartado justificativo de los puntos objeto de incumplimiento y su aceptación deberá contar con la aprobación expresa del IDAE. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por el CTE y demás normas aplicables.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Documento Básico de Seguridad Estructural, en lo que se refiere a Acciones en la Edificación (DB-SE AE: Acciones en la Edificación), del CTE.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura. La tornillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma correspondiente. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre módulos se ajustará a las exigencias del CTE y a las técnicas usuales en la construcción de cubiertas.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado en el punto sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según la norma correspondiente del CTE para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, será de aplicación el Documento Básico de Seguridad Estructural en lo referente a Acero (DB-SE A: Acero) para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

## Capítulo 6

### 6.4.4. INVERSORES

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10 % superiores a las CEM. Además, soportará picos de magnitud un 30 % superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.



- Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 % y 88 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90 % al 92 % para inversores mayores de 5 kW.
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5 % de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

### **6.4.5. CABLEADO**

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

## Capítulo 6

### 6.4.6. CONEXIÓN A RED

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa vigente en lo que se refiere a conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

### 6.4.7. MEDIDAS

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa sobre medidas y facturación de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

### 6.4.8. PROTECCIONES

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

En conexiones a la red trifásicas, las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión ( $1,1 U_m$  y  $0,85 U_m$  respectivamente) serán para cada fase.

### 6.4.9. PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa vigente sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Solicitud y de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el RBT.

### 6.4.10. ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa vigente sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

## 6.5. RECEPCIÓN Y PRUEBAS

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores), éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Determinación de la potencia instalada.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha, se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Entrega de toda la documentación requerida en este PCT.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este período, el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía será como mínimo de 8 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

## Capítulo 6

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir, si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

## 6.6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.
- Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:
  - La visita a la instalación en los plazos indicados (de forma semestral) y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
  - El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
  - Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas, ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia menor de 5 kWp y semestral para el resto) en la que se realizarán las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.

## Capítulo 6

- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

## **6.7. IMPACTO AMBIENTAL DE LA INSTALACIÓN**

Las instalaciones de conexión a red tienen un impacto medioambiental que podemos considerar prácticamente inexistente y además, si la instalación solar se encuentra en la azotea de un edificio situado en una zona residencial, dicho impacto es materialmente nulo.

Si analizamos diferentes factores, como son el ruido, emisiones gaseosas a la atmósfera, destrucción de flora y fauna, residuos tóxicos y peligrosos, y vertidos al sistema de saneamiento, veremos que su impacto sólo se limitará a la fabricación pero no al funcionamiento.

### **6.7.1. IMPACTO DEBIDO AL FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN**

- Ruidos:
  - Módulos fotovoltaicos: La generación de energía de los módulos fotovoltaicos, es un proceso totalmente silencioso.
  - Inversor: trabaja a alta frecuencia no audible por el oído humano.
- Emisiones gaseosas a la atmósfera:

La forma de generar electricidad de un sistema fotovoltaico no requiere ninguna combustión para proporcionar energía, solo de una fuente limpia como es el sol.
- Destrucción de flora y fauna:

Ninguno de los equipos de la instalación tiene efecto perjudicial sobre la flora o la fauna.
- Residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema de saneamiento:

Para que puedan funcionar los equipos de la instalación no necesitan verter nada al sistema de saneamiento, la refrigeración se realiza por convección natural.
- Impacto visual:

Las instalaciones situadas en las azoteas o tejados de los edificios solamente pueden observarse desde el cielo, por tanto, el impacto que pueda ejercer esta instalación fotovoltaica sobre el paisaje es nulo, además de tenerse en cuenta que se encuentra en un complejo residencial y por tanto, el impacto visual ya está provocado.

### **6.7.2. IMPACTO DEBIDO A LA FABRICACIÓN DE LOS COMPONENTES**

En todos los procesos de fabricación de módulos fotovoltaicos, componentes electrónicos para los inversores, estructuras, cables, etc. es donde las emisiones gaseosas a la atmósfera y vertidos al sistema de saneamiento, pueden tener mayor impacto sobre el medio.

## Capítulo 6

Los residuos tóxicos y peligrosos están regulados por el Real Decreto 833/1988 de 20 de julio. En este documento se encuentran reglamentadas las actuaciones en materia de eliminación de este tipo de residuos, que se resume en un correcto etiquetado y en su almacenamiento hasta la retirada por empresas gestoras de residuos.

Esto se traduce en costes asociados a los procesos de fabricación de manera que, en el diseño de procesos hay que tener en cuenta los posibles residuos. Los principales residuos de esta clase son: disoluciones de metales, aceites, disolventes orgánicos, restos de los dopantes y los envases de las materias primas que han contenido estos productos.

Los ácidos y los álcalis empleados en los procesos de limpieza pertenecen a la clase de residuos que se eliminan a través del sistema integral de saneamiento. Estos están regulados por la Ley 10/1993 de 26 de octubre. Esta ley limita las concentraciones máximas de contaminantes que es posible verter, así como la temperatura y el pH de los mismos. Las desviaciones con respecto a los valores marcados por la ley se reflejan en el incremento de la tasa de depuración.

En cuanto a la energía consumida en el proceso de fabricación, se sabe que en un tiempo de entre 4 y 7 años los módulos devuelven la energía consumida en la fabricación, muy inferior a la vida prevista para estos, que es superior a los 25 años.

Se trata, por tanto, de una instalación sostenible desde el punto de vista ecológico, ya que aprovecha los recursos naturales con unos beneficios que superan ampliamente los costes medioambientales.

### **6.7.3. EMISIONES EVITADAS POR EL USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Los sistemas fotovoltaicos solo generan emisiones en fase de fabricación directa y sobre todo, indirectamente, por la energía invertida.

Una vez amortizada la inversión energética, la energía producida durante el resto de su vida útil (la energía neta) está libre de emisiones.

Por tanto, se evitan las emisiones que se producirían si se generara esta energía con energía convencional.



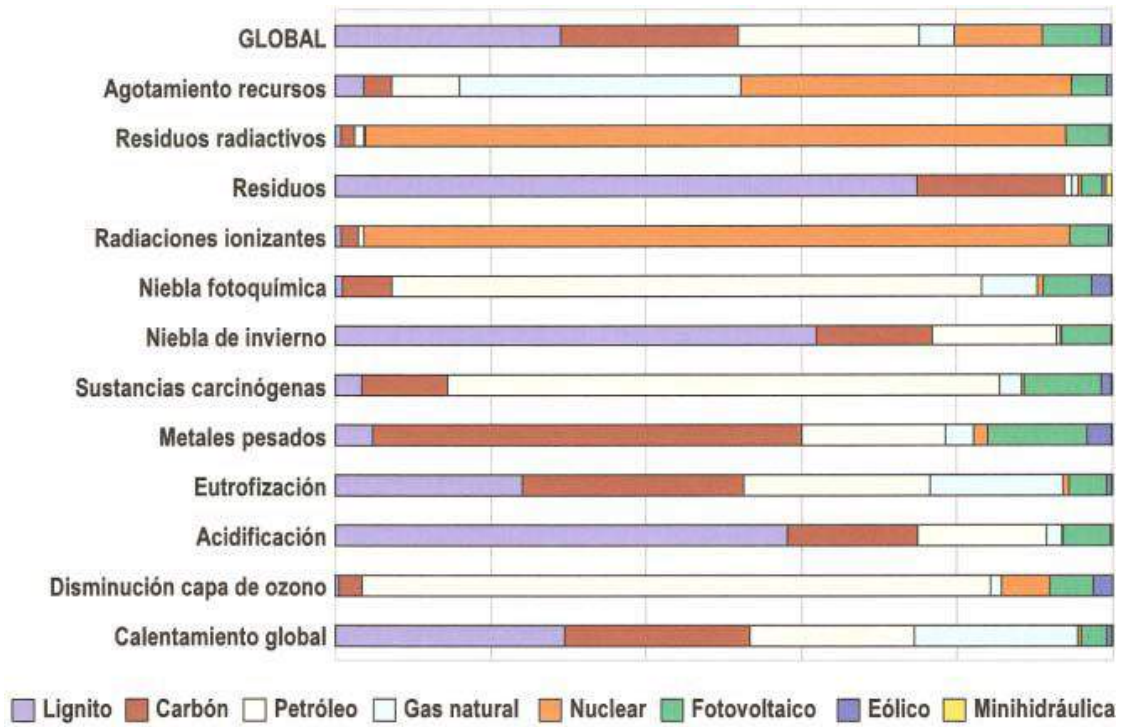


Figura 6.1: Impactos ambientales de la producción eléctrica: análisis del ciclo de vida de ocho tecnologías de generación eléctrica

# CAPÍTULO 7. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

## **7.1. OBJETO**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud (EBSS) tiene como objeto disminuir los riesgos de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, así como disminuir sus consecuencias en razón del cumplimiento de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y la normativa que la desarrolla. Todo ello determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades precisas para establecer un adecuado nivel de protección de la seguridad y salud de los trabajadores.

## **7.2. ALCANCE**

El presente estudio contiene todas las medidas preventivas aplicables a los riesgos derivados de los trabajos a realizar para la puesta en marcha del presente proyecto.

El EBSS debe servir también de base para que las Empresas Constructoras, Contratistas, Subcontratistas y trabajadores autónomos que participen en las obras, antes del comienzo de la actividad en las mismas, puedan elaborar un Plan de Seguridad y Salud, tal y como indica el articulado del Real Decreto citado en el punto anterior. En dicho Plan podrán modificarse algunos de los aspectos señalados en este Estudio con los requisitos que establece la mencionada normativa. El citado Plan de Seguridad y Salud es el que, en definitiva, permitirá conseguir y mantener las condiciones de trabajo necesarias para proteger la salud y la vida de los trabajadores durante el desarrollo de las obras que contempla este estudio.

## 7.3. MEMORIA INFORMATIVA

### 7.3.1. METODOLOGÍA

Se identificarán todos los posibles riesgos, eliminables o no, estableciendo las medidas preventivas que sea posible aplicar. Dichos riesgos se clasificarán por “factores de riesgo” asociados a las distintas operaciones que se realizarán en la obra.

### 7.3.2. DATOS DE LA OBRA Y ANTECEDENTES

- Denominación:  
Implantación de instalación fotovoltaica en cubierta de vivienda unifamiliar en Yuncos, Toledo.
- Plazo de ejecución previsto:  
Se tiene programado un plazo de ejecución de 10 días laborables, si la meteorología acompaña y se coordina adecuadamente el trabajo de todos los participantes en la obra.
- Número de trabajadores:  
Se estima que el número de trabajadores que operarán en la obra será de unos 4. Los cuales, en su conjunto, habrán de sumar los siguientes oficios:
  - ✓ Jefe de equipo.
  - ✓ Albañil de estructuras metálicas.
  - ✓ Montador de estructuras metálicas.
  - ✓ Soldador.
  - ✓ Cableador y conexionista.
  - ✓ Pintor.
  - ✓ Gruísta y maquinista.
  - ✓ Especialista en acabados diversos.
  - ✓ Ayudantes.
  - ✓ Jefe de obra.
  - ✓ Técnico de calidad y medio ambiente.
  - ✓ Técnico de prevención de riesgos laborales.

- Accesos:  
Se habilitará una escalera externa al edificio que permita acceder a la cubierta de éste. Dicha escalera estará anclada a la estructura de la casa de manera que quede convenientemente fijada. Así mismo, se instalará una línea de vida para el tramo de cubierta en el que habrá que trabajar que permita asegurar a los operarios que realicen trabajos en estos.
  
- Climatología del lugar:  
El clima de la zona presenta inviernos fríos y veranos cálidos. Esto supondrá un riesgo de heladas si la obra se realiza en invierno, lo cual habrá que tener en cuenta a la hora de definir los riesgos laborales.
  
- Uso anterior de la cubierta:  
La cubierta no tenía ningún uso previo, aparte de evacuar las aguas fluviales.

### **7.3.3. TIPO DE TRABAJOS**

El proyecto plantea la instalación de paneles fotovoltaicos sobre la cubierta de una vivienda unifamiliar. Dichos paneles son pesados y su instalación comprende tanto elementos mecánicos (anclajes), como eléctricos (cableado).

Es de esperar que sea necesario realizar las siguientes actividades:

- Acopio, armado e izado de estructuras, paneles y medios auxiliares.
- Manejo manual de cargas.
- Utilización de maquinaria de izado: grúas móviles.
- Instalación de cuadros eléctricos y cableado.
- Trabajos en estructuras y cubierta.
- Balizamiento e instalación de protecciones.
- Trabajos en altura en accesorios.
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.

### **7.3.4. MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES**

La maquinaria y los medios auxiliares más significativos que se prevén utilizar para la ejecución de los trabajos objeto del presente estudio, son aquellos que se relacionan a continuación:

## Capítulo 7

- Equipamiento:
  - Equipo de soldadura eléctrica.
  - Equipo de soldadura oxiacetilénica-oxicorte.
  - Camión de transporte.
  - Grúa móvil.
  - Camión grúa.
  - Cableante de izado.
  - Pistolas de fijación.
  - Taladradoras de mano.
  - Corta tubos.
  - Curvadoras de tubos.
  - Radiales y esmeriladoras.
  - Tracteles, poleas, aparejos, eslingas, grilletes, etc.
  - Martillo rompedor y picador.
  
- Medios auxiliares:
  - Andamios sobre borriquetas.
  - Andamios metálicos modulares.
  - Escaleras de tijera.
  - Cuadros eléctricos auxiliares.
  - Instalaciones eléctricas provisionales.
  - Herramientas de mano.
  - Bancos de trabajo.
  
- Equipos de medida:
  - Comprobador de secuencia de fases.
  - Medidor de aislamiento.
  - Medidor de tierras.
  - Pinzas amperimétricas.

## 7.4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN GENERALES

### 7.4.1. SEÑALIZACIÓN

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- A. Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- B. Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- C. Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- D. Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

#### Paneles de señalización:

- Señales de advertencia
  - Forma: Triangular.
  - Color de fondo: Amarillo.
  - Color de contraste: Negro.
  - Color de Símbolo: Negro.
- Señales de prohibición:
  - Forma: Redonda.
  - Color de fondo: Blanco.
  - Color de contraste: Rojo.
  - Color de Símbolo: Negro.
- Señales de obligación:
  - Forma: Redonda.
  - Color de fondo: Azul.
  - Color de Símbolo: Blanco.

## Capítulo 7

- Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:
  - Forma: Rectangular o cuadrada.
  - Color de fondo: Rojo.
  - Color de Símbolo: Blanco.
  
- Señales de salvamento o socorro:
  - Forma: Rectangular o cuadrada.
  - Color de fondo: Verde.
  - Color de Símbolo: Blanco.

### Cinta de señalización:

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los anteriores paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.

### Cinta de delimitación de zona de trabajo:

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

## 7.4.2. ILUMINACIÓN

Cumplirá el anexo IV del RD 486/97, que establece las condiciones mínimas de iluminación en función de la zona de trabajo:

Zona		Nivel de iluminación mínimo (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	Baja exigencia visual	100
	Exigencia visual moderada	200
	Exigencia visual alta	500
	Exigencia visual muy alta	1000
Áreas o locales de uso ocasional		25
Áreas o locales de uso habitual		100
Vías de circulación de uso ocasional		25
vías de circulación de uso habitual		50

Tabla 7.1: Iluminación mínima en función de la zona de trabajo



Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- En áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choque u otros accidentes.
- En las zonas donde se efectúen tareas, y un error de apreciación visual durante la realización de las mismas, pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad.

No se permitirá ningún tipo de iluminación basado en llama.

### **7.4.3. SEÑALES ÓPTICO-ACÚSTICAS DE VEHÍCULOS DE OBRA**

Las máquinas autoportantes que puedan intervenir en las operaciones de manutención deberán disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberá permitir su correcta identificación, en cumplimiento del Anexo IV del RD 485/97.
- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás (Anexo I del RD 1215/97).
- Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.
- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destelleante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.
- Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.
- Dispositivo de balizamiento de posición y preseñalización (lamas, conos, cintas, mallas, lámparas destelleantes, etc.).
- Protecciones colectivas particulares a cada fase de obra.

## Capítulo 7

### 7.4.4. CIRCULACIÓN Y ACCESOS A LA OBRA

En lo referente a circulación por la obra y los accesos a la misma, se aplicará lo indicado en el Artículo 11 del Anexo IV del RD 1627/97.

- Los accesos de vehículos deben ser distintos de los del personal, en el caso de que se utilicen los mismos, se debe dejar un pasillo para el paso de personas protegido mediante vallas.
- En ambos casos los pasos deben ser de superficies regulares, bien compactadas y niveladas.
- Si fuese necesario realizar pendientes, se recomienda que estas no superen un 11 % de desnivel.
- Todas estas vías estarán debidamente señalizadas y periódicamente se procederá a su control y mantenimiento.
- Si existieran zonas de acceso limitado, deberán estar equipadas con dispositivos que eviten el paso de los trabajadores no autorizados.
- El paso de vehículos en el sentido de entrada se señalizará con limitación de velocidad a 10 ó 20 km/h y ceda el paso.
- Se obligará la detención con una señal de STOP en lugar visible del acceso en sentido de salida.
- En las zonas donde se prevé que puedan producirse caídas de personas o vehículos, deberán ser balizadas y protegidas convenientemente.
- Las maniobras de camiones y hormigoneras deberán ser dirigidas por un operario competente y deberán colocarse topes para las operaciones de aproximación y vaciado.

### 7.4.5. PROTECCIONES COLECTIVAS

- Protección mecánica en huecos para evitar riesgos de caídas.
- En cada tajo, colocar un extintor portátil de polvo polivalente.
- Mamparas opacas para aquellos puestos de trabajo que generen riesgo de proyecciones (por partículas o por arco de soldadura) a terceros.
- Uso de lona ignífuga para cubrir los materiales combustibles que estén próximos a los trabajos de proyecciones incandescentes, otra medida es retirarlos a otra zona de acopio de materiales.

- Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.
- Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente, recolocándolos en las instalaciones preparadas para ello o en las zonas de acopio de materiales o acopio de residuos.

#### **7.4.6. PROTECCIONES PERSONALES**

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

- Casco.
- Pantalla facial transparente.
- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal inactínico.
- Mascarillas faciales según necesidades.
- Guantes de varios tipos.
- Cinturón de seguridad.
- Absorbedores de energía.
- Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.
- Gafas (contra impactos, viruta, etc.).
- Calzado de seguridad adecuado para cada uno de los trabajos.
- Protección auditiva.
- Ropa de trabajo.

Toda protección personal (EPIs), deberán cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Marcado CE. Dispondrán del certificado y del sello de forma visible.
- 2) Se regirán por la normativa (RD 773/1997), cumpliendo así lo establecido en la normativa europea (Directiva 89/656/CE).

## Capítulo 7

### 7.4.7. FORMACIÓN DEL PERSONAL SOBRE RIESGOS LABORALES

La finalidad de la Prevención de Riesgos Laborales en su aplicación en trabajos de riesgo especial es la acción de informar y formar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar y asimismo, darles a conocer de las técnicas preventivas y mantener la seguridad de todo el personal. Prueba de ello es lo establecido en el Convenio Colectivo del sector de la Construcción del 2007, con la novedad de impartir clases magistrales de prevención de riesgos laborales.

Por lo tanto, cada operario que participe en la obra aquí descrita deberá estar formado e informado de los riesgos que trae consigo la ejecución de sus trabajos y de las medidas o técnicas preventivas a aplicar para evitarlos, o en su defecto, disminuir sus consecuencias.

Asimismo, cada uno de ellos deberá probar que posee dicha cualificación en virtud de la siguiente documentación:

- Certificado de información de los riesgos del trabajo a ejecutar.
- Certificación de los riesgos de los trabajos que se vayan a ejecutar en la misma obra y al mismo tiempo.
- Certificado de la asistencia al curso de formación de Prevención de Riesgos Laborales, de carácter general, y del riesgo específico que deriven del trabajo a ejecutar (constarán las horas del mismo, el temario y el diploma).

## **7.5. RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS**

### **7.5.1. ACOPIO, ARMADO E IZADO DE ESTRUCTURAS Y PANELES**

#### **7.5.1.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS**

Cabe esperar que puedan darse los siguientes riesgos:

- Accidentes derivados del manejo de vehículos.
- Daños ocasionados por máquinas de obra civil y auxiliares.
- Daños ocasionados por maquinaria de izado.
- Daños por sobreesfuerzos y atrapamientos.
- Daños ocasionados por caídas de objetos durante su manipulación.
- Caídas de personas a distinto nivel (caídas de altura) y caídas al mismo nivel.
- Daños por proyección de esquirlas.
- Riesgo de quemaduras.
- Daños ocasionados por derrumbes y desplomes en los trabajos sobre la cubierta de la nave.
- Daños ocasionados por descargas atmosféricas.

#### **7.5.1.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR**

En primer lugar, se realizarán inspecciones constantes y exhaustivas de todos los medios a emplear, siendo desechados todos aquellos que ofrezcan alguna duda en cuanto a su seguridad.

Las medidas de prevención que se emplearán son:

- Todo aquel que conduzca un vehículo estará en posesión del carnet de conducir en regla.
- El tráfico de maquinaria y vehículos estará controlado convenientemente, especialmente durante las operaciones de carga y descarga de material, en cumplimiento de la instrucción relativa a la utilización de maquinaria de obra civil y auxiliares.

## Capítulo 7

- Se seguirá la instrucción relativa a la utilización de herramientas y maquinaria de izado y arriostrado.
- Se seguirá la instrucción relativa al manejo manual de cargas.
- Para trabajos al nivel del suelo se utilizarán las siguientes protecciones: casco de seguridad, guantes de trabajo y calzado de seguridad.
- El acopio de materiales se realizará en una zona estable y la altura de estos no deberá superar los 1,5 metros, de manera que no se produzcan derrames o vuelcos.
- Cuando sea necesario almacenarlos a una altura superior, se adoptarán las medidas extraordinarias que sean necesarias (sujeciones, calzos, análisis de la distribución y asentamiento del material, etc.).
- La base sobre la que se asienten los materiales acopiados será apropiada para el peso que se colocará encima.
- En materiales voluminosos cilíndricos (tubos y bobinas de cable) se utilizarán calzos para su inmovilización.
- Las zonas de paso estarán libres de materiales o residuos y deberán estar bien definidas, mediante señales si fuera necesario.
- Para la realización de trabajos en altura el equipo individual incluirá cinturón y sistema anti-caída.
- En la realización de dichas operaciones, y especialmente en ascensos, descensos y desplazamientos, el trabajador estará permanentemente sujeto.
- Las herramientas que se utilicen en la cubierta siempre irán dentro de las bolsas portaherramientas.
- Se evitarán en lo posible trabajos simultáneos en la misma vertical. Si esto no se pudiera evitar, se dispondrían de las medidas de seguridad necesarias para dicha situación, estando en todo caso advertidos los operarios de dicha circunstancia.
- En todo caso, se seguirá la instrucción relativa a la utilización de accesorios de trabajos en altura.
- Cuando se realicen operaciones que produzcan viruta o cualquier otro tipo de residuo de pequeño tamaño, el operario utilizará gafas de protección.
- Para evitar incendios, especialmente ante operaciones de soldado o de corte, se establecerán las medidas de protección y prevención oportunas (pantallas de protección, cortafuegos, vías de agua, etc.)

- Se seguirá la instrucción relativa a trabajos sobre cubiertas de edificios.
- Durante los trabajos de izado, la estructura metálica deberá estar conectada permanentemente a una toma de tierra temporal. En caso de tormenta, temporal o fuerte viento, el responsable de los trabajos de izado suspenderá los mismos hasta que las condiciones mejoren.

## **7.5.2. MANEJO MANUAL DE CARGAS**

### **7.5.2.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS**

Pueden darse los siguientes riesgos:

- Esfuerzo excesivo.
- Posición incorrecta del operario u operarios.
- Daños por golpes o cortes.

### **7.5.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR**

En lo referente al levantamiento, transporte, manipulación, etc. de materiales y herramientas se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- La manipulación de objetos se realizará de forma racional, debiendo evitarse esfuerzos superiores a la capacidad física de las personas. En caso de cargas superiores a los 50 kg, se usarán siempre medios mecánicos.
- El levantamiento de cargas se realizará de manera adecuada para evitar lesiones de espalda (flexionando las rodillas y con la espalda recta). La operación se realizará despacio, agarrando con firmeza y de manera que los dedos no queden atrapados en la descarga.
- Se utilizarán guantes siempre que se manipule cualquier objeto potencialmente peligroso (pesado, con aristas vivas, astillas, nudos, superficies sucias o resbaladizas, etc.).
- La carga se transportará de manera que no impida la visión.

## **7.5.3. UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA DE IZADO: GRÚAS MÓVILES**

### **7.5.3.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS**

Los riesgos más frecuentes relacionados con este tipo de maquinaria son:

## Capítulo 7

- Accidentes derivados del manejo de vehículos.
- Daños por impactos sobre personas.
- Riesgos derivados de la propia maquinaria.
- Contactos eléctricos con líneas aéreas.

### 7.5.3.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR

Se observarán las siguientes medidas de seguridad:

- Se utilizará una grúa de características adecuadas en cuanto a fuerza de elevación y estabilidad para las cargas que deberá alzar.
- Los materiales que sean elevados por la grúa estarán libres de todo esfuerzo aparte de su propio peso.
- En su transporte o elevación, se inmovilizará la carga de manera que no se pueda caer. Los ganchos de la grúa deberán tener pestillo de seguridad.
- Antes de elevar cualquier objeto se comprobará que los apoyos telescópicos de la grúa están desplegados y convenientemente apoyados. Dichos estabilizadores se apoyarán en tablonos o traviesas de reparto.
- En caso de que por falta de espacio sea imposible desplegar los brazos telescópicos, se deberán cumplir las siguientes condiciones:
  - Exacto conocimiento del peso de la carga.
  - Garantía del suministrador de que la máquina tiene la estabilidad suficiente para la operación en concreto que realizará (teniendo en cuenta el peso y los ángulos de trabajo en los que se situará la pluma).
- Se procurará que no haya personas en la zona por debajo de la carga.
  - La grúa estará al corriente de todas las operaciones de mantenimiento preventivo aconsejadas por el fabricante.
  - El operario de la grúa observará las siguientes directrices:
    - Evitar oscilaciones pendulares de la carga.
    - Antes de operar la grúa se asegurará de que el vehículo tiene calzadas sus ruedas y los estabilizadores dispuestos.
    - Si el operario no viera la carga desde su puesto, otra persona se encargaría de señalar los movimientos requeridos.
    - En caso de que existan líneas eléctricas aéreas próximas, se extremará la precaución en el movimiento de la grúa.



#### **7.5.4. CUADROS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

##### **7.5.4.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS**

El principal riesgo en este aspecto es el contacto eléctrico directo o indirecto con corriente eléctrica o elementos en tensión.

##### **7.5.4.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR**

- Las tomas de corriente que se usen para enchufar herramientas o máquinas eléctricas estarán alojadas en cuadros eléctricos con protección IP-65 como mínimo.
- Dichos cuadros dispondrán de puesta a tierra, diferenciales de 30 ó 300 mA (para herramientas eléctricas portátiles o para circuitos de fuerza, respectivamente). Habrá así mismo protecciones magnetotérmicas.

#### **7.5.5. ESTRUCTURAS**

Para soportar los paneles se utiliza una estructura a base de perfiles. En este apartado se contemplan los riesgos relacionados con dichos elementos y su montaje.

##### **7.5.5.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS**

Es posible que tengan lugar algunos de los siguientes riesgos:

- Cortes en las manos.
- Caídas de objetos a distinto nivel.
- Golpes en manos, pies y cabeza.
- Electrocuciiones por contacto indirecto.
- Caída al mismo nivel.

##### **7.5.5.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR**

- Las herramientas de mano irán enganchadas con mosquetón para evitar su caída.
- Se habilitarán espacios para situar los materiales.
- Las maniobras de ubicación de la armadura serán realizadas por tres operarios: dos controlando el elemento mediante cuerdas sujetas a sus extremos y otro guiando la operación.

## Capítulo 7

- Ningún operario permanecerá debajo de elementos suspendidos o de zonas en las que se estén realizando soldaduras.
- El Equipo de Protección Individual (EPI) incluirá casco, calzado con suela reforzada y arnés de seguridad.

### 7.5.6. BALIZAMIENTO E INSTALACIÓN DE PROTECCIONES

#### 7.5.6.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS

Este apartado se refiere a operaciones de balizamiento en las que se realizarán tareas de pintado e instalación de elementos eléctricos en altura. Esto puede dar lugar a los siguientes riesgos:

- Daños por sobreesfuerzos y atrapamientos.
- Daños por caídas de objetos.
- Caída de personas a distinto y al mismo nivel.
- Irritaciones o intoxicaciones provocadas por pinturas u otros productos utilizados en el pintado de superficies.
- Daños por derrumbes y desplomes en trabajos sobre la cubierta del edificio.
- Daños por descargas atmosféricas o condiciones climatológicas adversas.
- Riesgo de exposición a radiaciones no ionizantes.

#### 7.5.6.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR

- Los trabajos serán realizados por operarios especializados.
- Se utilizará arnés de seguridad tanto en las subidas y bajadas como en las operaciones en la cubierta.
- Las herramientas irán en las bolsas correspondientes y tendrán sistemas anticaída con mosquetón.
- Será obligatorio el uso de casco en la zona de la obra.
- Se observarán el resto de indicaciones para trabajos en altura anteriormente comentadas.

## 7.5.7. TRABAJO EN ALTURA EN ACCESORIOS

### 7.5.7.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS

Cuando se utilicen plataformas de trabajo, escaleras de mano y andamios para los trabajos en altura, es posible que existan los siguientes riesgos:

- Daños por caída de objetos mientras se manipulan.
- Caída de personas a distinto nivel.

### 7.5.7.2. MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR

- Las plataformas de trabajo deberán cumplir los siguientes requerimientos:
  - Ser un conjunto estructuralmente rígido, resistente y estable.
  - Disponer de barandillas resistentes de 0,90 metros cuando la base de trabajo se encuentre a más de 2 metros de altura.
  - El ancho mínimo de la plataforma será de 0,40 metros.
  - Las torretas de andamio con ruedas sólo se utilizarán en superficies completamente lisas y horizontales.
  - Éstas sólo se moverán cuando no haya nadie trabajando en ellas.
  - Las ruedas deberán tener mecanismos de inmovilización.
  - Para alturas menores de 7,5 metros, deberán cumplirse que el lado menor de la base sea al menos  $1/5$  de la altura del andamio. Para alturas de entre 7,5 y 15 metros, su menor lado en cualquier planta deberá ser  $1/5$  de la altura total. En alturas mayores de 15 metros, no se utilizarán torretas de andamio móviles.
- Las escaleras de mano deberán utilizarse de acuerdo con las siguientes medidas:
  - Se deberán apoyar en superficies perfectamente horizontales y estables.
  - La escalera debe ser al menos 1 metro más alta que la altura a la que se quiere llegar.
  - Al subir y bajar las manos deberán estar libres para apoyarse en la escalera.
  - Siempre se subirá o bajará de cara a la escalera, nunca de espaldas.
  - No se permitirá que haya subida más de una persona en cada momento a la escalera.
  - En los apoyos la superficie será antideslizante.
  - Se inmovilizará la parte superior de la escalera para evitar posibles separaciones.

## Capítulo 7

- En escaleras de tijera deberá haber una cadena que una ambos lados, evitando la apertura accidental de las dos partes.
  - Sólo se utilizarán escaleras con una resistencia y altura adecuada.
  - Sólo se empalmarán escaleras que dispongan de dispositivos específicos para ello.
  - En alturas superiores a 7 metros, se inmovilizarán las escaleras en su parte superior y será necesario el uso de elementos de seguridad anticaída atados a un sistema independiente de la escalera.
  - En caso de apoyar sobre un poste, la escalera se sujetará mediante abrazaderas.
  - Sólo se utilizarán escaleras en perfecto estado y que no presenten defectos visibles, especialmente las de madera, que deberán estar pintadas con barnices transparentes que permitan ver los posibles defectos.
- Los andamios de borriquetas deberán cumplir con las siguientes medidas de seguridad:
- La superficie de apoyo será lisa y horizontal, sin elementos de apoyo improvisados e inestables.
  - La distancia máxima entre borriquetas será de 3,5 metros para plataformas de tableros de espesor mínimo de 50 mm.
  - Sólo se utilizará este tipo de andamio para estructuras de poca entidad.
  - No se cargarán con materiales de peso superior a 50 kg, evitando otros posibles sobrepesos.
  - El ancho mínimo de la base de trabajo será de 60 cm.
  - Si el andamio supera los 2 metros de altura, deberá incorporar barandillas rígidas en todo su perímetro.
  - Si se superan los 3 metros de altura, las borriquetas irán arriostradas.
  - Las borriquetas de tijera llevarán cadena para evitar que se abran.
- En cuanto a los andamios tubulares, las medidas específicas son las siguientes:
- El equipo individual incluirá todos los elementos mencionados para trabajos en altura (casco, botas con puntera reforzada y suela antideslizante, guantes, bolsa de herramientas y arnés o cinturón de seguridad).
  - Cada tramo de andamio irá arriostrado en su diagonal.
  - La construcción del andamio se hará de forma uniforme, evitando que algunas partes se eleven exageradamente respecto de otras.

- Como norma general, se pondrá un anclaje cada 3 metros en el frente de trabajo y cada 6 metros en horizontal, no construyéndose ningún otro tramo antes de anclar la parte anterior.
- Se observará cada pieza en busca de posibles defectos, desechándose si presentara golpes, grietas u óxido.
- La superficie de apoyo será lisa, resistente y horizontal. Se utilizarán bloques de madera y placas de reparto en los puntos de apoyo, y husillos de nivelación en caso de que fueran necesarios.
- La carga máxima sobre la plataforma será en principio de 250 kg, incluyendo el peso de 2 personas.
- La separación máxima respecto del elemento vertical junto al que está el andamio será de 45 cm.
- En caso de que se usen redes de seguridad, habrá de tenerse en cuenta el posible efecto vela de éstas, reforzándose los anclajes si fuera necesario.
- En el desmontaje nunca se quitará un anclaje antes que el correspondiente cuerpo del andamio. En caso de haber red de seguridad, ésta se quitará en primer lugar.

### 7.6. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR

El promotor, antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, lo cual no le excluirá de sus responsabilidades.

Antes del comienzo de las obras deberá avisar a la autoridad laboral de la misma.

#### 7.6.1. COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad:
  - ◆ Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
  - ◆ Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Real Decreto 1627.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

### 7.6.2. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En aplicación del Estudio de Seguridad y Salud o, en su caso, del Estudio Básico, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el Estudio o Estudio Básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, conociendo cómo va a ejecutarse la obra (medios materiales y humanos, sistemas de ejecución, etc.).

En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico (incluirán la valoración económica de las mismas, que no podrá implicar disminución del importe total).

El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo incluirá una memoria descriptiva de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse; identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas. Asimismo, se incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

En la elaboración de la memoria habrán de tenerse en cuenta las condiciones del entorno en que se realice la obra, así como la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de utilizarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos.

Constará también de pliego de condiciones particulares en el que se tendrán en cuenta las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra de que se trate, así como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

El plan contendrá los planos en los que se desarrollen los gráficos y esquemas necesarios para la mejor definición y comprensión de las medidas preventivas definidas en la memoria, con expresión de las especificaciones técnicas necesarias.

Dispondrá de mediciones de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados.

Por último, contendrá el presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud.

## Capítulo 7

Dicho estudio deberá formar parte del proyecto de ejecución de obra o, en su caso, del proyecto de obra, ser coherente con el contenido del mismo y recoger las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleve la realización de la obra.

El presupuesto para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud deberá cuantificar el conjunto de gastos previstos, tanto por lo que se refiere a la suma total como a la valoración unitaria de elementos, con referencia al cuadro de precios sobre el que se calcula. Sólo podrán figurar partidas alzadas en los casos de elementos u operaciones de difícil previsión.

Las mediciones, calidades y valoración recogidas en el presupuesto del estudio de seguridad y salud podrán ser modificadas o sustituidas por alternativas propuestas por el contratista en el plan de seguridad y salud, previa justificación técnica debidamente motivada, siempre que ello no suponga disminución del importe total ni de los niveles de protección contenidos en el estudio. A estos efectos, el presupuesto del estudio de seguridad y salud deberá ir incorporado al presupuesto general de la obra como un capítulo más del mismo.

No se incluirán en el presupuesto del estudio de seguridad y salud los costes exigidos por la correcta ejecución profesional de los trabajos, conforme a las normas reglamentarias en vigor y los criterios técnicos generalmente admitidos, emanados de organismos especializados.

El Estudio de Seguridad y Salud deberá tener en cuenta, en su caso, cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la obra, debiendo estar localizadas e identificadas las zonas en las que se presten trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del RD 1627/97, así como sus correspondientes medidas específicas.

En todo caso, en el Estudio de Seguridad y Salud se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.



## **7.7. OBLIGACIONES DE LOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS**

El contratista y los subcontratistas están obligados a aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades siguientes:

- Mantener el orden y la limpieza en la obra.
- Elegir adecuadamente el emplazamiento de puestos y áreas de trabajo, y las vías o zonas de circulación.
- La manipulación de materiales y utilización de medios auxiliares.
- El control y mantenimiento de dispositivos usados en la obra.
- La delimitación de zonas de almacenamiento.
- La recogida de materiales peligrosos, así como residuos y escombros.
- La delimitación en el tiempo de las distintas tareas y fases de la obra.
- Cumplir y hacer cumplir lo especificado en el Plan de Seguridad y Salud.
- Aplicar el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en lo que se refiere a disposiciones de seguridad y salud en la obra, así como las disposiciones del Anexo IV del RD 1627/97.
- Informar adecuadamente a los trabajadores autónomos de las medidas pertinentes.
- Atender las indicaciones del coordinador de seguridad y salud o, en su caso, de la dirección facultativa de la obra.

Los contratistas y subcontratistas serán responsables de aplicar las medidas del Estudio de Seguridad y Salud que les afecten directamente a ellos, y de encargarse de que los autónomos contratados por ellos apliquen las que les afecten a ellos.

### **7.8. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS**

Al igual que ocurría con los contratistas y los subcontratistas, los autónomos deben observar el cumplimiento del artículo 15 de de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades siguientes:

- Todas aquellas tareas descritas en el apartado anterior que les sean encargadas por la empresa contratista.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el RD 1215/97, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual de acuerdo con el RD 773/97.

## 7.9. LIBRO DE INCIDENCIAS

En la obra estará presente un libro de incidencias del que se ocupará el coordinador en materia de seguridad y salud (o la dirección facultativa, en su caso). Éste presentará hojas por duplicado y será facilitado por el colegio profesional que haya avisado el Estudio de Seguridad y Salud. En él se harán anotaciones relativas al control y seguimiento del citado estudio.

Tendrán acceso a este libro las siguientes personas o entidades:

- Dirección facultativa de la obra.
- Contratistas.
- Subcontratistas.
- Trabajadores autónomos.
- Personas y órganos con responsabilidad en materia de prevención en las empresas participantes en la obra.
- Representantes de los trabajadores.
- Técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes.

En caso de que se realizase una anotación en el libro de incidencias, ésta sería remitida en un plazo de menos de 24 horas a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la obra. Por otro lado, se notificará al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

### **7.10. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de los trabajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente, notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

## **7.11. DERECHO DE LOS TRABAJADORES**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

El contratista facilitará una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

### 7.12. PRIMEROS AUXILIOS Y VIGILANCIA DE LA SALUD

- Botiquines:

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Esto supone, como mínimo:

- Botella de alcohol (500 cc).
- Botella de agua oxigenada (500 cc).
- Frasco de antiséptico (Betadine o similar).
- Gasas estériles (10 sobres de 5 gasas cada uno).
- Rollo de esparadrapo.
- Caja de tiritas (30 unidades).
- Vendas de tamaño grande (6 rollos).
- Vendas de tamaño pequeño (6 rollos).
- Vendas elásticas de tamaño grande (2 rollos).
- Caja de comprimidos de Paracetamol de 500 mg.
- Fármaco espasmolítico.
- Tubo de crema antiinflamatoria.
- Tubo de crema para quemaduras.
- Tijeras.

El botiquín será revisado y repuesto si fuera necesario semanalmente.

- Asistencia a accidentados:

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (servicios propios, mutuas patronales, mutualidades laborales, ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra y en sitio bien visible, de una lista de los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

- Reconocimiento médico:

Todo personal que empieza a trabajar en la obra deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, y que será repetido en el período de un año. A pesar de ello, se velará por el respeto a la intimidad y la dignidad del trabajador, así como por la confidencialidad de toda la información médica.

### **7.13. PLAN DE EMERGENCIA**

#### **7.13.1. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE**

Cuando ocurra algún accidente que precise de asistencia facultativa el jefe de obra de la contrata principal llevará a cabo una investigación del mismo y realizará un informe del mismo que entregará a la dirección facultativa de la obra al día siguiente del accidente como tarde. En él se incluirán al menos los siguientes datos:

- Nombre y categoría laboral del accidentado.
- Fecha, hora y lugar del accidente.
- Descripción del mismo.
- Causas.
- Medidas preventivas para evitar su repetición.
- Fechas topes para la realización de dichas medidas.

La dirección facultativa podrá aprobar dicho informe o plantear medidas complementarias a las mencionadas en éste.

#### **7.13.2. LUCHA CONTRA INCENDIOS**

Se dispondrá de extintores en cada vehículo así como en otras zonas de libre acceso para los trabajadores. Estos serán adecuados para los tipos de fuegos que previsiblemente puedan darse en la obra y estarán cargados y revisados convenientemente.

#### **7.13.3. EVACUACIÓN DE LOS TRABAJADORES**

El encargado de obra o el vigilante de seguridad facilitarán en cada momento una relación de servicios próximos al lugar de trabajo en la que se incluyan los datos de los centros asistenciales más próximos así como los teléfonos de interés en caso de emergencia (bomberos, ambulancias, taxis, etc.).



## 7.14. NORMATIVA APLICABLE RELATIVA A SEG. Y SALUD

- Básica:
  - Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, con las modificaciones previstas en la Ley 54/2003 y, en general, aquellas disposiciones de carácter normativo que la desarrollan.
  - Real Decreto 1627/1997, que regula las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
  - Real Decreto 171/2004, regulador de la organización de la coordinación de las actividades preventivas.
  - Ley 32/2006, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y asimismo, el Reglamento 1109/2007 que desarrolla dicha disposición normativa.
  - Convenio Colectivo Nacional del Sector de la Construcción del 2012 (en materia de Información y Formación en materia preventiva según el tipo de trabajo a realizar).
  - Real Decreto 1971/2007, que regula el Código Técnico de Edificación, en todo aquello que afecte al Plan de Autoprotección del Edificio en relación con el uso que se da a la instalación.
  
- General:
  - Reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. Ley 54/2003.
  - Reglamento de los Servicios de Prevención. RD 39/97.
  - Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud laboral. RD 485/97.
  - Modelo de libro de incidencias. Orden del 20-09-86.
  - Modelo de notificación de accidentes de trabajo. Orden 16-12-87.
  - Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción. Orden 20-05-52.
  - Cuadro de enfermedades profesionales. RD 1995/78.
  - Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Orden 09-03-71.
  - Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones. Orden 31-08-87.
  - Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos. RD 1316/89.

## Capítulo 7

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud sobre manipulación manual de cargas. RD 487/97.
- Estatuto de los trabajadores. Ley 8/80.
- Regulación de la jornada laboral. RD 2001/83.
- Formación de comités de seguridad. RD 423/71.
- Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos. RD 374/2001.
- Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. RD 614/2001.
- Disposiciones de aplicación de la directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas. RD 1435/92.
- Ley de la edificación 38/99.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. RD 2177/2004.
- Equipos de protección individual (EPI):
  - Condiciones comerciales y libre circulación de EPI (Directiva 89/686/CEE). RD 1407/92.
  - Disposiciones mínimas de seguridad y salud de equipos de protección individual. RD 773/97.
  - EPI contra caída de altura. UNE-EN-341.
  - Requisitos y métodos de ensayo: calzado seguridad/protección/trabajo. UNE-EN-344/A1.
  - Especificaciones calzado seguridad uso profesional. UNE-EN-345/A1.
  - Especificaciones calzado protección uso profesional. UNE-EN-346/A1.
  - Especificaciones calzado trabajo uso profesional. UNE-EN-347/A1.
- Instalaciones y equipos de obra:
  - Disposiciones mínimas de seguridad y salud para utilización de los equipos de trabajo. RD 1215/97.
  - MIE-BT-028 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Orden 31-10-73.

# CAPÍTULO 8. ESTUDIO ECONÓMICO

## **8.1. INTRODUCCIÓN**

La realización de presupuestos dentro de cualquier tipo de construcciones de obra civil es uno de los pasos más importantes dentro del proyecto, ya que determina la viabilidad del mismo, así como la posibilidad de actuar realizando cambios para la adecuación económica del mismo.

Este apartado se dedicará al cálculo del coste que supondrá la instalación solar descrita en el proyecto, para ello se calculará el presupuesto de la instalación, la rentabilidad y el periodo de recuperación.

## **8.2. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN**

Realizaremos un conteo de todos los recursos necesarios para la ejecución de la obra. Este apartado reflejará las cantidades de todos los elementos a adquirir, servicios ajenos, a terceros, etc.

Posteriormente, realizaremos un presupuesto parcial, teniendo en cuenta las cantidades anteriormente expuestas y su precio unitario.

A continuación un presupuesto de obra civil, necesario para la instalación de los paneles fotovoltaicos.

Por ultimo señalaremos un presupuesto final, teniendo en cuenta todo lo anterior así como un apartado para gastos imprevistos, que corresponderá a un porcentaje del presupuesto calculado.

## Capítulo 8

### 8.2.1. RECURSOS

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Módulos Fotovoltaicos "SunPower SPR-X21-345"	20	ud
Inversor "Fronius PRIMO 5.0-1"	1	ud
Estructura soporte "SUNFER KHT915"	5	ud
Cableado "General Cable Exzhellent Solar ZZ-F (AS)" 2,5 mm <sup>2</sup>	100	m
Cableado "General Cable Exzhellent XXI 750 V" 4 mm <sup>2</sup>	100	m
Bandeja lisa aislante canalización cableado "UNEX 66U43X 60*100"	18	m
Tapa para bandeja aislante canalización cableado "UNEX U43X 100"	18	m
Tapa final para bandeja aislante canalización cableado "UNEX 66U43X 60*100"	3	ud
Unión entre tramos bandeja aislante canalización cableado "UNEX U43X 60"	18	ud
Derivación T bandeja aislante canalización "UNEX U43X 60*100"	1	ud
Tapa derivación T bandeja aislante canalización "UNEX U43X 100"	1	ud
Cubrejuntas bandeja aislante canalización "UNEX U43X 60*100"	18	ud
Tubos de protección de cableado "HellermanTyton LTSUL16"	25	m
Contador "Fronius Smart Meter 63A-1"	1	ud
Caja general de protecciones "ELDON MAS0403015R5 400*300*155"	1	ud
Chasis modular caja protecciones "ELDON AC04030R5 400*300"	1	ud
Fusibles corriente continua "DF ELECTRIC gPV 1000 VDC 10*38 10 A"	4	ud
Fusible corriente alterna ""DF ELECTRIC gG 10*38 25 A""	1	ud
Portafusibles fotovoltaico "DF ELECTRIC PMX 1000 VDC 10*38 1P INDICADOR"	4	ud
Portafusibles corriente alterna "DF ELECTRIC PMD 10*38 1P INDICADOR"	1	ud
Descargador corriente continua "SOLARTEC PST31PV"	1	ud
Interruptor-seccionador "SOLARTEC A-5382PV0"	1	ud
Vigilante de aislamiento ""PROAT FAC4""	1	ud
Interruptor de corriente continua "PROAT INFAC"	1	ud
Interruptor magnetotérmico corriente continua "LEGRAND DX 2 P"	1	ud
Interruptor magnetotérmico corriente alterna "LEGRAND RX <sup>3</sup> "	1	ud
Interruptor diferencial corriente alterna "LEGRAND RX <sup>3</sup> "	1	ud

## 8.2.2. PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	UNIDAD
Módulos Fotovoltaicos "SunPower SPR-X21-345"	585	€/ud
Inversor "Fronius PRIMO 5.0-1"	1.560	€/ud
Estructura soporte "SUNFER KHT915"	125	€/ud
Cableado "General Cable Exzhellent Solar ZZ-F (AS)" 2,5 mm <sup>2</sup>	1,3	€/m
Cableado "General Cable Exzhellent XXI 750 V" 4 mm <sup>2</sup>	1,6	€/m
Bandeja lisa aislante canalización cableado "UNEX 66U43X 60*100"	25	€/m
Tapa para bandeja aislante canalización cableado "UNEX U43X 100"	13	€/m
Tapa final para bandeja aislante canalización cableado "UNEX 66U43X 60*100"	14	€/ud
Unión entre tramos bandeja aislante canalización cableado "UNEX U43X 60"	5	€/ud
Derivación T bandeja aislante canalización "UNEX U43X 60*100"	50	€/ud
Tapa derivación T bandeja aislante canalización "UNEX U43X 100"	45	€/ud
Cubrejuntas bandeja aislante canalización "UNEX U43X 60*100"	11	€/ud
Tubos de protección de cableado "HellermannTyton LTSUL16 "	10	€/m
Contador "Fronius Smart Meter 63A-1"	165	€/ud
Caja general de protecciones "ELDON MAS0403015R5 400*300*155"	80	€/ud
Chasis modular caja protecciones "ELDON AC04030R5 400*300"	40	€/ud
Fusibles corriente continua "DF ELECTRIC gPV 1000 VDC 10*38 10 A"	6	€/ud
Fusible corriente alterna "DF ELECTRIC gG 10*38 25 A"	1	€/ud
Portafusibles fotovoltaico "DF ELECTRIC PMX 1000 VDC 10*38 1P INDICADOR"	10	€/ud
Portafusibles corriente alterna "DF ELECTRIC PMD 10*38 1P INDICADOR"	5	€/ud
Descargador corriente continua "SOLARTEC PST31PV"	185	€/ud
Interruptor-seccionador "SOLARTEC A-5382PV0"	125	€/ud
Vigilante de aislamiento ""PROAT FAC4	40	€/ud
Interruptor de corriente continua "PROAT INFAC"	35	€/ud
Interruptor magnetotérmico corriente continua "LEGRAND DX 2 P"	210	€/ud
Interruptor magnetotérmico corriente alterna "LEGRAND RX3"	30	€/ud
Interruptor diferencial corriente alterna "LEGRAND RX3"	65	€/ud

## Capítulo 8

### 8.2.3. SUMAS PARCIALES

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Módulos Fotovoltaicos "SunPower SPR-X21-345"	20	585	1,700 €
Inversor "Fronius PRIMO 5.0-1"	1	1.560	1,560 €
Estructura soporte "SUNFER KHT915"	5	125	625 €
Cableado "General Cable Exzhellent Solar ZZ-F (AS)" 2,5 mm <sup>2</sup>	100	1,3	130 €
Cableado "General Cable Exzhellent XXI 750 V" 4 mm <sup>2</sup>	100	1,6	160 €
Bandeja lisa aislante canalización cableado "UNEX 66U43X 60*100"	18	25	450 €
Tapa para bandeja aislante canalización cableado "UNEX U43X 100"	18	13	234 €
Tapa final para bandeja aislante canalización cableado "UNEX 66U43X 60*100"	3	14	42 €
Unión entre tramos bandeja aislante canalización cableado "UNEX U43X 60"	18	5	90 €
Derivación T bandeja aislante canalización "UNEX U43X 60*100"	1	50	50 €
Tapa derivación T bandeja aislante canalización "UNEX U43X 100"	1	45	45 €
Cubrejuntas bandeja aislante canalización "UNEX U43X 60*100"	18	11	198 €
Tubos de protección de cableado "HellermannTyton LTSUL16 "	25	10	250 €
Contador "Fronius Smart Meter 63A-1"	1	165	165 €
Caja general de protecciones "ELDON MAS0403015R5 400*300*155"	1	80	80 €
Chasis modular caja protecciones "ELDON AC04030R5 400*300"	1	40	40 €
Fusibles corriente continua "DF ELECTRIC gPV 1000 VDC 10*38 10 A"	4	6	24 €
Fusible corriente alterna "DF ELECTRIC gG 10*38 25 A"	1	1	1 €
Portafusibles fotovoltaico "DF ELECTRIC PMX 1000 VDC 10*38 1P INDICADOR"	4	10	40 €
Portafusibles corriente alterna "DF ELECTRIC PMD 10*38 1P INDICADOR"	1	5	5 €
Descargador corriente continua "SOLARTEC PST31PV"	1	185	185 €
Interruptor-seccionador "SOLARTEC A-5382PV0"	1	125	125 €
Vigilante de aislamiento ""PROAT FAC4	1	40	40 €
Interruptor de corriente continua "PROAT INFAC"	1	35	35 €
Interruptor magnetotérmico corriente continua "LEGRAND DX 2 P"	1	210	210 €
Interruptor magnetotérmico corriente alterna "LEGRAND RX3"	1	30	30 €
Interruptor diferencial corriente alterna "LEGRAND RX3"	1	65	65 €
<b>TOTAL PARTIDA COMPONENTES</b>			<b>16.579 €</b>

**8.2.4. INSTALACIÓN Y OBRA CIVIL**

CONCEPTO	CANTIDAD (días)	PRECIO UNITARIO (€/día)	PRECIO TOTAL (€)
Oficial electricista 1ª categoría	5	150	750
Ayudante electricista	5	90	450
<b>TOTAL PARTIDA OBRA CIVIL</b>			<b>1.200 €</b>

**8.2.5. PRESUPUESTO TOTAL**

CONCEPTO	PRECIO TOTAL (€)
Total partida componentes instalación	16.579
Total partida obra civil	1.200
<b>TOTAL PARTIDAS</b>	<b>17.779 €</b>

De igual forma, se establece una partida para gastos imprevistos debidos a cualquier tipo de percance (mercancía defectuosa, desviaciones de precio respecto al presupuesto, etc.). La cuantía de ésta será del 10 % del resultado de sumar los subtotales de materiales y obra civil.

CONCEPTO	PRECIO TOTAL (€)
Total partidas	17.779
Reserva para gastos imprevistos	1.778
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>19.557 €</b>

Por tanto, resulta de un presupuesto total de **19.557 € (DIECINUEVE MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS)**



### 8.3. ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero consiste en comprobar si la instalación proyectada será lo suficientemente rentable como para llevarla a cabo y calcular el periodo de amortización de la instalación. En nuestro caso, debido a que es un sistema de inyección cero, sólo se tendrá en cuenta el ahorro de costes debidos a los consumos eléctricos de la vivienda.

Los consumos energéticos o cargas anuales de media de la vivienda son de unos 20.000 Kwh, debidos tanto al equipamiento dentro de la propia casa (electrodomésticos, sistemas eléctricos y electrónicos y de iluminación) como el resto de equipamiento exterior (sistema de depuración de la piscina, herramientas eléctricas para realizar el mantenimiento del patio y zonas aledañas y herramientas varias de bricolaje).

Según el estudio energético, el generador producirá de media unos **13.400 Kwh al año**. Por tanto, como el consumo va a ser mayor que la producción del generador, se espera que la energía producida por el generador pueda ser consumida por la propia vivienda.

Para poder evaluar el periodo aproximado de amortización de la inversión, bastará con dividir el precio del presupuesto total por el dinero ahorrado a lo largo de un año:

El precio actual del kWh en España es de 0,13 €/kWh, por tanto, los costes por consumos eléctricos anuales serán de  $13.400 \times 0,13 = \underline{1.742 \text{ €}}$ .

Entonces, el período de amortización será como mínimo de  $19.557 / 1.722 = \underline{11,36 \text{ años}}$ . Este período es el más optimista, ya hay que tener en cuenta que no toda la energía eléctrica generada será consumida o el sistema disminuirá el volumen de producción para así evitar el vertido a la red eléctrica. Consideramos un incremento del 30 % para tener un margen de seguridad realista: 14,76 años.

Por tanto, podemos considerar que a partir del año 15º todo el dinero ahorrado en la factura eléctrica implicará un retorno positivo y si se considera un período de amortización final de 20 años, ello implicará que al final del período habrá un beneficio económico de unos 8.710 €.

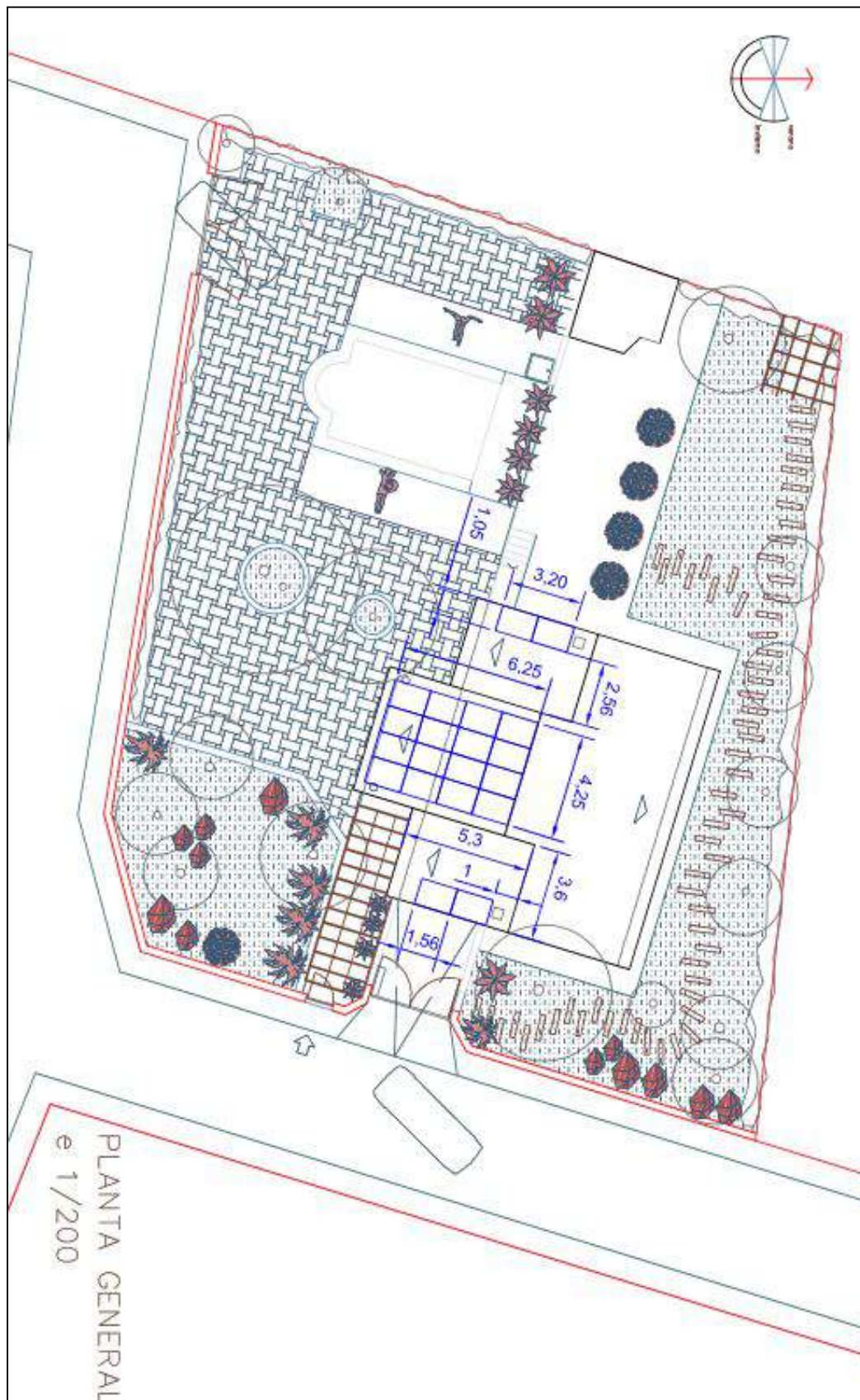
# CAPÍTULO 9. PLANOS

## 9.1. INTRODUCCIÓN

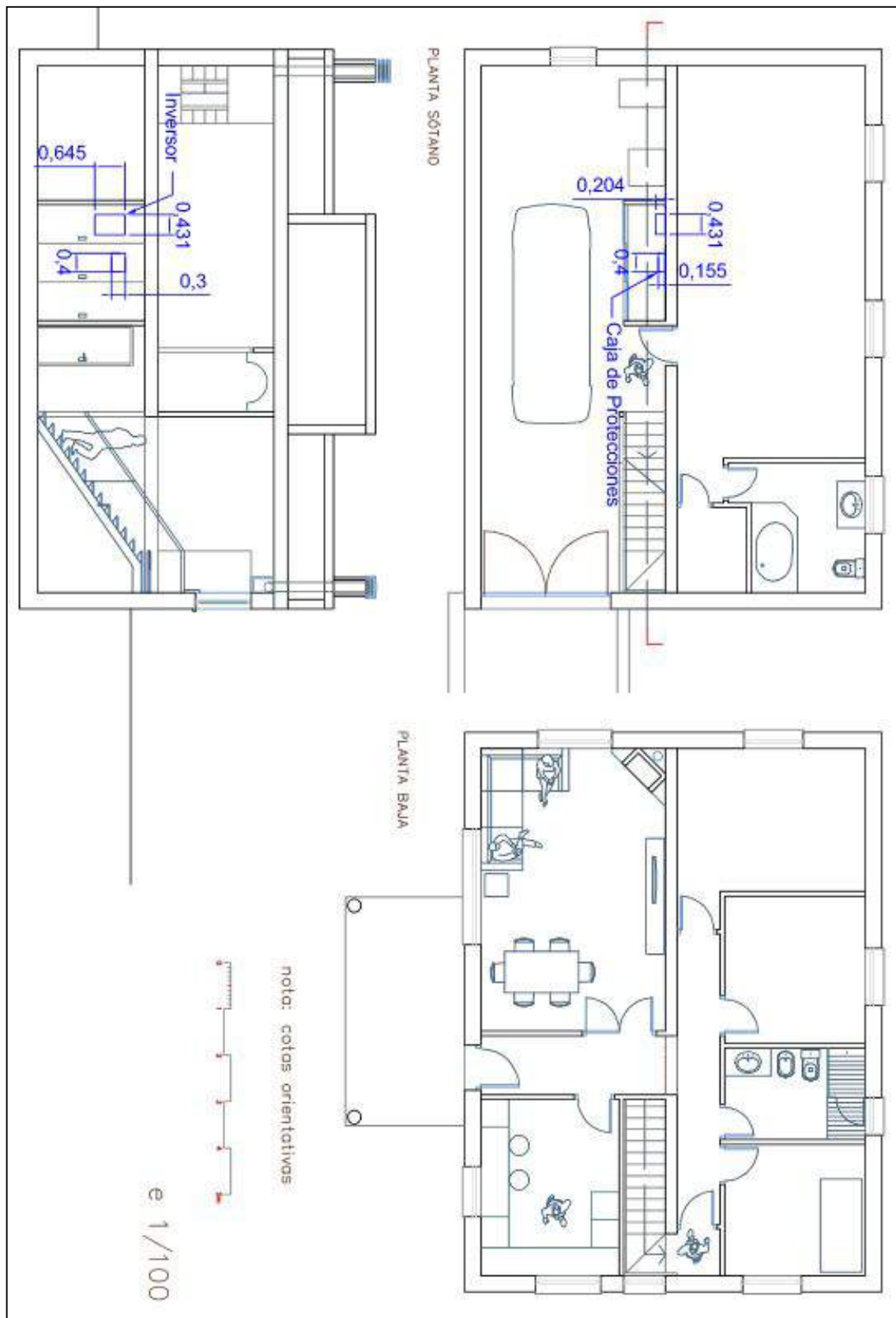
Este punto albergará los planos y esquemas más representativos de la instalación solar fotovoltaica proyectada, estará formado por tres únicos planos:

- Disposición de los módulos:  
En este plano se mostrará como se dispondrán los módulos solares del generador fotovoltaico sobre la cubierta de la vivienda.
- Disposición del inversor y de la caja general de protecciones:  
En este segundo plano se mostrará la ubicación de dichos componentes del sistema en el garaje de la vivienda.
- Diagrama unifilar:  
En este último plano se representará todo el circuito eléctrico de la instalación proyectada, identificándose cada uno de los tramos desde los paneles fotovoltaicos hasta el punto de conexión a la red de baja tensión, así como cada una de las protecciones que incorpora la instalación.

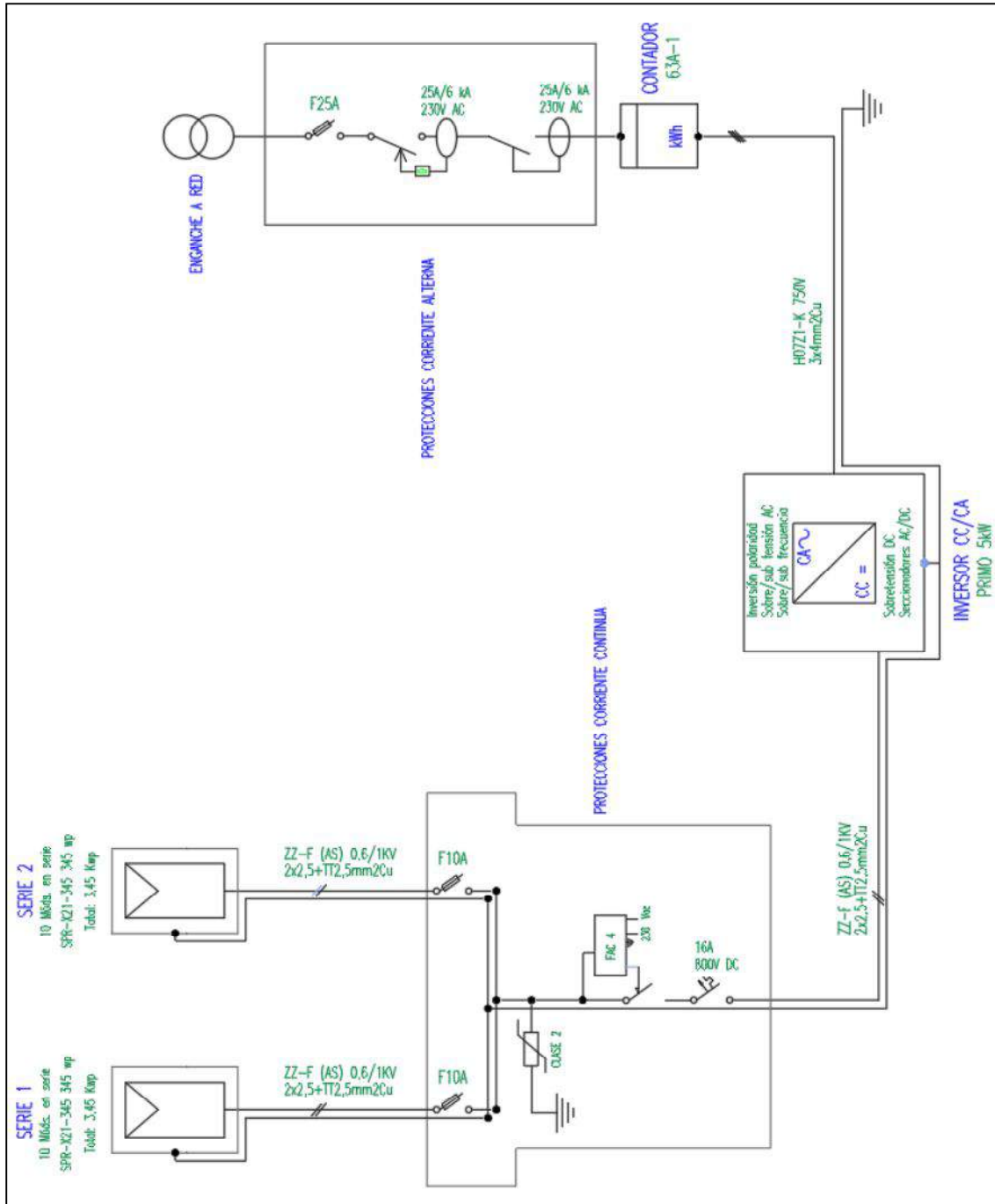
## 9.2. DISPOSICIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



### 9.3. DISPOSICIÓN INVERSOR Y CAJA GENERAL DE PROTECCIONES



### 9.4. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN



# CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES

## 10.1. CONCLUSIONES

En la presente memoria, presupuestos, cálculos justificativos, pliego de condiciones técnicas, planos y anexos se ha descrito la instalación de un productor de energía eléctrica mediante la aplicación de la energía solar fotovoltaica con conexión a la red de baja tensión pero con vertido cero a dicha red, con el objeto de ahorrar costes en la factura de la energía eléctrica de la vivienda de la instalación y evitar al mismo tiempo el pago de impuestos y tasas adicionales debido al marco legal actual en el estado español, ya sea por el tamaño de producción del generador instalado, como por no comercializar la energía eléctrica sobrante generada por el sistema. Esta instalación cumplirá el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como las Normas, Ordenanzas y Medidas de Seguridad que le sean de aplicación.

Las posibilidades de integración de este sistema de tecnología en un edificio ya construido, ya sea industrial, como residencial, son muy variadas, Hoy en día existen múltiples opciones arquitectónicas posibles, así como gran variedad de soluciones. En este proyecto se ha analizado la opción mas viable que era la de integrar el sistema fotovoltaico en la cubierta de teja que ya estaba construida y respetando la inclinación de la misma, con el fin de conseguir una integración total en el edificio.

Como conclusión final, debemos incidir que el camino de las energías renovables está en marcha y que por, cada vez más gente, está aceptado que el cambio climático viene a consecuencia de la emisión de los gases combustibles y que además, redundo en la mejora de la economía de los pequeños productores al ver reducida considerablemente el monto de su factura eléctrica durante la vida de uso de dicho sistema, lo cual es un aliciente adicional para que se decidan por su instalación.

## 10.2. PERSPECTIVAS FUTURAS

Es lógico suponer que el sector fotovoltaico a nivel mundial experimentará (de hecho ya lo está haciendo) un gran impulso en los próximos años, con el consiguiente beneficio ecológico y al mismo tiempo abrirá un gran abanico de posibilidades a la industria fotovoltaica y a los inversores públicos o privados que apuesten por esta tecnología.

Pero en España, a diferencia de la mayoría de países occidentales desarrollados, actualmente el balance neto está pendiente de regulación, aunque están ya fijadas las condiciones administrativas, técnicas y económicas del consumo de la energía eléctrica producida en el interior de la red de un consumidor para su propio consumo. Es decir, el consumidor acogido a esta modalidad puede ceder a la empresa comercializadora, sin contraprestación económica, la energía generada en el interior de su red y que no pueda ser consumida, generando unos derechos de consumo diferido que podrán ser utilizados por ejemplo hasta 12 meses después de la generación. Por lo que los sistemas de autoconsumo han de ser totales, es decir se ha de consumir toda la energía producida, sin que se pueda verter energía a la red (autoconsumo instantáneo).

Este marco legal actual perjudica al consumidor doméstico. La regulación en marcha sólo prevé un aprovechamiento instantáneo de electricidad solar, no se recoge el balance neto que permitiría ceder o vender el excedente a la red eléctrica de forma que se pueda recuperarla cuando no hace sol. Además, pone un 'peaje' a las kWh exportadas a la red. Con estas condiciones, la inversión en una instalación doméstica tarda muchos más años en ser amortizada.

Adicionalmente, según declaraciones de los productores fotovoltaicos españoles, las futuras subastas favorecen a las grandes empresas contra los ciudadanos y dicha decisión "ralentiza la entrada del autoconsumo y evita la socialización de la generación de energía". En cambio, en países punteros, como Alemania, donde se acaban de subastar 807 MW y han salido 70 parques fotovoltaicos, con una potencia media de 11 MW por parque, sí se está animando a los ciudadanos a que participen como generadores, lo cual se traduce en un gran número de generadores domésticos instalados en las cubiertas de teja de las viviendas como es el ejemplo de este proyecto.

# BIBLIOGRAFÍA

- [PERP01] Óscar Perpiñán Lamigueiro "Energía Solar Fotovoltaica", <http://oscarperpinan.github.io/esf/>, 2015
- [LORE02] Eduardo Lorenzo, "Electricidad Solar. Ingeniería de los Sistemas Fotovoltaicos", Editorial Progresa, 1994
- [ALCO03] Enrique Alcor Cabrerizo, "Instalaciones solares fotovoltaicas" 3ª edición, Editorial Progresa, 2002
- [LUQU04] Antonio Luque, Steve Hegedus. "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", Editorial John Wiley & Sons Ltd, 2005
- [IDAE05] IDAE, "Pliogo de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red", 2011
- [UNEF06] UNEF, "Informe Anual 2016: El tiempo de la energía solar fotovoltaica", 2016
- [REBT07] Ministerio de Ciencia y Tecnología, "Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión", 2002
- [UNFE08] Unión Fenosa, "Especificaciones particulares para Instalaciones de Conexión. Generadores conectados a redes de Baja Tensión", 2011
- [SISI09] SISIFO, "An online simulator of PV systems. Technical reference manual", 2014



### **Páginas web visitadas**

- ◆ <http://www.sisifo.info/>
- ◆ <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=rulo@rulo.es>
- ◆ <https://us.sunpower.com/>
- ◆ [http://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius\\_espana](http://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_espana)
- ◆ <http://www.generalcable.com/eu/es>
- ◆ <http://www.hellermanntyton.es/>
- ◆ <http://www.unex.net/ES/home/>
- ◆ <http://sunfer-energy.com/>
- ◆ <http://www.eldon.com/es-ES/>
- ◆ <http://www.df-sa.es/es/>
- ◆ <http://www.gave.com/home/es/index.php>
- ◆ <http://www.proat.es/es/>
- ◆ <http://www.legrand.es/>
- ◆ Páginas de fabricantes de componentes

# ANEXO A. CATÁLOGO DE ELEMENTOS

## A.1. PANELES FOTOVOLTAICOS



### SunPower® X-Series Residential Solar Panels | X21-335-BLK | X21-345

#### More than 21% Efficiency

Ideal for roofs where space is at a premium or where future expansion might be needed.

#### Maximum Performance

Designed to deliver the most energy in demanding real-world conditions, in partial shade and hot rooftop temperatures.<sup>1,2,4</sup>

#### Premium Aesthetics

SunPower® Signature™ Black X-Series panels blend harmoniously into your roof. The most elegant choice for your home.



**Maxeon® Solar Cells: Fundamentally better**  
Engineered for performance, designed for durability.

#### Engineered for Peace of Mind

Designed to deliver consistent, trouble-free energy over a very long lifetime.<sup>3,4</sup>

#### Designed for Durability

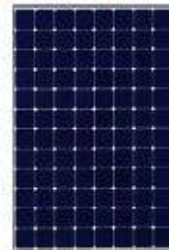
The SunPower Maxeon Solar Cell is the only cell built on a solid copper foundation. Virtually impervious to the corrosion and cracking that degrade conventional panels.<sup>3</sup>

Same excellent durability as E-Series panels. #1 Rank in Fraunhofer durability test.<sup>9</sup> 100% power maintained in Atlas 25+ comprehensive durability test.<sup>10</sup>

#### Unmatched Performance, Reliability & Aesthetics



SIGNATURE™ BLACK  
SPR-X21-335-BLK



SPR-X21-345



#### Highest Efficiency<sup>5</sup>

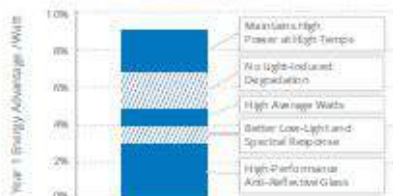
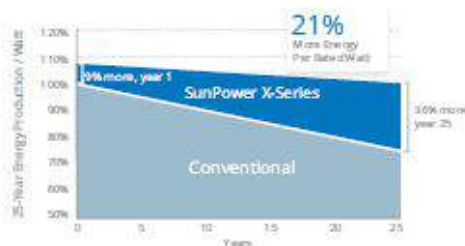
Generate more energy per square foot

X-Series residential panels convert more sunlight to electricity by producing 38% more power per panel<sup>1</sup> and 70% more energy per square foot over 25 years.<sup>1,2,3</sup>

#### Highest Energy Production<sup>6</sup>

Produce more energy per rated watt

High year-one performance delivers 8–10% more energy per rated watt.<sup>2</sup> This advantage increases over time, producing 21% more energy over the first 25 years to meet your needs.<sup>3</sup>





SunPower® X-Series Residential Solar Panels | X21-335-BLK | X21-345

SunPower Offers The Best Combined Power And Product Warranty



More guaranteed power: 95% for first 5 years, -0.49%/yr. to year 25<sup>2</sup>



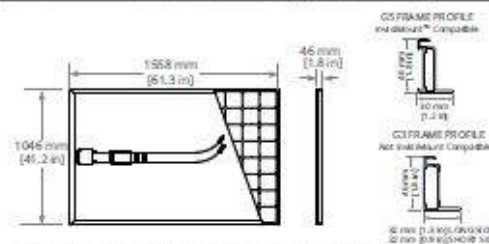
Combined Power and Product defect 25-year coverage<sup>8</sup>

Electrical Data	SPR-X21-335-BLK	SPR-X21-345
Nominal Power (P <sub>nom</sub> ) <sup>11</sup>	335 W	345 W
Power Tolerance	+5/-0%	+5/-0%
Avg. Panel Efficiency <sup>12</sup>	21.0%	21.5%
Rated Voltage (V <sub>mpp</sub> )	57.3 V	57.3 V
Rated Current (I <sub>mpp</sub> )	5.85 A	6.02 A
Open-Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> )	67.9 V	68.2 V
Short-Circuit Current (I <sub>sc</sub> )	6.23 A	6.39 A
Max. System Voltage	600 V UL & 1000 V IEC	
Maximum Series Fuse	15 A	
Power Temp. Coef.	-0.29%/°C	
Voltage Temp. Coef.	-167.4 mV/°C	
Current Temp. Coef.	2.9 mA/°C	

Tests And Certifications	
Standard Tests <sup>13</sup>	UL1703 (Type 2 Fire Rating), IEC 61215, IEC 61730
Quality Certs	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
EHS Compliance	RoHS, OHSAS 18001:2007, lead free, REACH SVHC-163, PV Cycle
Sustainability	Cradle to Cradle Certified™ Silver (eligible for LEED points) <sup>14</sup>
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	Potential-Induced Degradation free: 1000 V <sup>8</sup>
Available Listings	UL, TUV, JET, MCS, CSA, PSEC, CEC

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	-40° F to +185° F (-40° C to +85° C)
Impact Resistance	1 inch (25 mm) diameter hail at 52 mph (23 m/s)
Appearance	Class A+
Solar Cells	96 Monocrystalline Maxeon Gen III
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-65, MC4 compatible
Weight	41 lbs (18.6 kg)
Max. Load	G5 Frame: Wind: 62 psf, 3000 Pa front & back Snow: 1.25 psf, 6000 Pa front
	G3 Frame: Wind: 50 psf, 2400 Pa front & back Snow: 1.12 psf, 5400 Pa front
Frame	Class 1 black anodized (highest AAMA rating)

REFERENCES:  
 1 All comparisons are SPR-X21-345 vs. a representative conventional panel: 250 W, approx. 1.6 m, 15.3% efficiency.  
 2 Typically 8-10% more energy per watt, BEWONV Engineering "SunPower Yield Report," Jan 2013.  
 3 SunPower 0.25%/yr degradation vs. 1.0%/yr conv. panel, Campau, Z, et al. "SunPower Module Degradation Rate" SunPower white paper, Feb 2012; Jordan, Dirk "SunPower Test Report," NREL, Q1-2015.  
 4 "SunPower Module 40-Year Useful Life" SunPower white paper, May 2015. Useful life is 99 out of 100 panels operating at more than 70% of rated power.  
 5 Highest of over 1,000 silicon solar panels, Photon Module Survey, Feb 2014.  
 6 1% more energy than E-Series panels, 9% more energy than the average of the top 10 panel companies tested in 2012 (151 panels, 102 companies), Photon International, Feb 2013.  
 7 Compared with the top 15 manufacturers, SunPower Warranty Review, May 2015.  
 8 Some restrictions and exclusions may apply. See warranty for details.  
 9 X-Series same as E-Series, 5 of top 8 panel manufacturers tested in 2013 report, 3 additional panels in 2014. Ferraris, C., et al. "Fraunhofer IFF Durability Initiative for Solar Modules Part 2", Photovoltaic International, 2014.  
 10 Compared with the non-stress-tested control panel, X-Series same as E-Series, tested in Atlas 25+ Durability test report, Feb 2013.  
 11 Standard Test Conditions (1000 W/m<sup>2</sup> irradiance, AM 1.5, 25° C), NREL, calibration Standard: 50MS current, IACCS PF and Voltage.  
 12 Based on average of measured power values during production.  
 13 Type 2 fire rating per UL1703:2013, Class C fire rating per UL1703:2002.  
 14 See salesperson for details.



G5 frames have no mounting holes. Please read the safety and installation guide.

See [www.sunpower.com/contacts](http://www.sunpower.com/contacts) for more reference information.  
 For more details, see extended datasheet: [www.sunpower.com/datasheets](http://www.sunpower.com/datasheets).

Document # 504828 Rev F.ATR.JUS

©December, 2016 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER, the SUNPOWER logo, MAXEON, SIGNATURE and InVestment are trademarks or registered trademarks of SunPower Corporation. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

**SUNPOWER®**





**X-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
**SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS**

APPLIES TO: SPR-X22-360, SPR-X22-360-COM, SPR-X21-345, SPR-X21-345-COM, SPR-X21-335-BLK, SPR-X21-335, SPR-X20-327, SPR-X20-327-COM, SPR-X20-327-BLK, SPR-X19-310, SPR-X19-310-BLK, SPV-X19-310-COM, SPR-X21-255, SPR-X20-250-BLK, SPR-X20-245, SPR-X19-240-BLK

TESTS AND CERTIFICATIONS		WARRANTY, IMPACT RESISTANCE, FUSE RATING, J-BOX	
Standard tests	UL 1703, Type 2 UL Module Fire Rating, IEC61215, IEC61730, Class C IEC Fire Rating	WARRANTIES	25-YEAR LINEAR POWER WARRANTY 25-YEAR LIMITED PRODUCT WARRANTY SPV AND NPC MODULES CARRY A DIFFERENT PRODUCT WARRANTY
Quality tests	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004		Impact Resistance
EHS Compliance	RoHS, DHSAS 18001:2007, C2C (Cradle to Cradle), PV Cycle, WEEE, REACH SVHC-163, lead free	Max Series Fuse	15 Amp rating
Ammonia test	IEC 62716	Connectors	MC4 compatible; cable length 1000mm (96 & 72 cell) and 970mm (128 cell)
Salt-spray test	IEC 61701 (max. severity)	Junction Box	JBox, IP 65, no larger than (cm) 2.3 x 11.3 x 13.1. For specifics, contact regional sales team
PID test	Potential-Induced Degradation free:1000V		
Max Load	72 cell (Gen 5 frame) Wind: 83 psf, 4000 Pa, 407 kg/m <sup>2</sup> front & back Snow: 167 psf, 8000 Pa, 815 kg/m <sup>2</sup> front 96 cell (Gen 5 frame) Wind: 62 psf, 3000 Pa, 305 kg/m <sup>2</sup> front & back Snow: 125 psf, 6000 Pa, 611 kg/m <sup>2</sup> front 72 & 96 cell (Gen 3 frame) Wind: 90 psf, 2400 Pa, 244 kg/m <sup>2</sup> front & back Snow: 112 psf, 3400 Pa, 330 kg/m <sup>2</sup> front		
Operating Temps	-40°F to +185°F (-40°C to +85°C)		

X-SERIES MAJOR GLOBAL MARKET LISTINGS		
Commercial & Residential Modules	72-Cell Modules	96-Cell Modules
Major Market Listings*	CEC, UL, TUV, MCS	CEC, UL, TUV, MCS
*Platform options available in listed markets, but every individual sku may not be available in each referenced market		

**PLATFORM ELECTRICAL DATA, STC**

Module	Platform (Number of cells)	At Standard Test Conditions							
		Nominal Power	Power Tolerance (%)	Rated Voltage Vmp (V)	Rated Current Imp (A)	Open Circuit Voltage Voc (V)	Short Circuit Current Isc (A)	Max System Voltage UL Vmax (V)	Max System Voltage IEC Vmax (V)
SPR-X22-360	96	360	+5/-0	59.1	6.09	69.3	6.48	600	1000
SPR-X22-360-COM	96	360	+5/-3	59.1	6.09	69.3	6.48	1000	1000
SPR-X21-345	96	345	+5/-0	57.3	6.02	68.2	6.39	600	1000
SPR-X21-345-COM	96	345	+5/-3	57.3	6.02	68.2	6.39	1000	1000
SPR-X21-335-BLK	96	335	+5/-0	57.3	5.85	67.9	6.23	600	1000
SPR-X21-335	96	335	+5/-0	57.3	5.85	67.9	6.23	600	1000
SPR-X20-327	96	327	+5/-0	57.3	5.71	67.6	6.07	600	1000
SPR-X20-327-COM	96	327	+5/-3	57.3	5.71	67.6	6.07	1000	1000
SPR-X20-327-BLK	96	327	+5/-0	57.3	5.71	67.6	6.07	600	1000
SPR-X19-310	96	310	+5/-0	57.3	5.41	67.2	5.82	600	1000
SPR-X19-310-BLK	96	310	+5/-0	57.3	5.41	67.2	5.82	600	1000
SPV-X19-310-COM	96	310	+/-10	57.3	5.41	67.2	5.82	600	1000
SPR-X21-255	72	255	+5/-0	42.9	5.95	51.1	6.33	600	1000
SPR-X20-250-BLK	72	250	+5/-0	42.8	5.84	50.9	6.20	600	1000
SPR-X20-245	72	245	+5/-0	42.8	5.72	50.8	6.08	600	1000
SPR-X19-240-BLK	72	240	+5/-0	42.8	5.61	50.6	5.98	600	1000



**X-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS

**TEMPERATURE COEFFICIENTS & EFFICIENCY REFERENCES**

Module	At STC		Basic Temperature Data				Efficiency Numbers		
	Nominal Power	Avg Power	Current (Isc) Temp. Coeff. (mA/°C)	Voltage (Voc) Temp. Coeff. (mV/°C)	Power Temp. Coeff. (%/°C)	NOCT @ 20°C (Value +/- 2 °C)	Average Power Efficiency (%)	Nominal Peak Power per Unit Area (W/m²)	Nominal Peak Power per Unit Area (W/m²)
SPR-X22-360	360	361	2.9	-167.4	-0.29%	41.5	22.2%	221.6	20.6
SPR-X22-360-COM	360	361	2.9	-167.4	-0.29%	41.5	22.2%	221.6	20.6
SPR-X21-345	345	350	2.9	-167.4	-0.29%	41.5	21.5%	214.6	19.9
SPR-X21-345-COM	345	350	2.9	-167.4	-0.29%	41.5	21.5%	214.6	19.9
SPR-X21-335-BLK	335	343	2.9	-167.4	-0.29%	43.0	21.0%	210.3	19.5
SPR-X21-335	335	343	2.9	-167.4	-0.29%	41.5	21.0%	210.3	19.5
SPR-X20-327	327	333	2.9	-167.4	-0.29%	41.5	20.4%	204.2	19.0
SPR-X20-327-COM	327	331	2.9	-167.4	-0.29%	41.5	20.3%	202.9	18.9
SPR-X20-327-BLK	327	333	2.9	-167.4	-0.29%	43.0	20.4%	204.2	19.0
SPR-X19-310	310	314	2.9	-167.4	-0.29%	41.5	19.3%	192.5	17.9
SPR-X19-310-BLK	310	314	2.9	-167.4	-0.29%	43.0	19.3%	192.5	17.9
SPV-X19-310-COM	310	314	2.9	-167.4	-0.29%	43.0	19.3%	192.5	17.9
SPR-X21-255	255	262	2.9	-125.6	-0.29%	41.5	21.1%	210.6	19.6
SPR-X20-250-BLK	250	255	2.9	-125.6	-0.29%	43.0	20.5%	205.0	19.0
SPR-X20-245	245	249	2.9	-125.6	-0.29%	41.5	20.0%	200.2	18.6
SPR-X19-240-BLK	240	242	2.9	-125.6	-0.29%	43.0	19.5%	194.5	18.1

**PLATFORM PERFORMANCE AT NOCT**

(800 W/m², 20°C ambient, 1 m/s wind speed)

Module	At STC	Nominal Electrical data at NOCT (NOCT: 800W/m², 20 °C amb. Temp., 1m/s wind speed)					
		NOCT Pnom	NOCT Vmpp	NOCT Impp	NOCT Voc	NOCT Isc	NOCT % of rated
SPR-X22-360	360	288	60.4	4.76	66.2	5.23	79.9%
SPR-X22-360-COM	360	288	60.4	4.76	66.2	5.23	79.9%
SPR-X21-345	345	261	53.8	4.83	64.9	5.16	75.7%
SPR-X21-345-COM	345	261	53.8	4.83	64.9	5.16	75.7%
SPR-X21-335-BLK	335	252	53.5	4.71	64.3	5.04	75.3%
SPR-X21-335	335	253	53.8	4.71	64.5	5.03	75.7%
SPR-X20-327	327	248	53.8	4.60	64.3	4.90	75.7%
SPR-X20-327-COM	327	248	53.8	4.60	64.3	4.90	75.7%
SPR-X20-327-BLK	327	250	54.4	4.60	64.0	4.91	76.5%
SPR-X19-310	310	235	53.8	4.36	63.9	4.70	75.7%
SPR-X19-310-BLK	310	233	53.5	4.36	63.6	4.71	75.3%
SPV-X19-310-COM	310	233	53.5	4.36	63.6	4.71	75.3%
SPR-X21-255	255	195	40.3	4.79	48.6	5.11	75.8%
SPR-X20-250-BLK	250	188	40.0	4.71	48.2	5.01	75.2%
SPR-X20-245	245	185	40.2	4.61	48.3	4.91	75.6%
SPR-X19-240-BLK	240	181	40.0	4.52	47.9	4.83	75.2%

PLATFORM PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE  
(200 W/m<sup>2</sup>, 25°C cell temperature, air mass 1.5 SSID\*)

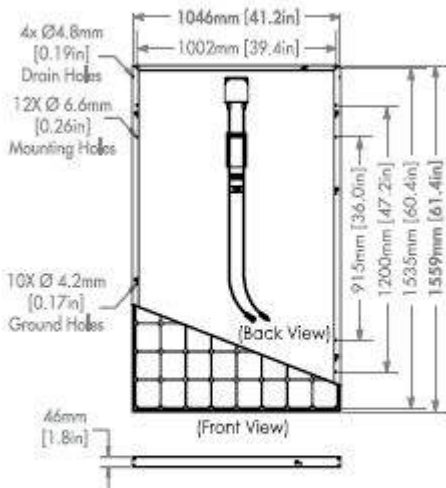
Module	At STC		Irradiance vs. Power at Low Irradiance (200W/m <sup>2</sup> and @25°C (SNL coefficients))		
	Nominal Power	Low Irradiance P <sub>mp</sub> (W)	Low Irradiance V <sub>mp</sub> (V)	Low Irradiance I <sub>mp</sub> (A)	Pctg. of nominal power
SPR-X22-360	360	69.5	57.9	1.20	19.3%
SPR-X22-360-COM	360	69.5	57.9	1.20	19.3%
SPR-X21-345	345	66.4	54.6	1.22	19.3%
SPR-X21-345-COM	345	66.4	54.6	1.22	19.3%
SPR-X21-335-BLK	335	64.5	54.6	1.18	19.3%
SPR-X21-335	335	64.5	54.6	1.18	19.3%
SPR-X20-327	327	63.0	54.6	1.15	19.3%
SPR-X20-327-COM	327	63.0	54.6	1.15	19.3%
SPR-X20-327-BLK	327	63.0	54.6	1.15	19.3%
SPR-X19-310	310	59.7	54.6	1.09	19.3%
SPR-X19-310-BLK	310	59.7	54.6	1.09	19.3%
SPV-X19-310-COM	310	59.7	54.6	1.09	19.3%
SPR-X21-255	255	49.1	40.9	1.20	19.3%
SPR-X20-250-BLK	250	48.1	40.8	1.18	19.2%
SPR-X20-245	245	47.2	40.8	1.16	19.2%
SPR-X19-240-BLK	240	46.2	40.8	1.13	19.2%

\*SSID = Solar Spectral Irradiance Distribution

MODULE PLATFORM DIMENSIONS

Residential Module (Gen 3 black frame) - 96 CELL

(SPR-X21-335-BLK, SPR-X20-327-BLK, SPR X19-310-BLK, SPR-X22-360, SPR-X21-345, SPR-X21-335, SPR-X20-327, SPR-X19-310)

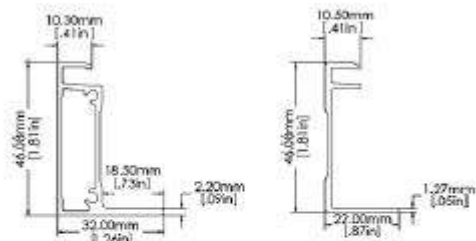


Residential Frame profiles

Gen 3 Frame Profile for 96 cell modules

Frame Extrusion, Side

Frame Extrusion, End

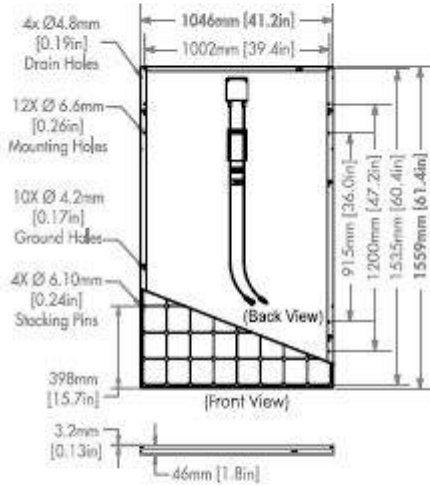






**X-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
**SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS**

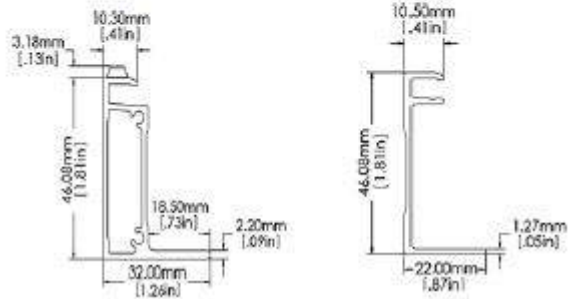
**Commercial Module (Gen 3 silver frame with stacking pins)-96CELL**  
 [SPR-X22-360-COM, SPR-X21-345-COM, SPR-X20-327-COM]



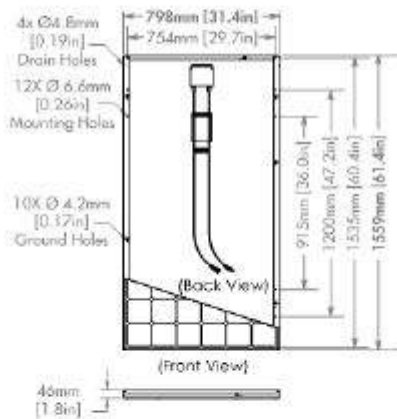
**Gen 3 Frame Profile for 96 Cell Commercial**

Frame Extrusion, Side (with PEM Stud Height)

Frame Extrusion, End



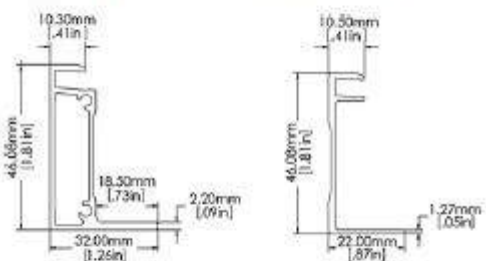
**Residential Module (Gen 3 frame) - 72 CELL**  
 [SPR-X21-255, SPR-X20-250-BLK, SPR-X20-245, SPR-X19-240-BLK]



**Gen 3 Frame Profile for 72 cell modules**

Frame Extrusion, Side

Frame Extrusion, End



Specifications subject to change without notice

Page 4 of 6

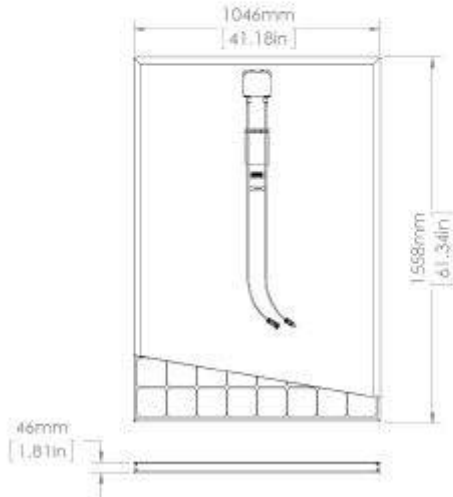
Document No. 305915 Rev F/ US



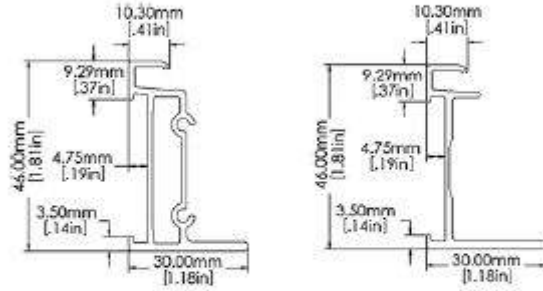


**X-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
**SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS**

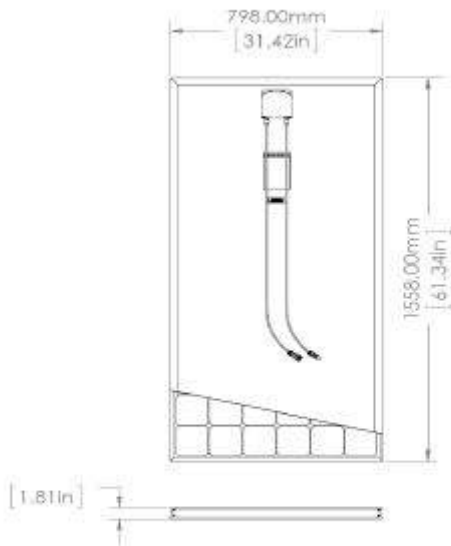
**InvisiMount™ Compatible frame (Gen 5 frame) - 96 CELL**  
 (SPR-X21-335-BLK, SPR-X20-327-BLK, SPR-X19-310-BLK, SPR-X22-360, SPR-X21-345, SPR-X21-335, SPR-X20-327, SPR-X19-310)



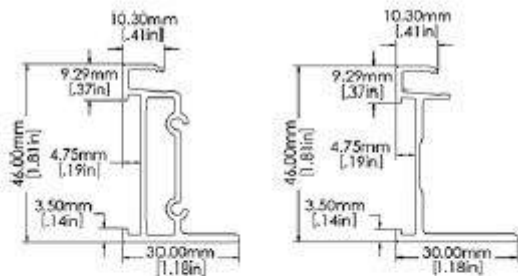
**InvisiMount Compatible (Gen 5) Frame profile for 96 cell**  
 Frame Extrusion, Side                      Frame Extrusion, End



**InvisiMount Compatible frame (Gen 5 frame) - 72 CELL**  
 (SPR-X21-255, SPR-X20-250-BLK, SPR-X20-245, SPR-X19-240-BLK)



**InvisiMount Compatible (Gen 5) Frame profile for 72 cell**  
 Frame Extrusion, Side                      Frame Extrusion, End



Specifications subject to change without notice

Page 3 of 6

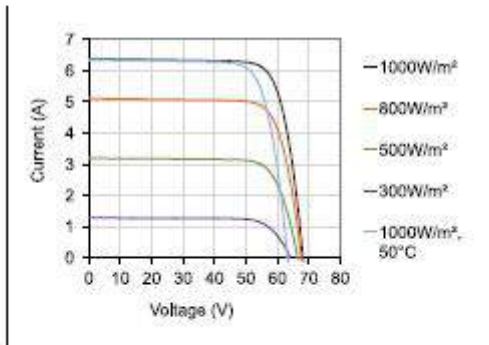
Document No. 305913 Rev F/ US



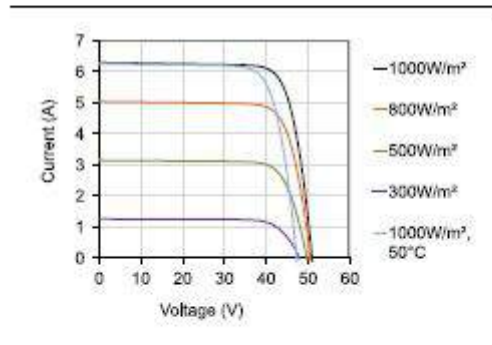
**X-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
**SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS**

**IV CURVES OF PRIMARY PLATFORM MODELS**

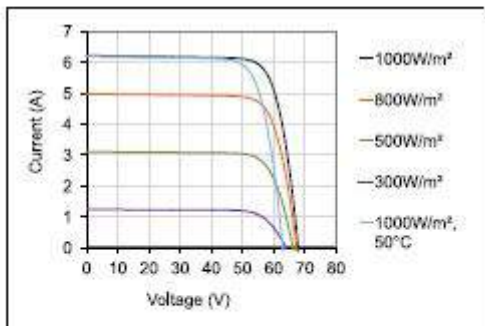
SPR-X21-345



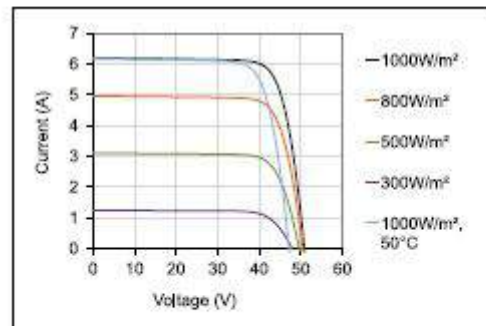
SPR-X21-255



SPR-X21-335-BLK



SPR-X20-250-BLK





**E-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
**SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS**

APPLIES TO: SPR-E20-327, SPR-E19-320, SPR-E20-245, SPR-E19-235

TESTS AND CERTIFICATIONS		WARRANTY, IMPACT RESISTANCE, FUSE RATING, J-BOX	
Standard tests	UL 1703 [Type 2 UL Module Fire Rating], IEC61215, IEC61730, Class C IEC Fire Rating	WARRANTIES	25-YEAR LINEAR POWER WARRANTY 25-YEAR LIMITED PRODUCT WARRANTY
Quality tests	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004	Impact Resistance	(hail) 25mm (1 inch) diameter at 23 m/s (52 mph)
EHS Compliance	RoHS, OHSAS 18001:2007, C2C (Cradle to Cradle), PV Cycle, WEEE	Max Series Fuse	15 Amp rating
Ammonia test	IEC 62716	Connectors	MC4 Compatible and Yukits with cable length 1000mm (96 & 72 cell)
Salt-spray test	IEC 61701 (max. severity)	Junction Box	JBox, IP 65, no larger than (cm) 2.5 x 11.5 x 13.1. For specifics, contact your regional sales
PID test	Potential-Induced Degradation free:1000V		
Max Load	72 cell (Generation 5 frame) Wind: 83 psf, 4000 Pa, 407 kg/m <sup>2</sup> front & back Snow: 167 psf, 8000 Pa, 815 kg/m <sup>2</sup> front 96 cell (Generation 5 frame) Wind: 62 psf, 3000 Pa, 305 kg/m <sup>2</sup> front & back Snow: 125 psf, 6000 Pa, 611 kg/m <sup>2</sup> front 72 & 96 cell (Generation 3 frame) Wind: 50 psf, 2400 Pa, 244 kg/m <sup>2</sup> front & back Snow: 112 psf, 5400 Pa, 350 kg/m <sup>2</sup> front		
Operating Temps	-40°F to +135°F (-40°C to +55°C)		

E-SERIES MAJOR GLOBAL MARKET LISTINGS		
Residential Modules	96-Cell Modules	72-Cell Modules
Major Market Listings*	CEC, JET, MCS, FSEC, CSA, UL, TUV	CEC, JET, MCS, FSEC, CSA, UL, TUV

\*Platform options available in listed markets, but every individual sku may not be available in each referenced market

**PLATFORM ELECTRICAL DATA**  
**STC Values**

Module	Platform (Number of cells)	At Standard Test Conditions							
		Nominal Power	Power Tolerance (%)	Rated Voltage Vmp (V)	Rated Current Imp (A)	Open Circuit Voltage Voc (V)	Short Circuit Current, Isc (A)	Max System Voltage UL Vmax (V)	Max System Voltage IEC Vmax (V)
SPR-E20-327	96	327	+5/-0	54.7	5.98	64.9	6.46	600	1000
SPR-E19-320	96	320	+5/-0	54.7	5.86	64.8	6.24	600	1000
SPR-E20-245	72	245	+5/-0	40.5	6.05	48.8	6.43	600	1000
SPR-E19-235	72	235	+5/-0	40.5	5.80	48.4	6.18	600	1000



**E-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
**SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS**

**PLATFORM ELECTRICAL DATA (continued)**  
**TEMPERATURE COEFFICIENTS & EFFICIENCY REFERENCES**

Module	At Standard Test Conditions		Basic Temperature Data				Efficiency Numbers		
	Nominal Power	Avg Power	Current (Isc) Temp. Coeff. (mA/°C)	Voltage (Voc) Temp. Coeff. (mV/°C)	Power Temp. Coeff. (%/°C)	NOCT @ 20°C (Value +/- 2°C)	Average Power Efficiency (%)	Nominal Peak Power per Unit Area (W/m <sup>2</sup> )	Nominal Peak Power per Unit Area (W/ft <sup>2</sup> )
SPR-E20-327	327	333	2.6	-176.6	-0.35%	43.0	20.4%	204.2	19.0
SPR-E19-320	320	324	2.6	-176.6	-0.35%	43.0	19.9%	198.6	18.4
SPR-E20-243	243	249	2.6	-132.5	-0.35%	43.0	20.0%	200.2	18.6
SPR-E19-235	235	240	2.6	-132.5	-0.35%	43.0	19.3%	192.9	17.9

**PLATFORM PERFORMANCE AT NOCT**

(800 W/m<sup>2</sup>, 20°C ambient, 1 m/s wind speed)

Module	At STC	Nominal Electrical data at NOCT (NOCT : 800W/m <sup>2</sup> , 20°C amb. Temp., 1m/s wind speed)					
		NOCT Pnom	NOCT Vmpp	NOCT Impp	NOCT Voc	NOCT Isc	NOCT % of rated
SPR-E20-327	327	246	31.5	4.82	60.8	5.22	75.2%
SPR-E19-320	320	243	31.5	4.72	60.7	5.04	75.9%
SPR-E20-243	243	182	37.4	4.88	43.7	5.20	74.4%
SPR-E19-235	235	175	37.4	4.68	43.3	5.00	74.4%

**PLATFORM PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE**

(200 W/m<sup>2</sup>, 25°C cell temperature, air mass 1.5 SSID\*)

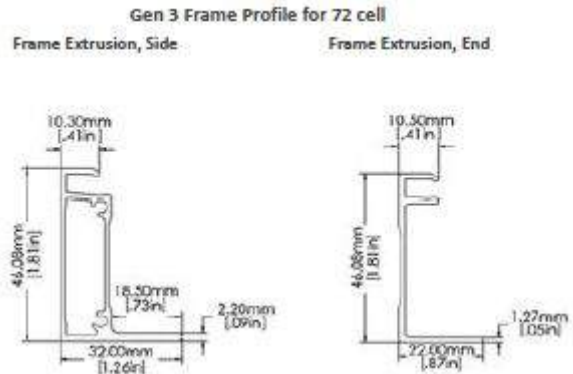
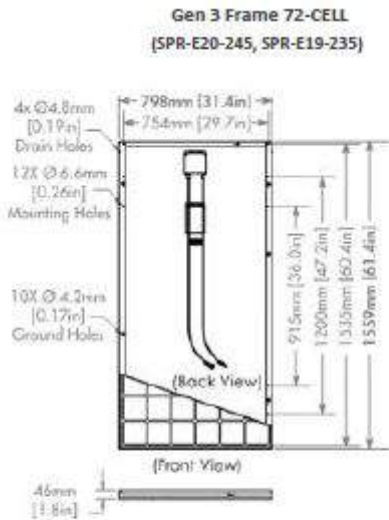
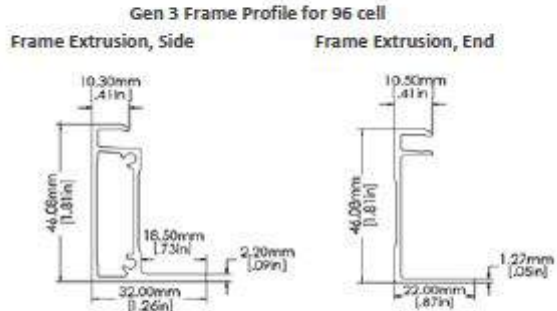
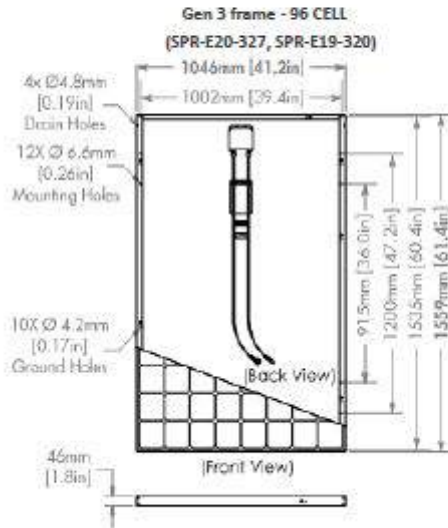
Module	At STC	Irradiance vs. Power at Low Irradiance (200W/m <sup>2</sup> and @25°C (SNL coefficients))			
		Low irradiance Pmpp (W)	Low irradiance Vmpp (V)	Low irradiance Impp (A)	Pctg. of nominal power
SPR-E20-327	327	62.8	32.0	1.21	19.2%
SPR-E19-320	320	61.5	32.0	1.18	19.2%
SPR-E20-243	243	47.0	38.3	1.22	19.2%
SPR-E19-235	235	45.1	38.3	1.17	19.2%

\*SSID = Solar Spectral Irradiance Distribution



**E-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
**SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS**

**MODULE PLATFORM DIMENSIONS**

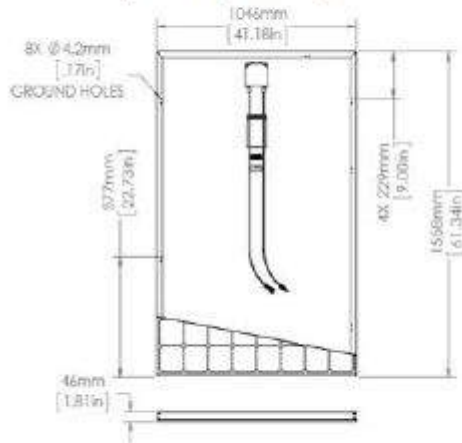




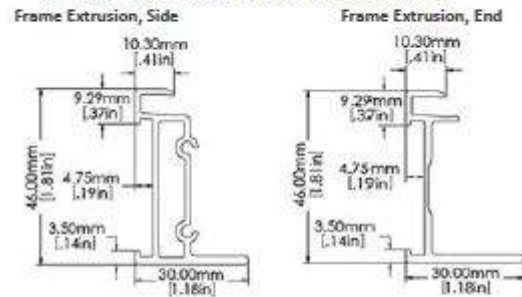


**E-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
 SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS

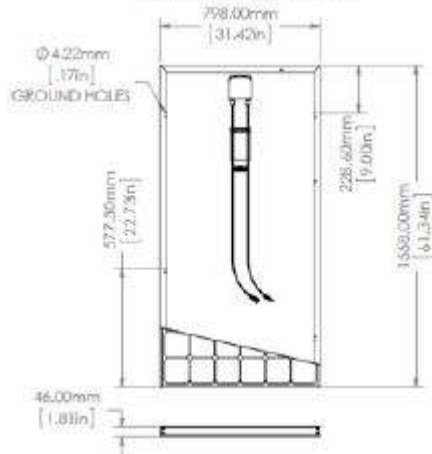
**InvisiMount™ Compatible frame - 96 CELL**  
 (SPR-E20-327, SPR-E19-320)



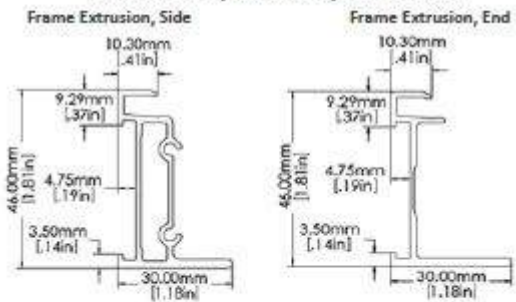
**InvisiMount Compatible Frame profile for 96 cell**



**InvisiMount Compatible frame - 72 CELL**  
 (SPR-E20-245, SPR-E19-235)



**InvisiMount Compatible Frame profile for 72 cell**



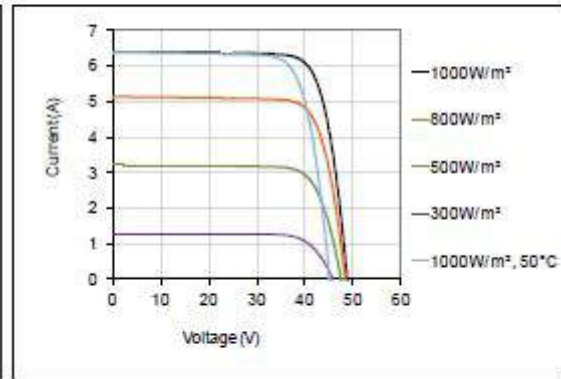
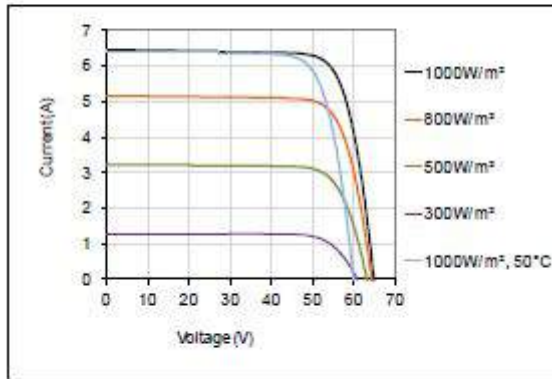


**E-SERIES RESIDENTIAL SOLAR PANELS**  
SUPPLEMENTARY TECHNICAL SPECIFICATIONS

IV CURVES OF PRIMARY PLATFORM MODELS

SPR-E20-327

SPR-E20-245



## A.2. INVERSOR

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



# FRONIUS PRIMO

/ The communicative inverter for optimised energy management.



/ SnapInverter Technology



/ Integrated data communication



/ SuperFlex Design



/ Dynamic Peak Manager



/ Smart Grid Ready



/ Zero feed-in



/ The Fronius Primo in power categories from 3.0 to 8.2 kW perfectly completes the SnapInverter generation. This single-phase, transformerless device is the ideal inverter for private households. Its innovative SuperFlex Design provides maximum flexibility in system design, while the SnapInverter mounting system makes installation and maintenance easier than ever before. The communication package included as standard, with WLAN, energy management, several interfaces and much more besides, makes the Fronius Primo a communicative inverter for owner-occupiers.

### TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

INPUT DATA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Number of MPPT trackers	2				
Max. input current ( $I_{in,max1} / I_{in,max2}$ )	12.0 A / 12.0 A				
Max. array short circuit current (MPP <sub>1</sub> /MPP <sub>2</sub> )	18.0 A / 18.0 A				
DC input voltage range ( $U_{dc,min} - U_{dc,max}$ )	89 - 1,000 V				
Feed-in start voltage ( $U_{dc,start}$ )	80 V				
Usable MPPT voltage range	30 - 800 V				
Number of DC connections	2 + 2				
Max. PV generator output ( $P_{dc,max}$ )	4.5 kW <sub>peak</sub>	5.3 kW <sub>peak</sub>	5.5 kW <sub>peak</sub>	6.0 kW <sub>peak</sub>	6.9 kW <sub>peak</sub>
OUTPUT DATA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
AC nominal output ( $P_{ac,n}$ )	3,000 W	3,500 W	3,650 W	4,000 W	4,600 W
Max. output power	3,000 VA	3,500 VA	3,650 VA	4,000 VA	4,600 VA
AC output current ( $I_{ac,nom}$ )	13.0 A	15.2 A	14.0 A	17.4 A	20.0 A
Grid connection (voltage range)	1 - NFB 230 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frequency (frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Total harmonic distortion	< 5 %				
Power factor (cos $\phi_{ac}$ )	0.85 - 1 inB / cap.				



**TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)**

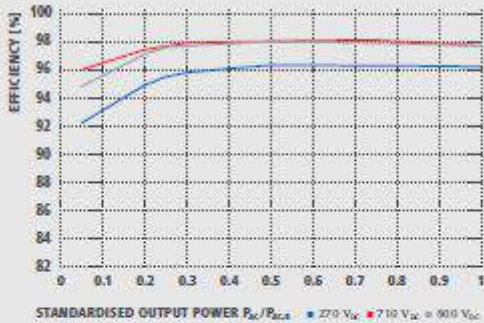
GENERAL DATA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Dimensions (height x width x depth)	445 x 451 x 204 mm				
Weight	21.5 kg				
Degree of protection	IP 65				
Protection class	1				
Overvoltage category (DC / AC) <sup>1)</sup>	2 / 5				
Night time consumption	< 1 W				
Inverter design	Transformerless				
Cooling	Regulated air cooling				
Installation	Indoor and outdoor installation				
Ambient temperature range	-40 - +55 °C				
Permitted humidity	0 - 100 %				
Max. altitude	4,000 m				
DC connection technology	4x DC+ and 4x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>				
AC connection technology	3-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Certificates and compliance with standards	DIN V VDE 0126-1-1, IEC 62109-1-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, GB/T 19595, CEI 0-21, VDE AR N 4105				
EFFICIENCY	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Max. efficiency	98.0 %	98.0 %	98.0 %	98.1 %	98.1 %
European efficiency ( $\eta_{MPP}$ )	96.1 %	96.4 %	96.8 %	97.0 %	97.0 %
MPP adaptation efficiency	> 99.9 %				
PROTECTIVE DEVICES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
DC insulation measurement	Yes				
Overload behaviour	Operating point shift, Power limitation				
DC disconnector	Yes				
Reverse polarity protection	Yes				
INTERFACES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
0 inputs and 4 digital in/out	Interface to ripple control receiver				
USB (A socket) <sup>2)</sup>	Datalogging, Inverter update via USB flash drive				
2x RS422 (R)45 socket <sup>2)</sup>	Fronius Solar Net				
Signalling output <sup>2)</sup>	Energy management (potential-free relay output)				
Datalogger and Webserver	Included				
External input <sup>2)</sup>	SO-Meter Interface / Input for overvoltage protection				
RS485	Modbus RTU SunSpec or meter connection				

<sup>1)</sup> According to IEC 62109-1.

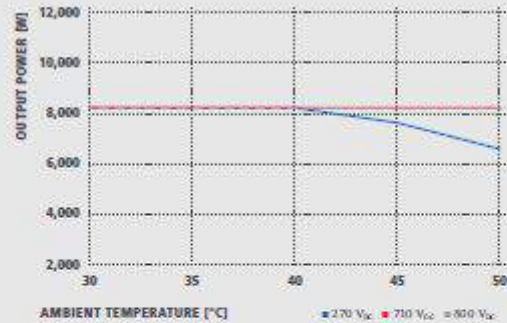
<sup>2)</sup> Also available in the light version.

Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at [www.fronius.com](http://www.fronius.com).

**FRONIUS PRIMO 8.2-1 EFFICIENCY CURVE**



**FRONIUS PRIMO 8.2-1 TEMPERATURE DERATING**



**TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO (5.0-1, 5.0-1 AUS, 6.0-1, 8.2-1)**

INPUT DATA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Number of MPPT trackers	2			
Max. input current ( $I_{dc,max1} / I_{dc,max2}$ )	12.0 A / 12.0 A		18.0 A / 18.0 A	
Max. array short circuit current (MPP / MPP)	18.0 A / 18.0 A		27.0 A / 27.0 A	
DC input voltage range ( $U_{dc,min} - U_{dc,max}$ )	30 - 1,000 V			
Feed-in start voltage ( $U_{dc,feed}$ )	80 V			
Usable MPPT voltage range	50 - 800 V			
Number of DC connections	2 + 2			
Max. PV generator output ( $P_{dc,max}$ )	7.5 kW <sub>peak</sub>	7.5 kW <sub>peak</sub>	9.0 kW <sub>peak</sub>	12.5 kW <sub>peak</sub>
OUTPUT DATA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
AC nominal output ( $P_{ac}$ )	5,000 W	4,600 W	6,000 W	6,200 W
Max. output power	5,000 VA	5,000 VA	6,000 VA	6,200 VA
AC output current ( $I_{ac,max}$ )	21.7 A	21.7 A	26.1 A	55.7 A
Grid connection (voltage range)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)			
Frequency (frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Total harmonic distortion	< 5 %			
Power factor ( $\cos \varphi_{ac}$ )	0.85 - 1 ind. / cap.			
GENERAL DATA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensions (height x width x depth)	645 x 431 x 204 mm			
Weight	21.5 kg			
Degree of protection	IP 65			
Protection class	1			
Overvoltage category (DC / AC) <sup>1)</sup>	2 / 3			
Night time consumption	< 1 W			
Inverter design	Transformerless			
Cooling	Regulated air cooling			
Installation	Indoor and outdoor installation			
Ambient temperature range	-40 - +55 °C			
Permitted humidity	0 - 100 %			
Max. altitude	4,000 m			
DC connection technology	4x DC+ and 4x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>			
AC connection technology	5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>			
Certificates and compliance with standards	DIN V VDE 0126-1-1(A1), IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, GB3/2, GB9/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105 <sup>2)</sup>			

<sup>1)</sup> According to IEC 62109-1.

<sup>2)</sup> Fronius Primo 5.0-1, Fronius Primo 6.0-1 and Fronius Primo 8.2-1 are not fully compliant with VDE AR N 4105. Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at [www.fronius.com](http://www.fronius.com).

EFFICIENCY	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Max. efficiency	98.1 %	98.1 %	98.1 %	98.1 %
European efficiency ( $\eta_{MPP}$ )	97.1 %	97.1 %	97.3 %	97.3 %
MPP adaptation efficiency	> 99.7 %			

PROTECTIVE DEVICES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
DC insulation measurement	Yes			
Overload behaviour	Operating point shift, power limitation			
DC disconnector	Yes			
Reverse polarity protection	Yes			

INTERFACES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
5 inputs and 4 digital in/out	Interface to ripple control receiver			
USB (A socket) <sup>1)</sup>	Datalogging, inverter update via USB flash drive			
2x RS422 (K45 socket) <sup>1)</sup>	Fronius Solar Net			
Signalling output <sup>1)</sup>	Energy management (potential-free relay output)			
Datalogger and Webserver	Included			
External input <sup>1)</sup>	50-Meter Interface / Input for overvoltage protection			
RS485	Modbus RTU SunSpec or meter connection			

<sup>1)</sup> Also available in the light version.  
 Further information and technical data can be found at [www.fronius.com](http://www.fronius.com).

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

**WE HAVE THREE DIVISIONS AND ONE PASSION: SHIFTING THE LIMITS OF POSSIBILITY.**

/ Whether welding technology, photovoltaics or battery charging technology – our goal is clearly defined: to be the innovation leader. With around 3,700 employees worldwide, we shift the limits of what's possible – our record of over 800 granted patents is testimony to this. While others progress step by step, we innovate in leaps and bounds, just as we've always done. The responsible use of our resources forms the basis of our corporate policy.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

V05 Apr 2016 EN

Fronius India Private Limited  
 GAT no 312, Nanekarwadi  
 Chakan, Taluka - Khed District  
 Pune 410501  
 India  
[pv-sales-india@fronius.com](mailto:pv-sales-india@fronius.com)  
[www.fronius.in](http://www.fronius.in)

Fronius Australia Pty Ltd.  
 90-92 Lansbeck Drive  
 Tullamarine VIC 3043  
 Australia  
[pv-sales-australia@fronius.com](mailto:pv-sales-australia@fronius.com)  
[www.fronius.com.au](http://www.fronius.com.au)

Fronius UK Limited  
 Maidstone Road, Kingston  
 Milton Keynes, MK10 0BD  
 United Kingdom  
[pv-sales-uk@fronius.com](mailto:pv-sales-uk@fronius.com)  
[www.fronius.co.uk](http://www.fronius.co.uk)

Fronius International GmbH  
 Froniusplatz 1  
 4600 Wels  
 Austria  
[pv-sales@fronius.com](mailto:pv-sales@fronius.com)  
[www.fronius.com](http://www.fronius.com)

## A.3. CONTADOR

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



### FRONIUS SMART METER

/ Contador bidireccional para registrar el consumo de energía en su hogar



/ El Fronius Smart Meter es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo y registra la curva de consumo de su hogar. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia remota, cuando hay límites impuestos, es más rápida y precisa que con el controlador S0. Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar. Para la solución de almacenaje Fronius Energy Package basada en el Fronius Symo Hybrid, el Fronius Smart Meter permite realizar una gestión sistematizada de los distintos flujos de energía, optimizando así la energía total. Es perfecto para su uso junto al Fronius Symo, Fronius Symo Hybrid, Fronius Galvo, Fronius Primo, Fronius Eco y Fronius Datamanager 2.0.

#### FRONIUS SMART METER

DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER 63A-3	FRONIUS SMART METER 50kA-3 <sup>1)</sup>	FRONIUS SMART METER 63A-1
Tensión nominal	400 - 415 V	400 - 415 V	230 - 240 V
Máxima corriente	3 x 63 A	3 x 50/600 A	1 x 63 A
Sección de cable de entrada	1 - 16 mm <sup>2</sup>	0,05 - 4 mm <sup>2</sup>	1 - 16 mm <sup>2</sup>
Sección de cable de comunicación y salida		0,05 - 4 mm <sup>2</sup>	
Consumo de energía	1,5 W	2,5 W	1,5 W
Intensidad de inicie		40 mA	
Clase de protección		1	
Precisión de energía activa		Clase B (EN50470)	
Precisión de energía reactiva		Clase 2 (EN/IEC 62053-23)	
Sobrecorriente de corta duración		30 x Inac / 0,5 s	
Montaje		Interior (Carril DIN)	
Carcasa (anchura)	4 módulos DIN 43880	4 módulos DIN 43880	2 módulos DIN 43880
Tipo de protección		IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)	
Rango de temperatura de operación		-25 - +50°C	
Dimensiones (Altura x Anchura x Profundidad)	89 x 71,2 x 65,6	89 x 71,2 x 65,6	89 x 35 x 65,6
Interface para el inversor		Modbus RTU (RS485)	
Display	8 dígitos LCD	8 dígitos LCD	6 dígitos LCD

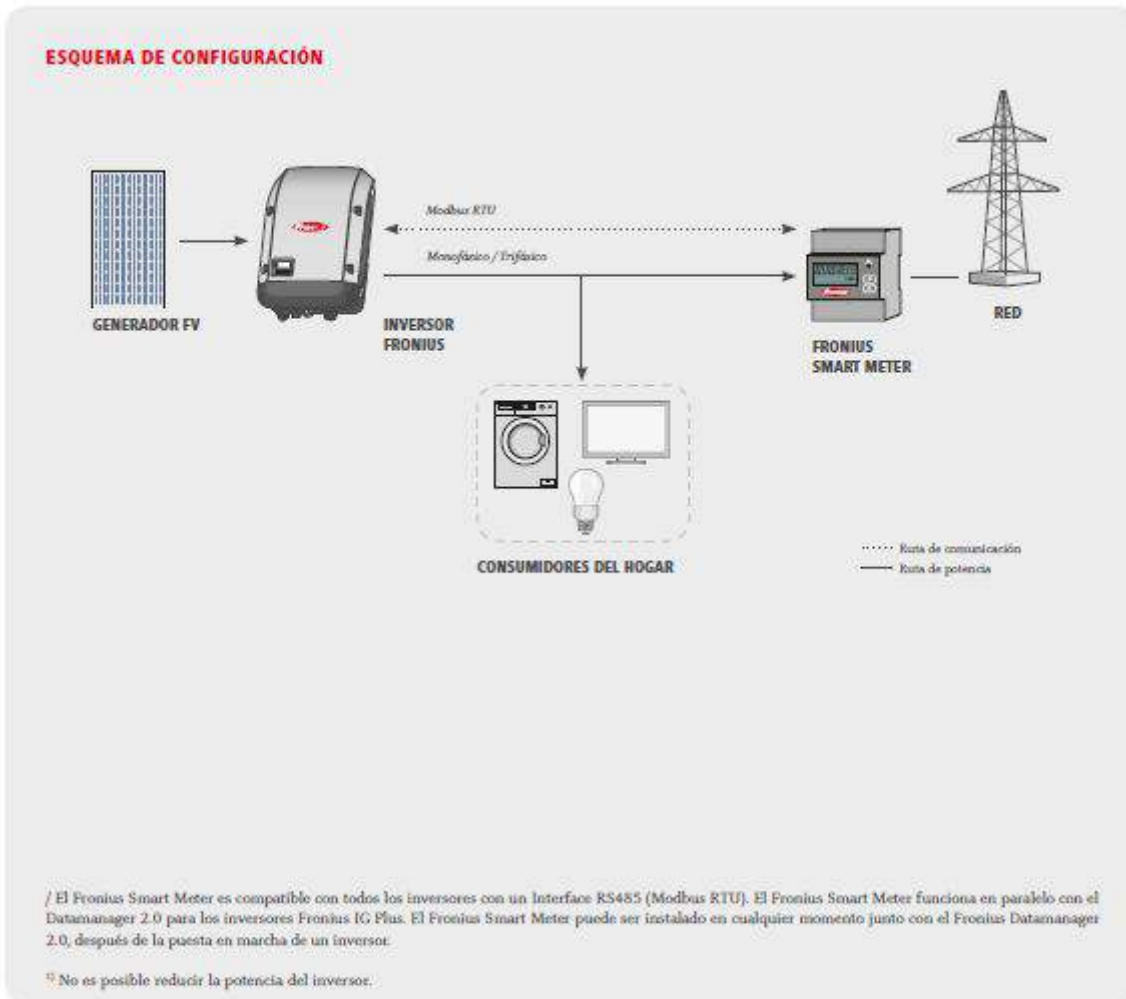
<sup>1)</sup> Disponible sin transformador de corriente. Más información sobre la correcta elección de los transformadores en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

#### VENTAJAS

- / Limitación de potencia remota rápida y precisa
- / Junto con el Fronius Solar.web ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar
- / Optimiza la gestión de energía con la solución de almacenaje Fronius Energy Package







/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

**SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.**

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.  
Parque Empresarial LA CARPETANIA  
Miguel Faraday 2  
28906 Getafe (Madrid)  
España  
Teléfono +34 91 649 60 40  
Fax +34 91 649 60 44  
[pv-sales-spain@fronius.com](mailto:pv-sales-spain@fronius.com)  
[www.fronius.es](http://www.fronius.es)

Fronius International GmbH  
Froniusplatz 1  
4600 Wels  
Austria  
Teléfono +43 7242 241 0  
Fax +43 7242 241 953940  
[pv-sales@fronius.com](mailto:pv-sales@fronius.com)  
[www.fronius.com](http://www.fronius.com)

## A.4. CABLEADO

exZhelent SOLAR

POR UNA ENERGÍA LIMPIA.



CABLES PARA INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

 General Cable



## exzhellent SOLAR

### CABLES PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS EN HUERTAS SOLARES Y TEJADOS.

Los cables **Exzhellent Solar ZZ-F (AS)** y **XZ1FA3Z-K (AS)** han sido diseñados para resistir las exigentes condiciones ambientales que se producen en cualquier tipo de instalación fotovoltaica, ya sea fija, móvil, sobre tejado o de integración arquitectónica.

Con los cables **Exzhellent Solar** conseguirá la máxima eficiencia de sus instalaciones, garantizando la evacuación de la energía producida durante toda la vida útil de su instalación.

#### CARACTERÍSTICAS OBLIGATORIAS

##### RESISTENCIA A LA INTEMPERIE



**TEMPERATURA MÁXIMA DEL CONDUCTOR:**  
120° C<sup>(1)</sup>  
IEC 60216



**RESISTENCIA A TEMPERATURAS EXTREMAS**  
Mínima: -40°C  
IEC 60811-1-4



**RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS (UV)**  
UL 1581



**RESISTENCIA AL OZONO**  
IEC 60811-2-1



**RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DE AGUA**  
IEC 60811-1-3

##### VIDA ÚTIL



**VIDA ÚTIL 30 AÑOS**  
IEC 60216

##### RESISTENCIA MECÁNICA



**RESISTENCIA AL IMPACTO**  
IEC 60811-1-4



**RESISTENCIA A LA ABRASIÓN**  
EN 50305



**RESISTENCIA AL DESGARRO**  
IEC 61034-2

##### ECOLÓGICO - ALTA SEGURIDAD (AS)



**ECOLÓGICO**



**LIBRE DE HALÓGENOS**  
IEC 60754-1



**BAJA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS**  
IEC 60754-2



**BAJA OPACIDAD DE HUMOS**  
IEC EN 61034-2



**NO PROPAGADOR DEL INCENDIO**  
IEC 60332-3

[1] Hasta 20.000 horas de funcionamiento (IEC 60216-1)

# exZhellent SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

## PANELES FOTOVOLTAICOS

TENSIÓN 1,8 kV DC - 0,6 / 1 kV AC



## SERVICIO MÓVIL



## EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Conductor: Cobre estañado clase 5 para servicio móvil (-F)  
 Aislamiento: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)  
 Cubierta: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)  
 Norma: TÜV 2 Pfg 1169/08.2007



Ecológico

Código	Sección	Color (*)	Díametro exterior	Peso	Radio Min. Curvatura	Resist. Máx. del conductor a 20 °C	Intensidad al Aire (1)	Caida de tensión en DC
	mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>	kg/km	mm <sup>2</sup>	Ω/km	A	V/A.km
1614106	1x1,5	■ ■	4,3	35	18	13,7	30	38,17
1614107	1x2,5	■ ■	5,0	50	20	8,21	41	22,87
1614108	1x4	■ ■	5,6	65	23	5,09	55	14,18
1614109	1x6	■ ■	6,3	85	26	3,39	70	9,445
1614110	1x10	■ ■	7,9	140	32	1,95	96	5,433
1614111	1x16	■ ■	8,8	200	35	1,24	132	3,455
1614112	1x25	■ ■	10,5	295	42	0,795	176	2,215
1614113	1x35	■ ■	11,8	395	47	0,565	218	1,574

Disponibilidad bajo pedido hasta 1x300 mm<sup>2</sup>

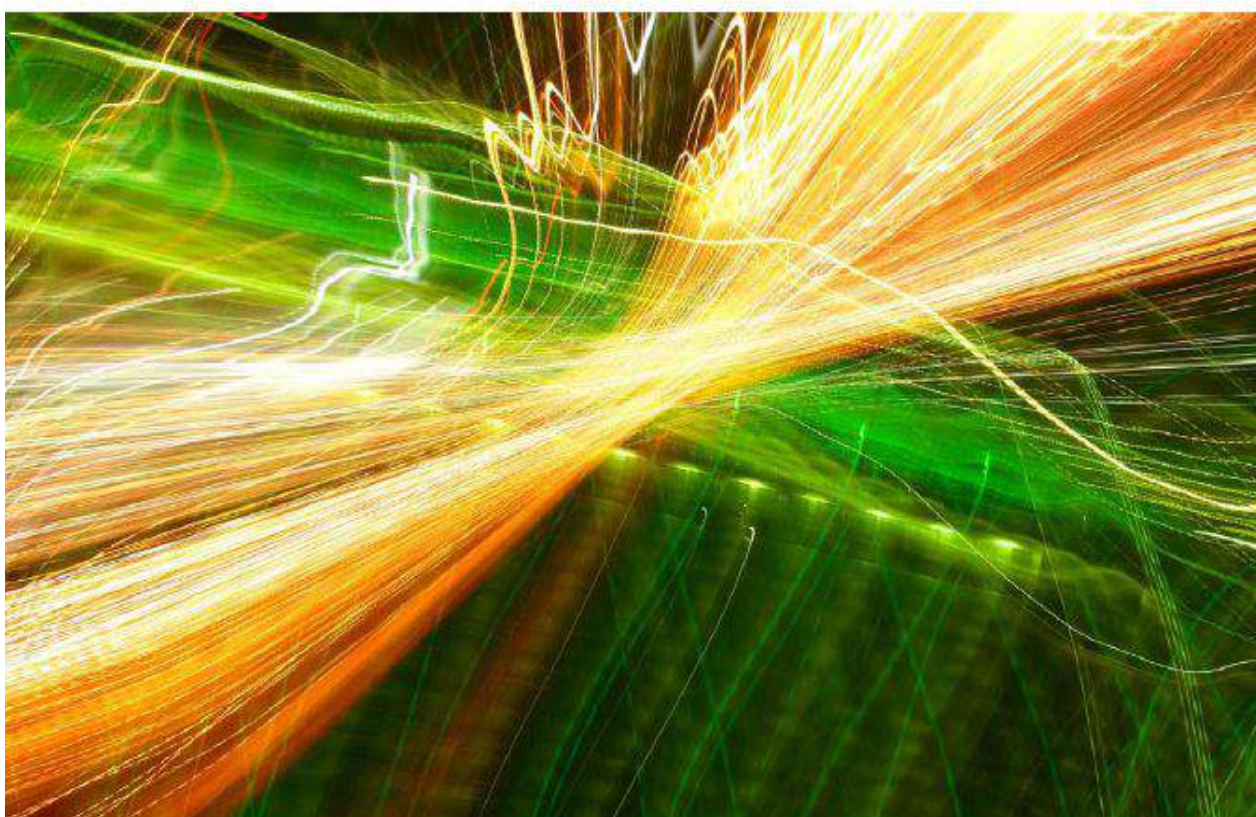
(\*) Posibilidad de suministrar con cubierta ■

(1) Al aire, a 60 °C. Según norma TÜV 2 Pfg 1169/08.2007





CABLES DE BAJA TENSIÓN





## EXZHELLENT XXI 500 V - 750 V ES 05Z1-K (AS) / H07Z1-K (AS)

Tensión 300/500 V 450/750 V



NORMAS CONSTRUCTIVAS:	NACIONAL/EUROPEA	INTERNACIONAL
UNE 211002	UNE-EN 60332-1-2 UNE-EN 50266-2-4 UNE-EN 50267 UNE-EN 61034-2	IEC 60332-1-2 IEC 60332-3-24 IEC 60754 IEC 61034-2

### CONSTRUCCIÓN:

- 1.- **CONDUCTOR:**  
Cobre flexible clase 5 para instalación fija (-K).
- 2.- **AISLAMIENTO:**  
Polioléfina termoplástica ignífuga, libre de halógenos (Z1).



### APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

La serie de cables EXZHELLENT XXI, está constituida por cables flexibles monopolares de 300/500 V en las secciones de 0,5-0,75 y 1 mm<sup>2</sup>, correspondiendo su designación a ES 05Z1-K (AS) y cables de 450/750 V para secciones superiores, correspondiendo a la designación H07Z1-K (AS).

La serie EXZHELLENT XXI es el producto más deslizante del mercado, igualando e incluso superando las prestaciones ofrecidas por la serie de cables GENLIS.

Esta condición, conseguida mediante el innovador proceso de aislamiento Speedy-Skin, le convierte en un producto SUPERDESILIZANTE.

Cables de obligada instalación en siguientes ITC del Reglamento de Baja Tensión:

**ITC-BT-15 Derivaciones individuales**

**ITC-BT-28 Locales de pública concurrencia**

Es capaz de trabajar a muy baja temperatura (-40 °C).

Los cables EXZHELLENT XXI 500 y 750 V son productos certificados con las marcas AENOR y AENOR <HAR> respectivamente.

La temperatura máxima del conductor en servicio permanente es de 70 °C.



## EXZHELLENT XXI 500 V ES 05Z1-K (AS)

Tensión 300/500 V

CÓDIGO	SECCIÓN mm <sup>2</sup>	DIÁMETRO EXTERIOR mm	PESO kg/km	RADIO DE CURVATURA mm	INTENSIDAD AL AIRE (1) A	CAIDA DE TENSIÓN	
						COS $\mu$ =0,8 V/A.km	COS $\mu$ =1 V/A.km
1660103	1x0,5	2,1	10	15	3	65,94	82,27
1660104	1x0,75	2,3	15	15	5	44,05	54,92
1660105	1x1	2,5	15	15	8	33,10	41,24

(1) Intensidades máximas admisibles según norma UNE 21176, Tabla 7 a) - Temperatura ambiente de 40 °C  
Nota: presentación en cajas de 200 metros

## EXZHELLENT XXI 750 V H07Z1-K (AS)

Tensión 450/750 V

CÓDIGO	SECCIÓN mm <sup>2</sup>	DIÁMETRO EXTERIOR mm	PESO kg/km	RADIO DE CURVATURA mm	INTENSIDAD AL AIRE (1) A	CAIDA DE TENSIÓN	
						COS $\mu$ =0,8 V/A.km	COS $\mu$ =1 V/A.km
1656106	1x1,5	2,9	20	20	13	22,16	27,56
1656107	1x2,5	3,5	35	25	18	13,33	16,54
1656108	1x4	4,1	45	25	23	8,302	10,26
1656109	1x6	4,6	65	30	30	5,561	6,839
1656110	1x10	6,0	110	40	40	3,255	3,958
1656111	1x16	7,0	165	45	54	2,090	2,508
1656112	1x25	8,6	250	55	70	1,377	1,616
1656113	1x35	9,7	340	60	86	0,999	1,148
1656114	1x50	11,5	480	70	103	0,720	0,800
1657115	1x70	13,4	670	80	160	0,528	0,564
1657116	1x95	15,4	885	95	194	0,419	0,427
1657117	1x120	17,2	1.120	105	225	0,342	0,334
1657118	1x150	19,0	1.390	115	260	0,290	0,267
1657119	1x185	20,9	1.680	125	297	0,252	0,220
1657120	1x240	24,2	2.245	145	350	0,208	0,166
1657121	1x300	27,8	2.830	170	401	0,181	0,133

(1) Intensidades máximas admisibles según norma UNE 20460-5-523, tabla A.52-1 bis, método de instalación A1 para secciones hasta 50 mm<sup>2</sup> y método de instalación B1 para secciones iguales o superiores a 70 mm<sup>2</sup> - Temperatura ambiente de 40 °C  
Nota: los códigos que empiezan por 1656 corresponden a la presentación en cajas hasta 6 mm<sup>2</sup> y presentación en rollos a partir de 10 mm<sup>2</sup> y hasta 50 mm<sup>2</sup> inclusive. Para la presentación en bobina los códigos empiezan por 1657.

Diferencia en stock		Código	Sección mm <sup>2</sup>	Cantidad estándar en metros	
AN	AV			PAL1200	PAL6000
●	○	1660103	0,5	24.000	
●	○	1660104	0,75	24.000	
●	○	1660105	1	24.000	
●	○	1656106	1,5	24.000	12.000
●	○	1656107	2,5	14.400	7.200
●	○	1656108	4	12.000	6.000
●	○	1656109	6	7.200	3.600
●	○	1656110	10	4.800	
●	○	1656111	16	3.600	
●	○	1656112	25	2.500	
●	○	1656113	35	1.800	
●	○	1656114	50	1.200	



## A.5. TUBOS PROTECCIÓN CABLEADO

### 3.2



## Sistemas de Protección para Cables

### Sistemas de Protección de Tubos Metálicos

#### Tubos Metálicos con Cubierta Estanca

- LTSUL Tubo de Acero Galvanizado Recubierto de PVC con Aprobación UL

Máquina herramienta o aplicaciones exteriores, donde la estanqueidad sea necesaria y o donde sea necesario aprobación UL. Cumple con IP66, IP67, IP68 e IP69K combinado con racores LTS. LTSUL es usada en máquina herramienta e instalaciones exteriores donde se requiere que cumplan con UL.

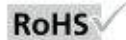
#### Ventajas y Beneficios

- Estanqueidad (IP68 e IP69k junto a sus racores para LTS)
- Con aprobación UL y CSA.
- Alta resistencia a la compresión, a la torsión y al impacto
- Buena flexibilidad
- Ligero recubrimiento, no se arruga cuando es doblado
- Resistente a grasas, aceites, al petróleo y ácidos
- Resistente a los UV, ideal para uso externo
- Color: negro



HelaGuard LTSUL.

<b>MATERIAL</b>	Acero Galvanizado (GS), Polivinilo de cloruro (PVC), Cobre (CU)
<b>Temp. Trabajo</b>	-15 °C a +75 °C
<b>Certificación / Especificación</b>	CSA, UL Listado



Los tubos flexibles HelaGuard LTSUL están fabricados en acero galvanizado con recubrimiento de PVC y aprobación UL, que es lo más usado en plataformas de perforación.

TIPO	Ø Nominal	Medida Comercial USA	Ø Ext (OD)	Ø Int (D2)	Rad. Curvat.	Peso (g/m)	Largo Rollo	Color	Código
LTSUL16	16	3/8	17,8	12,6	50	432	25 m	Negro (BK)	166-32100
LTSUL20	20	1/2	21,1	16,0	90	477	25 m	Negro (BK)	166-32101
LTSUL25	25	3/4	26,4	21,1	110	789	25 m	Negro (BK)	166-32102
LTSUL32	32	1	33,1	26,5	140	1.221	15 m	Negro (BK)	166-32103
LTSUL40	40	1 1/4	41,8	35,4	180	1.519	15 m	Negro (BK)	166-32104
LTSUL50	50	1 1/2	47,9	40,4	230	1.846	15 m	Negro (BK)	166-32105
LTSUL63	63	2	59,7	51,6	280	2.159	15 m	Negro (BK)	166-32106

Todas las dimensiones están en mm y sujetas a posibles modificaciones técnicas. Medidas de rollos diferentes están disponibles bajo consulta. Cantidad mínima de pedido (MOQ) puede diferir del contenido del embalaje.



Para Productos con Aprobaciones y Especificaciones Específicas, por favor ver el Apéndice.

## A.6. BANDEJA AISLANTE CANALIZACIÓN CABLEADO



### Ficha técnica

Bandejas aislantes **66** en **U41X** **U43X**  
sin halógenos

#### Descripción

##### Uso

- Para el soporte, protección y conducción de cables.
- Material aislante.
- Longitud: 3m.
- Color: Gris RAL 7035.

##### Instalación

- Facilidad y rapidez de montaje. No presenta rebabas al corte.

#### Composición del producto

- Sistema de bandejas para instalaciones exteriores e interiores. Apto para ambientes húmedos y salinos.: U41X / U43X <sup>(1)(2)</sup>
- Soportes aislantes para instalaciones exteriores e interiores. Apto para ambientes húmedos y salinos.: U41X / U43X <sup>(1)</sup>
- Soportes metálicos para instalaciones exteriores e interiores. Apto para ambientes húmedos y salinos.: Acero inoxidable AISI 304. <sup>(1)</sup>
- Soportes metálicos para instalaciones exteriores e interiores. Apto para ambientes húmedos.: Acero con recubrimiento de resina epoxi. <sup>(1)</sup>
- Soportes metálicos para instalaciones interiores secas.: Acero sinterizado.
- Contenido silicona: Sin silicona (<0,01%).
- Cumplimiento Directiva RoHS: Conforme

#### Marcas de calidad <sup>(3)</sup>



EN 61537: 2007  
Licencia nº: ID.40044815



POCC ES, AF  
19.H03263



Según norma UNE-EN ISO 9001:2000 para el diseño, la producción y la comercialización de Sistemas de la Marca Unex

www.unex.net  
unex@unex.net

Atención al Cliente  
900 166 166





## Ficha técnica

Bandejas aislantes **66** en **U41X** **U43X**  
sin halógenos

Homologaciones <sup>(3)</sup>



Type approval Certificate nº  
05116/03 BV



REG. 2008/N.º 10490  
SIST. P. 0305-003  
CULMINACIÓN

### Características

#### EN 61637:2007 NORMA EUROPEA DE BANDEJAS

Temperatura mín./máx. de transporte, almacenaje, instalación y uso	-20°C a +90°C
Resistencia al Impacto	20J a -20°C (excepto 60x100: 10J)
Propiedades eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de bandejas y soportes aislantes (excepto soportación metálica).</li> <li>• Con aislamiento eléctrico.</li> </ul>
Resistencia a la propagación de la llama s/ EN 60695-11-2:2003 (4)	No propagador de la llama.
Recubrimiento	Sin recubrimiento (excepto soportes metálicos con recubrimiento metálico y soportes metálicos con recubrimiento orgánico).
% perforación de la base	Clase B (entre 2% y 15%) para bandejas perforadas. Clase A (entre 0% y 2%) para bandejas lisas.
Carga admisible (SWL) s/ensayo Tipo I <sup>(5)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60x100 mm. : 10,8 Kg/m</li> <li>• 60x200 mm. : 22,5 Kg/m</li> <li>• 60x300 mm. : 33,7 Kg/m</li> <li>• 100x400 mm. : 77,2 Kg/m</li> <li>• 100x600 mm. : 116,5 Kg/m</li> </ul>
Ensayo del hilo Incandescente s/ EN 60695-2-11:2001 <sup>(4)</sup>	Grado de severidad 960°C.
Resistencia a la corrosión húmeda o salina <sup>(2)</sup>	Inherentemente resistente. No precisa ensayo.
Comportamiento a Intemperie	Buen comportamiento a rayos UV y a Intemperie.

#### EN 60086-1:1997 BANDEJA + TAPA. CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS POR REBT

Temperatura mín./máx. de servicio	-25°C a +90°C
Resistencia al Impacto	Muy fuerte (20 J).



Según norma UNE-EN ISO 9001:2000 para el diseño, la producción y la comercialización de Sistemas de la Marca Unex

www.unex.net  
unex@unex.net

ASISTENCIA TÉCNICA  
NACIONAL  
900 166 166



## Ficha técnica

### Bandejas aislantes **66** en **U41X** **U43X** sin halógenos

#### Características

##### EN 60086-1:1997 BANDEJA + TAPA. CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS POR REBT

Propiedades eléctricas	Canal aislante.
Resistencia a la propagación de la llama s/ EN 60695-11-2:2003 (6)	No propagador de la llama.
Retención de la tapa	Abrible sólo con herramienta.
Protección contra la penetración de objetos sólidos s/ EN 60529:1991 (8)	Perforada: Grado IP2X. Lisa : Grado IP3X.
Protección contra daños mecánicos s/ EN 62262:2002 (7) (8)	Bandejas con tapa. Grado IK10.

##### EN 60086-2-1:2006 + A1:2011

Material	No metálico.
Temperatura mínima de almacenamiento y transporte	-45°C
Temperatura mínima de instalación y aplicación	-25°C
Temperatura máxima de aplicación	+90°C
Resistencia al impacto para instalación y uso	Bandeja con tapa: 20 J a -25°C
Resistencia a la propagación de la llama s/ EN 60695-11-2:2003 (6)	No propagador de la llama.
Continuidad eléctrica	Sin continuidad eléctrica.
Características de aislamiento eléctrico	Con aislamiento eléctrico.
Grado de protección proporcionado por la envolvente s/ EN 60529:1991 (8)	• IP3X. Bandeja lisa con tapa. • IP2X. Bandeja perforada con tapa.
Retención de la cubierta de acceso al sistema	Cubierta de acceso que solo puede abrirse con herramientas.
Separación de protección eléctrica	Con y sin tabique de separación de protección interna.
Tipos de montaje previstos	De montaje superficial en la pared.
Prevención contacto con líquidos	No aplica.



Según norma UNE-EN ISO 9001:2000 para el diseño, la producción y la comercialización de Sistemas de la Marca Unex

www.unex.net  
unex@unex.net

ASISTENCIA TÉCNICA  
PERMANENTE  
900 166 166



## Ficha técnica

### Bandejas aislantes **66** en **U41X** **U43X** sin halógenos

#### Características

EN 60086-2-1:2006 + A1:2011

Tipo	Tipo 2. (distribución)
Tensión asignada <sup>(6)</sup>	750 V
Protección contra daños mecánicos s/ EN 62262:2002 <sup>(7)</sup> <sup>(8)</sup>	Bandeja con tapa: Grado IK10

#### Características constructivas y funcionales

- Tipo de perfil: Bandejas y tapas, ambas con paredes macizas y fabricadas por extrusión.
- Uniones: Unión entre tramos de espesor igual o superior al de las bandejas a unir. Las uniones tendrán taladros longitudinales para absorber dilataciones.
- Aislamiento: La bandeja será aislante y no precisará de puesta a tierra.
- Soportes: Los soportes horizontales deberán cumplir la norma EN 61537:2007 con las cargas máximas de las bandejas que soportan.
- Embalaje: El producto deberá estar embalado y claramente identificado.

#### Normativa de obligado cumplimiento

PRODUCTO BAJO DIRECTIVA EUROPEA DE BAJA TENSIÓN 2014/35/CE

Marcado CE	Conformidad con la norma EN 61537:2007.
------------	---

#### Características de materia prima U41X/U43X

- Materia Prima base: U41X: PC+ABS , U43X: Halogen free thermoplastic compound
- Contenido en siliconas: <0,01% <sup>(9)</sup>
- Contenido en ftalatos s/ASTM D2124-99:2004: <0,01% <sup>(9)</sup>
- Contenido en halógenos s/EN 50267-2-1: Inferior al 0,5% <sup>(9)</sup>
- Rigidez dieléctrica s/EN 60243-1:1998: Aislante eléctrico >20 kV/mm
- Clasificación de comportamiento al fuego s/NF F 16-101:1998: Clase I3 F2
- Ensayos de inflamabilidad UL de materiales plásticos s/ANSI/UL 94: 1990: Grado UL94: V0
- L.O.L. Índice de oxígeno s/EN ISO 4589:1999: (Concentración %) ≥34
- Coeficiente de dilatación lineal: 0,07 mm/°C m. <sup>(10)</sup>
- Comportamiento frente a agentes químicos: (ver tabla de agentes químicos en [www.unex.net/Agentes\\_quimicos.pdf](http://www.unex.net/Agentes_quimicos.pdf)) <sup>(2)(10)</sup>
- Homologación UL: File E317944 (color gris)



Según norma UNE-EN ISO 9001:2000 para el diseño, la producción y la comercialización de Sistemas de la Marca Unex

[www.unex.net](http://www.unex.net)  
[unex@unex.net](mailto:unex@unex.net)

AYUDAS TÉCNICAS  
NORMAS UNEX  
900 166 166





## Ficha técnica

### Bandejas aislantes **66** en **U41X** **U43X** sin halógenos

#### Características de materia prima Acero recubierto con resina epoxi

- Materia Prima base: Acero
- Recubrimiento: Recubrimiento ARC-resina epoxi/Poliéster
- Clasificación: Aceros DD11 s/EN 10111:2008 y DC01 s/EN 10130:1998

#### Características de materia prima Acero inoxidable recubierto con resina epoxi

- Materia Prima base: Acero inoxidable
- Recubrimiento: Resina epoxi/Poliéster
- Comportamiento frente a agentes químicos: (ver tabla de agentes químicos en [www.unex.net/Agentes\\_quimicos.pdf](http://www.unex.net/Agentes_quimicos.pdf))<sup>(10)</sup>
- Clasificación: EN 10088: 1.4301  
AISI/AISI 304  
NF A35-586/25CN 18-09  
DIN 17440:1.4301(V2A)  
BS:304,331  
EN ISO 3506 A2 (tornillos y grapillas)

#### Características de materia prima Acero sendzimir

- Materia Prima base: Acero
- Recubrimiento s/EN 10130: 1998: Pregalvanizado Z275-MBO
- Clasificación s/EN 10142: 2000: DX53D+Z275-MBO



Según norma UNE-EN ISO 9001:2000 para el diseño, la producción y la comercialización de Sistemas de la Marca Unex

[www.unex.net](http://www.unex.net)  
[unex@unex.net](mailto:unex@unex.net)

MARITIMOS TECNICA  
REPARACIONES  
900 166 166



## Ficha técnica

### Bandejas aislantes 66 en U41X U43X sin halógenos

#### Notas

1. En instalaciones exteriores y ambientes químicos agresivos es conveniente una revisión periódica del estado de la instalación.
2. En ambientes químicos recomendamos se analice la posibilidad de instalación del producto en U23X.
3. Excepto referencias nuevas, en proceso de obtención de marcas de calidad y homologaciones. Ver lista numérica de referencias [www.unex.net/QM.pdf](http://www.unex.net/QM.pdf)
4. Ensayo realizado según prescripciones de norma EN 61537:2007 / IEC 61537:2006
6. EN 61537:2007, IEC 61537:2006. Condiciones del ensayo de carga admisible (SWL): \* T = 40 °C Distancia entre soportes 2 m. \* T = 60 °C Distancia entre soportes 1,75 m. \* T = 90 °C Distancia entre soportes 0,5 m. \* Flecha longitudinal inferior al 1% y transversal inferior al 5%. \* Ensayo Tipo I (la unión entre dos tramos de bandeja puede quedar situada en cualquier posición entre dos soportes). \* El sistema de bandejas (bandejas y soportes) deberá soportar sin rotura una carga de 1,7 veces la carga admisible.
8. Ensayo realizado según prescripciones de norma EN 50085-1
7. Instalada con la pieza Anclaje de Tapa ref. 66845-44 ó 66855-44. Sin pieza Anclaje de Tapa: resistencia al Impacto Medio (2J) y protección contra daños mecánicos grado IK07.
8. Ensayo realizado considerando el uso de la bandeja con tapa para proporcionar aislamiento suplementario a un conductor aislado según prescripciones de norma EN 50085-1 (Directiva de Baja Tensión)
9. Límite de detección para la técnica analítica aplicada
10. Las características marcadas se basan en ensayos puntuales sobre la materia prima utilizada para la fabricación de nuestros productos o bien reflejan los valores generalmente aceptados en la práctica por los fabricantes de materia prima y que facilitamos únicamente a título informativo y de orientación.

\* La información de este documento es un resumen de los datos más utilizados por nuestros clientes. Para más detalle visite nuestra página web.

\*\* Unex aparellaje eléctrico, S.L. se reserva el derecho de modificar cualquiera de las características de los productos que fabrica. Este documento es una copia no controlada, que no se actualizará al producirse cambios en su contenido.

6/9/2016



Según normas UNE-EN ISO 9001:2000 para el diseño, la producción y la comercialización de Sistemas de la Marca Unex

[www.unex.net](http://www.unex.net)  
[unex@unex.net](mailto:unex@unex.net)

ASISTENCIA TÉCNICA  
PERSONALIZADA  
900 166 166

6

## A.7. ESTRUCTURA SOPORTE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

### SUNFER ENERGY STRUCTURES



#### Instalación integrada para cubiertas de teja

##### Integrada 1 columna

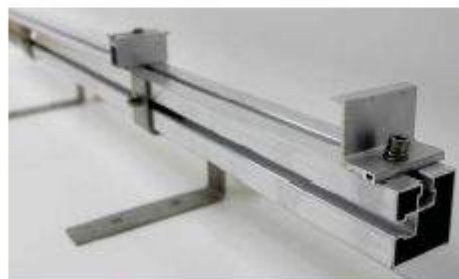
Artículo nº KHT915

Soporte diseñado con capacidad para 1 columna de MFV en horizontal con la misma inclinación que la cubierta existente.. (También se puede instalar en 1 fila de MFV en vertical).

Artículo	Capacidad	Tamaño de módulo	Materiales
KHT915 [1x4]	4 Módulos Fotovoltaicos Disponble de 1 a 20 módulos.	1650x1000x[35,40,45,50] 2000x1000[35,40,45,50]	Aluminio EN AW 6005A T8 Tomillería Acero Inoxidable



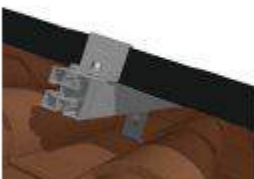
Sistema de anclaje a teja



Gula de módulos con anclaje a teja

##### Montaje:

Estructura atomillada, regulable..



##### Condiciones de diseño:

UNE-EN 1991-1-3:2004 Cargas de nieve. 200 N/m<sup>2</sup>

UNE-EN 1991-1-4:2007 Cargas de viento. V<sub>b</sub>: 29 m/s

Consultar la normativa vigente en el punto de instalación.

##### Nota:

Previamente, se tiene que comprobar que la subestructura de la cubierta es suficientemente rígida para soportar los paneles fotovoltaicos.

Artículo nº KHT915



**Capacidad**

De 1 a 20 módulos fotovoltaicos  
 Dispuestos en 1 fila

**Inclinación del módulo**

Instalación integrada en la cubierta  
 Mantiene la inclinación existente

**Materiales**

Aluminio - EN AW 6005A T6  
 Tornillería - Acero Inoxidable



**Tamaño del módulo**

Soporte válido para módulos de hasta 72 células

**Instalaciones recomendadas**

Cubiertas de teja



Planos incluidos



Fácil montaje



Estructura atornillada



## A.8. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN



### MAS0403015R5

MILD STEEL, SINGLE DOOR ENCLOSURE



With mounting plate

D	155
H	400
N° of locks	1
Openings	1
Item no.	MAS0403015R5
Size	210x56
Type	1S
W	300
Weight (kg)	7,20
d	137
h	370
w	250
Item no.	MAS0403015R5

**Material:** Body: 1.2 mm mild steel for enclosures with a depth of 155 mm / 1.4 mm for enclosures with a depth of 210 or 260 mm / 1.5 mm for enclosures with a depth of 300 or 400 mm, or if a height or width is 1000 mm or greater.

**Body:** Folded and seam welded. Four 8.5 mm diameter holes for wall fixing, pressed out in 20.4 mm diameter x 2 mm depressions to allow air circulation around the rear part of the enclosure.

**Door:** Surface mounted with 130° opening. Concealed removable hinges with captive pin. Hinges can be mounted to allow left or right hand opening. There are studs to mount door profiles MMDP included as standard. Sealing is ensured by an injected one piece polyurethane gasket.

**Lock:** Customized lock with double-bit for easy opening of the door. Double-bit 3 mm insert and 90° movement. 1000 mm high enclosures and above have espagnolette three point locking. Other inserts are available as an accessory.

**Mounting plate:** The mounting plate is marked vertically at 10 mm intervals for easy horizontal positioning of equipment. On the top and bottom there are holes to facilitate cable fixing. Fixed onto M8 press welded studs to the rear of the enclosure. All sides from 800 mm and above are strengthened by folded edges. By using the AMG accessory the mounting plate position can be adjusted to any depth.

**Gland Plate Opening:** Situated at the far rear of the enclosure to make cabling onto the mounting plate easier.

**Protection:** Complies with IP 66 | TYPE 4, 12, 13 | IK 10. For outdoor installation the use of a rain hood ARF and 100% polyester paint coating is recommended. The corrosion resistance must be taken into consideration.

**Finish:** RAL 7035 structured powder coating.

**Delivery:** Enclosure with door, and two door mounting profiles. Plastic double-bit 3 mm key, and mounting accessories. Earthing facilities.



## AC04030R5

MODULAR CHASSIS



H	400
N° of modules	33
N° of rows	3
Item no.	AC04030R5
W	300
Item no.	AC04030R5

**Description:** Used for easy mounting of DIN-rail components with a maximum height of 68 mm. Distance between rows 125 mm. If required, the standard enclosure door can be replaced with a glazed door. Usable depth between front cover and external door: 35 mm. Adjustable depth position with AMG accessory. In stainless steel enclosure machining is required.

**Material:** DIN-rails PPO735 made of 1.2 mm galvanized steel, vertical profiles 1.5 mm mild steel, and front cover 1.5 mm mild steel.

**Finish:** RAL 7035 structured powder coating.

**Pack quantity:** Slotted front panel, two vertical profiles, top and bottom blank panels, one DIN-rail per row, and mounting accessories.



## A.9. FUSIBLES Y PORTAFUSIBLES

# FOTVOLTAICOS FUSIBLES



### gPV FUSIBLES CILINDRICOS PARA APLICACIONES FOTVOLTAICAS

La principal novedad que ofrecen estos productos es la tensión asignada de 1000V DC y 600V DC. Están destinados principalmente a ofrecer una solución de protección compacta, segura y económica en instalaciones fotovoltaicas, donde, debido al constante incremento de potencia y la evolución tecnológica, es común que se precise proteger grupos de paneles solares que pueden alcanzar tensiones superiores a 800 V DC. También pueden utilizarse como protección en instrumentación y como protección de circuitos auxiliares en ferrocarriles. Proporcionan protección contra sobrecargas y cortocircuitos (clase gPV de acuerdo a la nueva Norma IEC602 69-6). Están contruidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio. Los contactos están realizados en cobre plateado y los elementos de fusión son de plata, lo que evita el envejecimiento y mantiene inalterables las características. Para la instalación de estos fusibles se recomienda la utilización de las bases modulares PMF 1000V en versión unipolar o bipolar (con o sin indicador de fusión).

10x38	In (A)	REFERENCIA	PODER DE CORTE (kA)	EMPAQUE (Unid./CAJA)
1000V DC	1	491801	30	10/100
	2	491802	30	10/100
	3	491804	30	10/100
	4	491805	30	10/100
	5	491808	30	10/100
	6	491810	30	10/100
	8	491815	30	10/100
	10	491820	30	10/100
	12	491825	30	10/100
	15	491829	30	10/100
	16	491830	30	10/100
	20	491835	30	10/100



600V DC	1	491901	30	10/100
	2	491902	30	10/100
	3	491904	30	10/100
	4	491905	30	10/100
	5	491908	30	10/100
	6	491910	30	10/100
	8	491915	30	10/100
	10	491920	30	10/100
	12	491925	30	10/100
	15	491929	30	10/100
	16	491930	30	10/100
	20	491935	30	10/100
	25	491940	30	10/100
	30	491944	30	10/100
32	491945	30	10/100	



14x51	15	491847	10	10/50
	20	491848	10	10/50
1000V DC	25	491850	30	10/50
	32	491855	30	10/50



# FOTOVOLTAICOS

## BASES PORTAFUSIBLES



### PMX BASES PORTAFUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

DF ELECTRIC lanza al mercado una nueva base portafusible modular para instalaciones fotovoltaicas. La principal novedad que ofrecen es la tensión asignada de 1000 V DC. Están destinadas principalmente a ofrecer una solución de protección compacta, segura y económica en instalaciones fotovoltaicas, donde, debido al constante incremento de potencia y la evolución tecnológica, es común que se precise proteger grupos de paneles solares que pueden alcanzar tensiones hasta 1000 V DC. Bases portafusibles modulares para utilizar con fusibles cilíndricos talla 10x38 según norma IEC/EN 60269. Diseño compacto, de dimensiones reducidas, fabricadas con materiales de calidad. Contactos de cobre electrolítico plateados. Materiales plásticos autoextinguibles y de alta resistencia a la temperatura. Todos los materiales utilizados son conformes a la Directiva europea 2002/95/EC RoHS.

1000V DC								
10x38	POLOS	MODULOS	REFERENCIA	DESCRIPCION	I <sub>n</sub> (A)	U (V DC)	EMBALAJE (Unid./CAJ)	
SIN INDICADOR	1	1	485150	UNIPOLAR	32	1000	12/192	
	2	2	485151	BIPOLAR	32	1000	6/96	
CON INDICADOR	1	1	485152	UNIPOLAR	32	1000	12/192	
	2	2	485153	BIPOLAR	32	1000	6/96	

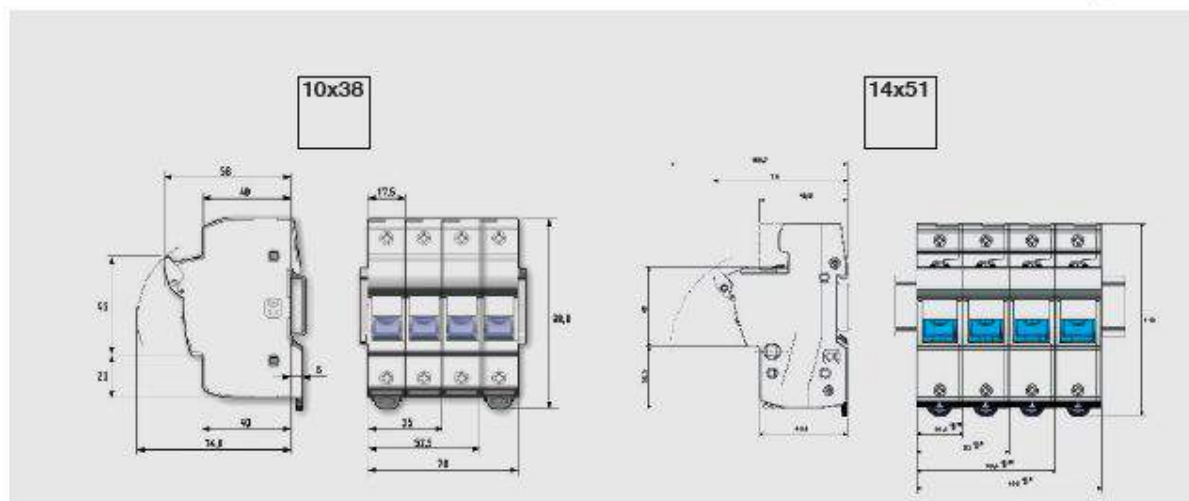
1100V DC								
14x51	POLOS	MODULOS	REFERENCIA	DESCRIPCION	I <sub>n</sub> (A)	U (V DC)	EMBALAJE (Unid./CAJ)	
SIN INDICADOR	1	1,5	485250	UNIPOLAR	50	1000	6/90	
	2	3	485251	BIPOLAR	50	1000	3/45	
CON INDICADOR	1	1,5	485252	UNIPOLAR	50	1000	6/90	
	2	3	485253	BIPOLAR	50	1000	3/45	



485152



485250



<b>ROHS</b> RE: 602 69-1 RE: 602 69-2 EN 602 69-1 EN 602 69-2 UL244-19	<b>ROHS</b> 	<b>ROHS</b> 2011 PROBLE PARA AREAS DE TERMINALES PAGINA 02	<b>ROHS</b> PENE DE DIMENSI ACCESORIOS VER CILINDRICOS
---	-----------------	--	--

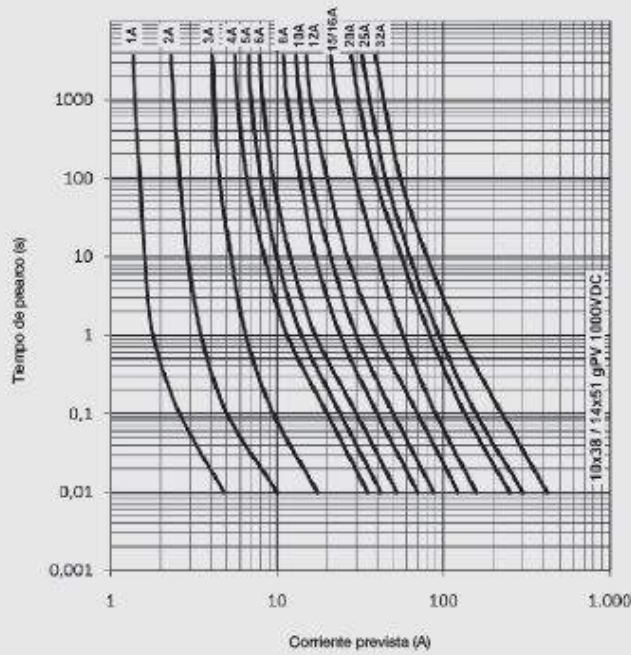


# FOTOVOLTAICOS FUSIBLES



**gPV** FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS  
CARACTERISTICAS t-I Y POTENCIAS DISIPADAS

10x38  
14x51



CORRIENTE ASIGNADA (A)	REFERENCIA		POTENCIA DISIPADA (W @ 0.1s)		POTENCIA DISIPADA (W @ 1s)		$P_t$ PREARCO (W)		$P_t$ TOTAL (W)	
	1000V DC	600V DC	1000V DC	600V DC	1000V DC	600V DC	1000V DC	600V DC	1000V DC	600V DC
1	491601	491901	0,31	0,31	0,76	0,76	0,35	0,35	1,3	0,8
2	491602	491902	0,78	0,62	1,46	1,64	0,62	1,78	1,0	3,9
3	491604	491904	0,66	0,54	1,66	1,35	1,9	9,0	3,1	19,6
4	491605	491905	0,64	0,73	1,57	1,84	6,9	3,0	11	6,6
5	491606	491906	0,60	0,93	1,65	2,22	14	4,4	22	9,6
6	491610	491910	0,76	0,96	1,84	2,40	24	8,5	38	18,8
8	491615	491915	0,80	1,02	1,92	2,65	62	25	99	55,0
10	491620	491920	0,94	1,03	2,2	2,68	10	11	48	27,9
12	491625	491925	0,98	1,04	2,4	2,60	18	25	94	62,8
15	491629	491929	1,0	1,07	2,6	2,44	46	25	110	82,8
16	491630	491930	1,1	1,08	2,7	2,70	46	33	110	82,8
20	491635	491935	1,2	1,16	2,9	2,90	118	86	282	212
25	-	491940	-	1,10	-	2,74	-	280	-	460
30	-	491944	-	1,70	-	4,00	-	400	-	650
32	-	491945	-	1,76	-	4,40	-	400	-	650
15	491647*	-	1,34	-	3,14	-	48	-	112	-
20	491648*	-	1,55	-	3,68	-	99	-	367	-
25	491650	-	1,6	-	3,8	-	275	-	650	-
32	491655	-	2,0	-	4,7	-	550	-	1300	-

# FOTVOLTAICOS FUSIBLES

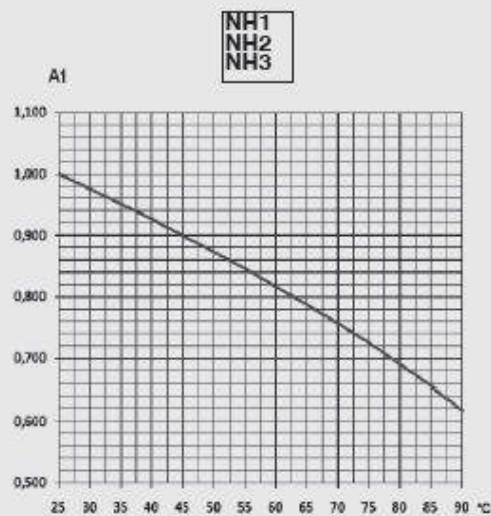
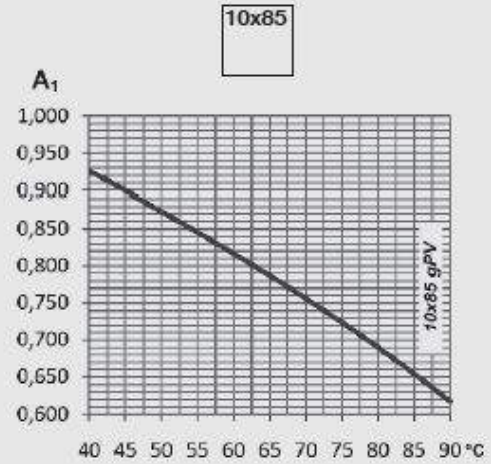
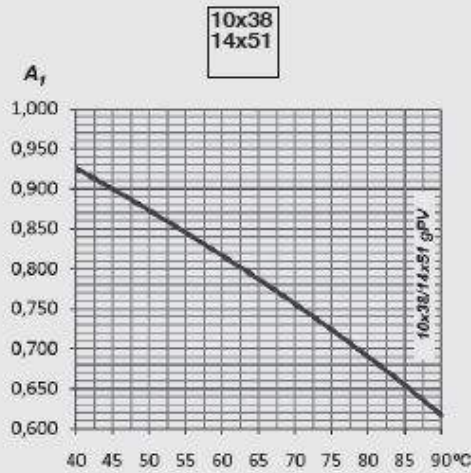


**gPV** FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTVOLTAICAS  
COEFICIENTE REDUCCION POR TEMPERATURA AMBIENTE

10x38  
14x51

10x85

NH1  
NH2  
NH3



$t_a$ (°C)	$A_1$
40	0,92
45	0,90
50	0,87
55	0,85
60	0,82
65	0,79
70	0,76
75	0,72
80	0,69

# DOMESTICOS FUSIBLES



## gG FUSIBLES DOMESTICOS (ESTANDARD FRANCES)

Fusibles especialmente diseñados a la protección doméstica en el mercado francés y otros países con el mismo esquema de distribución eléctrica. Certificado NF

[www.df-sa.es/es/domesticos/fusibles/](http://www.df-sa.es/es/domesticos/fusibles/)

	In (A)	REFERENCIA		U (V)	PODER DE CORTE (VA)	EMBALAJE (Unid./CAJA)
		SIN INDICADOR	CON INDICADOR			
10x31	16	400028	400128	400	20	10/100
	20	400030	400130	400	20	10/100
	25	400032	400132	400	20	10/100



400032

10x38	25	400034	400134	400	20	10/100
	32	400036	400136	400	20	10/100



400034

8x36	2	400038	400138	400	20	10/100
	4	400040	400140	400	20	10/100
	6	400042	400142	400	20	10/100
	10	400044	400144	400	20	10/100
	16	400046	400146	400	20	10/100
	20	400048	400148	400	20	10/100
	25	400050	400150	400	20	10/100
	32	400052	400152	400	20	10/100



400038

## gG CAJA SURTIDO (110 fusibles normalizados)

	REFERENCIA	CONTENIDO	CLASE	EMBALAJE (Unid./CAJA)
8x23 10x25 6x31	490008	30 uni.(10A)-30 uni.(16A)-30uni.(20A)-5uni.(25A)-15 uni.(32A)	SIN INDICADOR	10/100
10x31 10x38	490010	30 uni.(10A)-30 uni.(16A)-30uni.(20A)-5uni.(25A)-15 uni.(32A)	CON INDICADOR	10/100



490008



# DOMESTICOS

## BASES PORTAFUSIBLES



### PMD UNIPOLAR BASES PORTAFUSIBLES DOMESTICOS (ESTANDARD FRANCES)

Bases portafusibles modulares para fusibles domésticos. Fijación sobre rail DIN/EN. Índice de protección IP20. Modelos unipolares, unipolar-neutro en un sólo módulo o multipolares. Versiones con o sin indicador luminoso de fusión. Posibilidad de crear conjuntos multipolares mediante accesorios de unión. Realizadas en materiales plásticos autoextinguibles con contactos de cobre plateados. Certificado NF

[www.df-sa.es/es/domesticos/bases-portafusibles/](http://www.df-sa.es/es/domesticos/bases-portafusibles/)

	MÓDULOS 17,5mm	REFERENCIA		I <sub>n</sub> (A)	U (V)	EMBALAJE
		SN INDICADOR	CON INDICADOR			
8x23	1	470023	470023 I	10	230	12
10x25	1	470025	470025 I	16	230	12
8x31	1	470031	470031 I	20	400	12
10x31	1	470035	470035 I	25	400	12
10x38	1	470038	470038 I	32	400	12
N	1	480032N	-	32	690	12



### PMD UNIPOLAR+NEUTRO BASES PORTAFUSIBLES DOMESTICOS (ESTANDARD FRANCES)

	MÓDULOS 17,5mm	REFERENCIA		I <sub>n</sub> (A)	U (V)	EMBALAJE
		SN INDICADOR	CON INDICADOR			
8x23	1	470223	470223 I	10	230	12
10x25	1	470225	470225 I	16	230	12
8x31	1	470231	470231 I	20	400	12
10x31	1	470235	470235 I	25	400	12
10x38	1	470238	470238 I	32	400	12



### PMD 2A UNIPOLAR BASES PORTAFUSIBLES DOMESTICOS (ESTANDARD FRANCES)

	MÓDULOS 17,5mm	REFERENCIA	I <sub>n</sub> (A)	U (V)	EMBALAJE
8x31	1	470032	2	400	12



**NORMAS**  
IEC 60269-1  
IEC 60269-3  
IEC 60269-3-1  
EN 60269-1  
EN 60269-3

**RECONOCIMIENTOS**

**TÉRMINOS**  
DIMENSIONES  
PAGINA 11

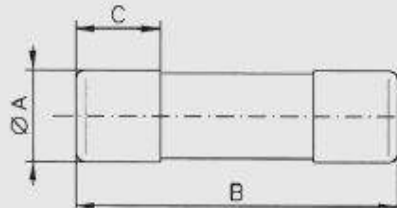
**CONEXIONES**  
55 DOMESTICOS  
FUSE-LINKS  
PAGINA 04

**CONEXIONES**  
40 DOMESTICOS  
FUSE-LINKS  
PAGINA 06

# DOMESTICOS FUSIBLES

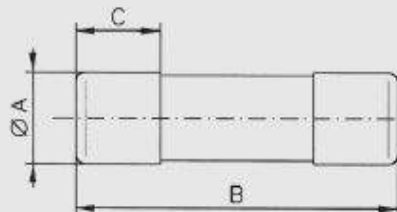


TECNICO  
**gG** FUSIBLES DOMESTICOS  
DIMENSIONES



SIZE	A	B	C
6x23	6,3	23	6
8,5x23	8,5	23	6
8,5x31,5	8,5	31,5	6,3
8,5x38	8,5	38	6,3
10,3x25,8	10,3	25,8	6,3
10,3x31,5	10,3	31,5	6,3
10,3x38	10,3	38	10

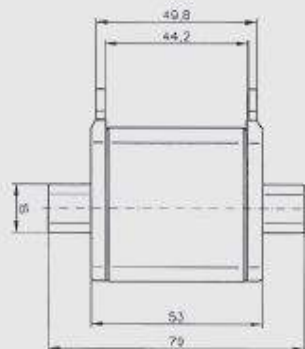
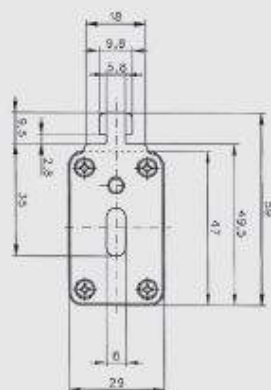
TECNICO  
**AD** FUSIBLES DOMESTICOS  
DIMENSIONES



SIZE	A	B	C
10,3x38	10,3	38	10
14,3x51	14,3	51	13
22,2x58	22,2	58	16

TECNICO  
**AD** FUSIBLES DOMESTICOS  
DIMENSIONES

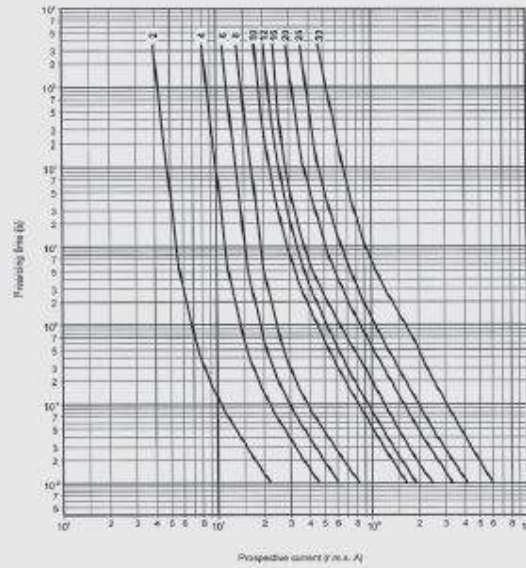
NH00



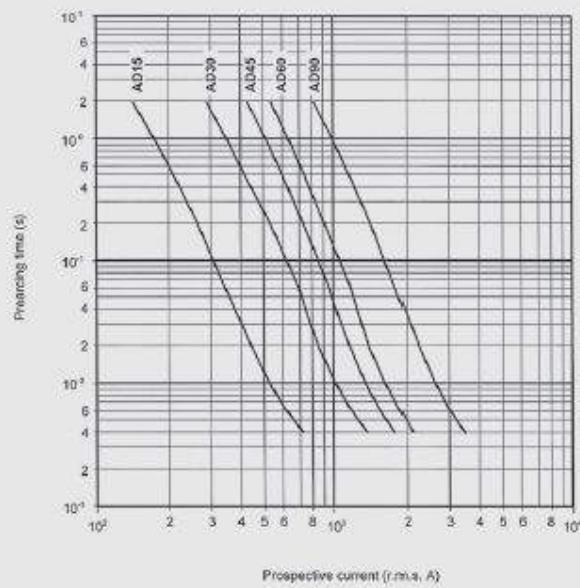
# DOMESTICOS FUSIBLES



TEMCO  
**gG** FUSIBLES DOMESTICOS  
CARACTERISTICAS t-I



TEMCO  
**AD** FUSIBLES DOMESTICOS  
CARACTERISTICAS t-I



# DOMESTICOS FUSIBLES



## gG FUSIBLES DOMESTICOS POTENCIAS DISIPADAS

In (A)	TAMAÑO						
	6,3x23 (VA)	8,5x23 (VA)	10,3x25,8 (VA)	8,5x31,5 (VA)	10,3x31,5 (VA)	10,3x38 (VA)	8,5x36 (VA)
0,5	-	-	-	1,2	-	-	-
1	-	-	-	2,0	-	-	-
2	0,4	0,4	-	0,5	-	-	0,64
4	0,6	0,6	-	0,8	-	-	0,92
6	0,9	0,9	1,00	1,1	-	-	1,4
8	-	-	-	1,3	-	-	-
10	1,3	0,7	0,9	1,0	-	-	1,0
12	-	-	-	1,2	-	-	-
16	-	1,2	1,3	1,9	1,9	-	1,6
20	-	-	-	2,0	2,0	-	2,3
25	-	-	-	-	2,6	2,4	2,1
32	-	-	-	-	-	2,9	2,7

## AD FUSIBLES DOMESTICOS POTENCIAS DISIPADAS

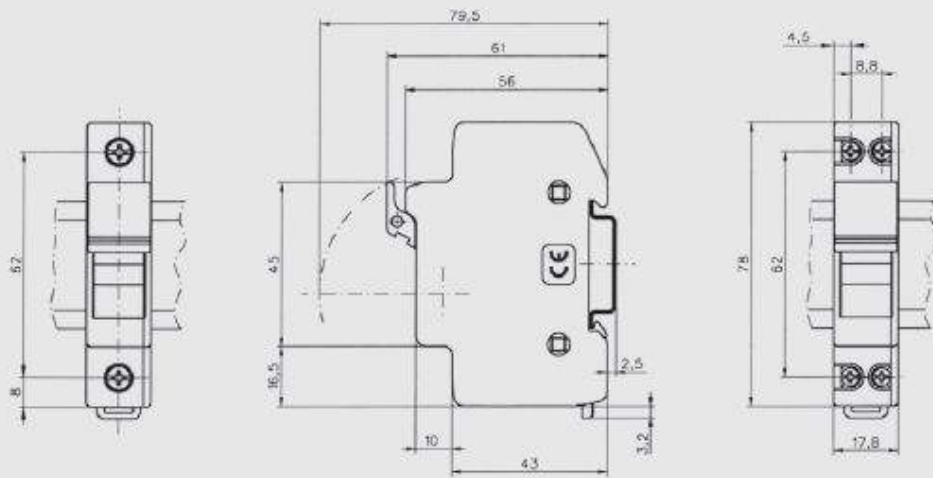
In (A)	TAMAÑO			
	10x38 (VA)	14x51 (VA)	22x58 (VA)	NH 00 (VA)
15	0,6	0,7	0,8	-
30	-	1,6	1,7	1,3
45	-	-	2,8	1,9
60	-	-	4,4	3,1
90	-	-	-	4,6

# DOMESTICOS

## BASES PORTAFUSIBLES



TECNICO  
**PMD** BASES PORTAFUSIBLES DOMESTICOS  
DIMENSIONES





## A.10. PROTECCIONES DE CORRIENTE CONTINUA



**COMPONENTES Y EQUIPOS SOLARTEC**  
PROTECTORES CONTRA SOBRETENSIONES TRANSITORIAS

002

### PROTECTORES CONTRA SOBRETENSIONES TRANSITORIAS



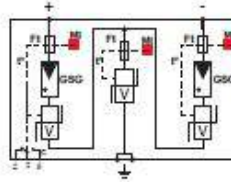
#### CLASE I



Por su muy elevada capacidad de descarga se recomienda el uso de esta protección en localizaciones donde el riesgo de impacto directo por un rayo sea máximo. La protección está diseñada con tecnología «Multi-varistor» que permite un nivel de protección elevado y una ausencia de corriente de continuación.

##### Conexión

CGG: Descargador con gas  
V: Red de varistores  
M: Indicador de desconexión  
F: Fusible térmico  
F': Sistema de desconexión térmica  
C: Contacto para tierra



##### Dimensiones



##### Limitadores de sobretensión

descripción	Un	referencia	precio
Bipolar en Y	1000Vdc	PST41PV	349,23

#### CLASE II



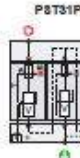
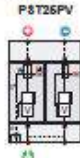
PST25PV



PST31PV

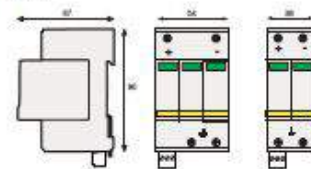
Las protecciones de Clase II se destinan a la protección de las redes de alimentación fotovoltaica contra las sobretensiones transitorias debidas a descargas atmosféricas. Los productos se instalan en paralelo en las redes a proteger y ofrecen una protección en modo común o modo común y diferencial. El esquema eléctrico integra varistores con un sistema de desconexión y sus indicadores asociados.

##### Conexión



V: Varistor de alta energía  
F: Fusible térmico  
F': Sistema de desconexión térmica

##### Dimensiones



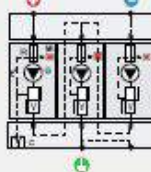
##### Limitadores de sobretensión enchufables

descripción	Un	teleseñalización	referencia	precio
Bipolar	500Vdc	No	PST25PV	115,79
Bipolar	500Vdc	Si	PST25PVT	143,65
Bipolar en Y	1000Vdc	No	PST31PV	184,11
Bipolar en Y	1000Vdc	Si	PST31PVT	222,92

##### Cartuchos de recambio

descripción	referencia	precio
Polo Imáx. 40 kA	PV-40	57,63

Los descargadores destinados a cuadros o equipos para el americano deben cumplir la normativa UL 1449. El cumplimiento de esta norma implica el uso de un diseño eléctrico especial que incorpora un descargador de gas específico asegurando la ausencia de corrientes de fuga y aportando una prolongación de la vida del componente.



Para más información consultar

#### Características técnicas

	PST25PV	PST25PVT	PST31PV	PST31PVT	PST41PV
Tensión de régimen perm. máx. Uc	550VDC	550VDC	1000VDC	1000VDC	1000VDC
Corriente de descarga nominal In	20 kA	20 kA	20 kA	20 kA	40 kA
Corriente de descarga máxima Imax	40 kA	40 kA	40 kA	40 kA	
Corriente de rayo máx. por polo Iimp					12,5 kA
Tensión residual (a Iimp) Ures					1,9 kV
Nivel de protección (a In) Up	2,2 kV	2,2 kV	3 kV	3 kV	2,4 kV
Teleseñalización	-	si	-	si	por contacto seco

INTERRUPTORES-SECCIONADORES



Funciones

Los interruptores Solartec son seccionadores multipolares con mando manual. Permiten abrir o cerrar con seguridad y en carga los circuitos fotovoltaicos en pequeñas huertas solares o instalaciones en edificios.

Conforme a las normas

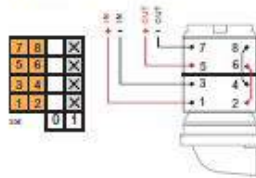
- IEC 60947-3
- EN 60947-3
- IEC 60364-712
- UNE 20460-7-712

Características generales

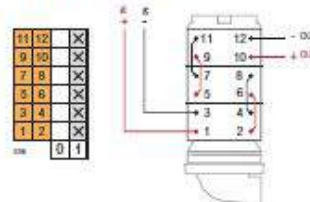
- Mecanismo de maniobra rápida e independiente.
- Seriado de contactos para optimización de las características eléctricas.
- Puentes de seriado de los contactos montados en origen.
- Conexión por bormes de jaula
- Contactos en aleación de plata.
- Cuerpo del interruptor en poliéster autoextinguible.
- Grado de protección del cuerpo IP20

Esquemas eléctricos estándar

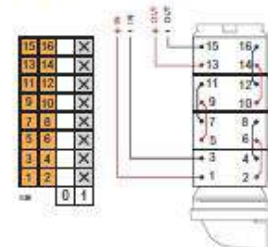
534 4 contactos seriados



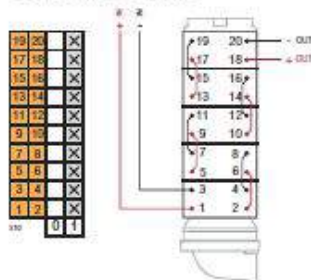
536 6 contactos seriados



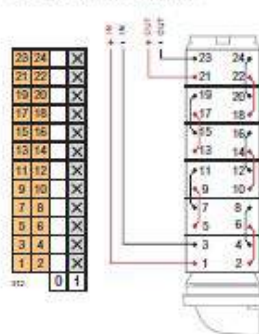
538 8 contactos seriados



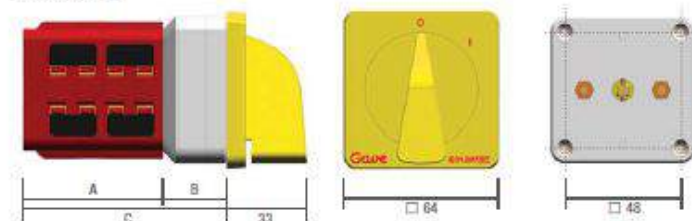
510 10 contactos seriados



512 12 contactos seriados



Dimensiones



referencia	contactos	pisos	A	B	C
A-5342PNO	2+2	2	33,0	26,0	60,0
A-5362PNO	3+3	3	45,0	26,0	72,0
A-5382PNO	4+4	4	57,0	26,0	83,0
A-5102PNO	5+5	5	69,0	26,0	95,0
A-5122PNO	6+6	6	81,0	38,0	107,0

valores en mm

INTERRUPTORES-SECCIONADORES



Características técnicas

		A-5342PV0	A-5362PV0	A-5382PV0	A-5102PV0	A-5122PV0
Tornillos de conexión		M5	M5	M5	M5	M5
Hilo rígido	mm2	10 - 25	10 - 25	10 - 25	10 - 25	10 - 25
Cable flexible	mm2	10 - 16	10 - 16	10 - 16	10 - 16	10 - 16
Tensión de impulso	Uimp KV	4	4	4	4	4
Sección de cable	AWG	6	6	6	6	6
Par de apriete	Nm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Categoría de empleo DC-21	Tensión V					
	300V	35 A	-	-	-	-
	400V	-	25 A	-	-	-
	500V	-	20 A	-	-	-
	600V	-	15 A	25 A	-	-
	800V	-	-	16 A	-	-
	1000V	-	-	-	25 A	-
	1200V					25 A

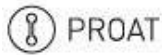
Modelos

	descripción	referencia	precio
	Interruptor Solartec 35A 300VDC	A-5342PV0	76,49
	Interruptor Solartec 25A 400VDC / 20A 500VDC	A-5362PV0	99,97
	Interruptor Solartec 25A 600VDC / 10A 800VDC	A-5382PV0	123,57
	Interruptor Solartec 25A 1000VDC	A-5102PV0	147,11
	Interruptor Solartec 25A 1200VDC	A-5122PV0	195,92

Accesorios

	descripción	referencia	precio
	Mando de accionamiento bloqueable por candados	AK1200523	15,45
	Placa de fijación sobre carril DIN	AK0100007	3,51
	Placa de fijación sobre panel	AK0000003	0,98
	Embrague con prolongación, enclavamiento y placa de fijación para accionamiento exterior.	AK1740003	26,52





**DESCRIPCIÓN**

El equipo FAC4 es un vigilante de aislamiento para instalaciones de corriente continua de 25-1000 VDC aisladas de tierra. Detecta los fallos de aislamiento a tierra, incluyendo los fallos simétricos.

Dispone de una función de re-conexión automática donde el FAC4 comprueba si el fallo de aislamiento persiste o no. En caso que haya desaparecido se restablece el servicio. Realiza un número ilimitado de intentos de re-conexión, y el intervalo de rearme es seleccionable entre 1-60 minutos. También está disponible el modelo sin rearme. Además, cuenta con una pantalla LCD para monitorizar el nivel de aislamiento de forma continua.

En caso de producirse un fallo a tierra, el FAC4 dispone de los siguientes tipos de actuaciones de contactos de salida:

Actuaciones RL	Sin fallo	Con fallo	Después rearme
Tipo 1X - RL1	desconectado	conexión instantánea	no aplicable
Tipo 1X - RL2	sin RL2	sin RL2	sin RL2
Tipo X - RL1	desconectado	conexión instantánea	desconexión instantánea
Tipo X - RL2	desconectado	conexión temporizada	desconexión instantánea
Tipo C - RL1	conectado	desconexión instantánea	conexión temporizada
Tipo C - RL2	desconectado	conexión temporizada	desconexión instantánea
Tipo I - RL1	desconectado	1 impulso 250ms	desconectado
Tipo I - RL2	desconectado	desconectado	1 impulso 250ms

El equipo FAC4 permite seleccionar el nivel de aislamiento ajustable entre 10KΩ y 80KΩ por pantalla LCD. La tensión de alimentación del FAC4 es 120...370 VDC y 85...264 VAC.

**APLICACIONES**

- Instalaciones eléctricas 25-1000 VDC aislados de tierra.
- Sistemas aislados de tierra sin límite de capacidad parásita.
- Sistemas con conversión de potencia para componentes con rectificadores o inversores.
- Detección de fallos AC en sistemas con inversor.

**EQUIPOS INSTALADOS**

PROAT es proveedor de las principales instalaciones fotovoltaicas y eólicas nacionales e internacionales en: España, Italia, Francia, Chequia, Polonia, Islas Mauricio, Canadá. Suministra a los principales fabricantes de inversores tales como Xantrex, SMA, Gamesa y Siliken entre otros.

**fac4**

VIGILANTE DE AISLAMIENTO PARA CORRIENTE CONTINUA AISLADA DE TIERRA

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Conecta uno o dos relés de salida conmutados cuando detecta defecto.
- Detección fallo simétrico.
- Contactos de salida libres de potencial.
- Actuación de contactos de salida seleccionables según modelo.
- Amplio margen de tensión de alimentación.
- Tiempos de reconexión seleccionables (1-60 min).
- Nivel de aislamiento ajustable entre 20K y 80K.
- Display LCD con medición continua de aislamiento.
- Pulsador de Test para simular un fallo a tierra.
- Pulsador de Reset para desconexión de leds y de relés de salida.
- Diodos luminosos que memorizan el fallo producido por (+) y/o (-).
- Fusible de protección.
- Bornes en carátula frontal.
- Caja de plástico para instalación en carril DIN.



MÁS INFORMACIÓN EN

+ 34 93 579 06 10 comercial@proat.es



**SOLUCIONES**

**Industria**

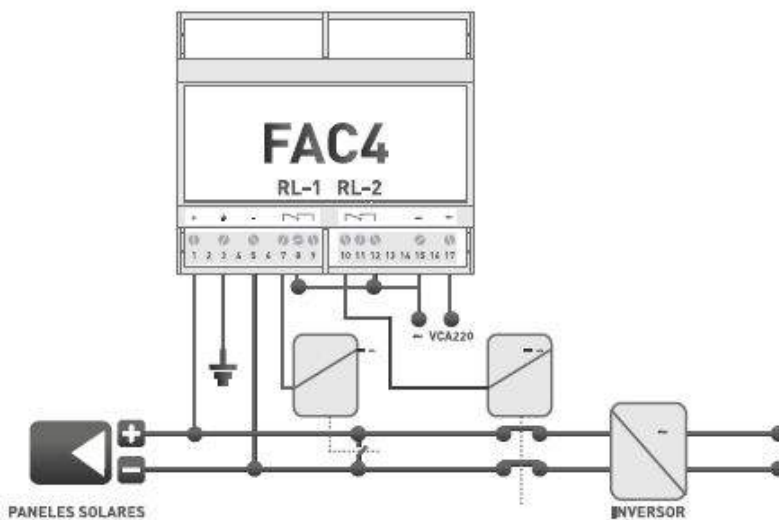
El equipo FAC4 puede utilizarse para la vigilancia de cualquier instalación DC aislada de tierra, tales como sistemas con baterías industriales, componentes industriales, rectificadores, etc.

**Fotovoltaica**

En las instalaciones fotovoltaicas, debido al gran numero de paneles y al cableado necesario para el inter-conexionado la posibilidad de producirse fallos de aislamiento es elevado. Además para conseguir que los inversores trabajen al máximo rendimiento, las tensiones de trabajo se sitúan entre 600-1000 VDC. Esto produce un riesgo de electrocución para el personal de instalación y mantenimiento de la instalación.

El equipo FAC4 vigila los posibles fallos de aislamiento de los polos (+) o (-) actuando sobre el sistema de alarma y desconexión de la instalación para evitar riesgos al personal.

**DIAGRAMAS EMBORNAMIENTO**



**fac4**

VIGILANTE DE AISLAMIENTO PARA CORRIENTE CONTINUA AISLADA DE TIERRA

**MODELOS**

En función del tipo de instalación y de la actuación necesaria, existen los siguientes tipos de contactos:

- **Tipo 1X:** para instalaciones que necesitan de un solo relé de salida sin rearme automático.
- **Tipo X:** adecuado para actuación con inversores.
- **Tipo C:** para actuación con interruptores o inversores que requieren señalización permanente.
- **Tipo I:** para la actuación de interruptores motorizados o inversores que desconectan o cortocircuitan la instalación fotovoltaica.

**CERTIFICADOS**

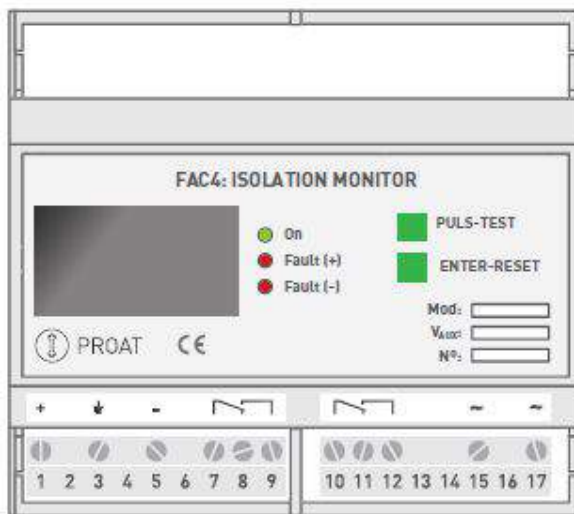




# fac4

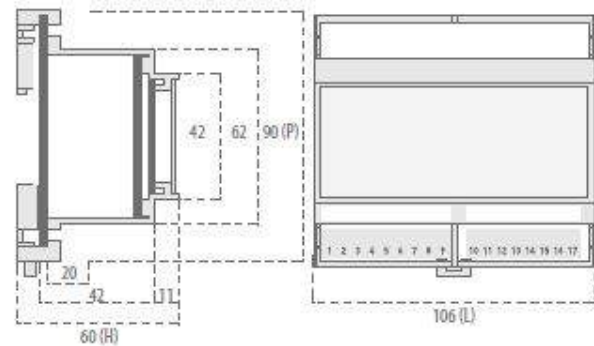
VIGILANTE DE AISLAMIENTO PARA CORRIENTE CONTINUA AISLADA DE TIERRA

## FRONTAL Y CONEXIONES



## CARACTERÍSTICAS CAJA

Caja para montaje en barra OMEGA DIN EN 50022. Material plástico auto extingüible clase VO. H: 60mm, L: 106mm, P: 90mm.



- A. Led indicador "tensión auxiliar"
- B. Led indicador pre-alarma
- C. Led indicador alarm
- D. Pulsador para test
- E. Pulsador de reset

- 1. (+) Tensión de vigilancia
- 3. Conexión a tierra
- 5. (-) Tensión de vigilancia

- 7. Relé de alarma 1 - Punto medio
- 8. Relé de alarma 1 - NC
- 9. Relé de alarma 1 - NA

- 10. Relé de alarma 2 - Punto medio
- 11. Relé de alarma 2 - NC
- 12. Relé de alarma 2 - NA

- 15. Alimentación auxiliar - L1
- 17. Alimentación auxiliar - L2

## MANTENIMIENTO

Cada seis meses o en las revisiones periódicas se recomienda pulsar TEST para comprobar que el equipo actúa correctamente.

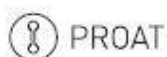
## SELECCIÓN DE REFERENCIA

PROAT suministra todas las referencias de la siguiente tabla de opciones:

Modelo	Tensión de vigilancia	Tipo de contacto	Tensión auxiliar
FAC4	120	1X C I X A	230 VCA (por defecto) 24 VDC
	200		
	400		
	600		
	800		
	900		
	1000		

Ejemplo: modelo FAC4 con vigilancia hasta 1000 voltios con contactos tipo C y alimentación auxiliar de 230VCA, tiene la referencia: **FAC4-1000-C**





## DATOS TÉCNICOS

Ensayos Dielectricos	
Entrada VDC frente tensión auxiliar	3k VDC
Entrada VDC frente contactos salida	3k VDC
Tensión auxiliar frente contactos salida	3k VDC

Rangos de Tensión	
Tensión de vigilancia $U_w$	$0,5 \cdot U_w \dots U_w$
Tensión auxiliar $V_{aux}$	85 ... 265 VAC y 120 ... 370 VDC
Rango frecuencias $V_{aux}$	47...63 Hz
Consumo	$\leq 12$ VA

Valores de Respuesta	
Nivel actuación $I_w$	20...80 k $\Omega$
Error de medida ( $I_w$ )	$\pm 3k\Omega$
Tiempo de respuesta $T_R$	<100 ms
Actuación contacto RL1 (tipo 1X)	<100 ms
Actuación contacto RL2 (tipo 1X)	no aplicable
Actuación contacto RL1 (tipo X)	<100 ms
Actuación contacto RL2 (tipo X)	1-4seg.
Actuación contacto RL1 (tipo C)	<100 ms
Actuación contacto RL2 (tipo C)	1-4seg.
Actuación contacto RL1 (tipo I)	<100 ms
Actuación contacto RL2 (tipo I)	<100 ms
Duración impulso RL1, RL2 (tipo I)	250 ms
Tiempos de rearme $T_{R2}$	1...60 min.

Circuito de Medida	
Resistencia interna R+	1 M $\Omega$
Resistencia interna R-	1 M $\Omega$
Impedancia a tierra IT	750 M $\Omega$
Nivel tensión máxima	$U_w + 10\%$
Capacidad parasita permitida	no afecta

Frontal del Equipo	
Tipo Indicación	3 leds
Presencia $V_{aux}$	led verde
Pre-alarma	led rojo
Alarma	led rojo
Pulsador test	SI
Pulsador reset	SI
Visualización por pantalla	continuo
Tipo pantalla	LCD 2x8 chr.

Elementos Conmutación	
Numero contactos	1-2 contactos
Tipo contactos	conmutados
Voltaje contactos	libres potencial
Máx. tensión conmutación	250 VAC/300 VDC
Máx. corriente conmutación	5A
Endurancia (operaciones)	20.000.000
Capacidad apertura	2A - AC239 V 0.4-0.2 A - DC220 V

Datos Generales	
Modo operación	continuo
Montaje	en carril DIN
Conexiones	tornillo M2,5
Par máximo apriete	0,4 Nm
Grado protección	IP20
Clase inflamabilidad	UL94V-0
Peso	310 g. aprox.
Temperatura operación	-5°C ... +55°C
Temperatura almacenamiento	-20°C ... +80°C
Humedad relativa (sin condensación de hielo)	<95%
Forma cambio valores	extracción frontal

Normativa Estándar	
Emisiones EMC	EN50081
Inmunidad interferencias EMC	EN50082-1
Baja tensión	Reglamento BT

Valores por Defecto	
Nivel actuación	80 K $\Omega$
Tiempo rearme	1 minuto
Temporización RL2	1 seg.

Sistema de Medida	
Puente de Wheatstone con fallo simétrico	

MAS INFORMACIÓN EN  
+ 34 93 579 06 10 comercial@proat.es

## PROAT

# NINFAC: Interruptor de continua para instalaciones fotovoltaicas con contactos de alta capacidad

### Aplicaciones

En instalaciones fotovoltaicas, el NINFAC funciona como interruptor de continua. Al recibir la orden de actuar procedente de un vigilante de aislamiento (por Ej.: FAC3/1), desconecta el inversor de los paneles solares y cortocircuita la tensión de paneles. Ello permite prevenir de posibles descargas eléctricas al personal de instalación y mantenimiento, al reducir la tensión de los paneles de un valor elevado (cientos de voltios) a un valor cercano a cero voltios. También puede realizar la función de conexión a tierra o desconexión de paneles al inversor.

### Descripción del equipo

El NINFAC es un interruptor de corriente continua fabricados con contactos de alta capacidad. Se fabrica en tres configuraciones:

- En el modelo básico (/B), cuando recibe la orden de actuación, el contacto RL1 desconecta el positivo de paneles del inversor, temporiza un segundo y cortocircuita la tensión de paneles.
- versión /T: el cortocircuito se conecta a la borna de tierra.
- versión/T2: el relé de tierra RT, desconecta el negativo del inversor y lo une a tierra.
- versión /S: Solo separa los paneles del inversor, no se realiza el cortocircuito.

En todas las configuraciones se puede añadir la función de reenganche (/R) caso de que el vigilante de aislamiento no la lleve.

### Características funcionales

- Activación y desactivación por impulso de cierre de contacto.
- Contactos de alta capacidad.
- Sin límite de maniobras.
- Tiempo pulso de maniobra: 100 mseg.(min.)
- Tensión auxiliar 230 Vca.

### Características Constructivas

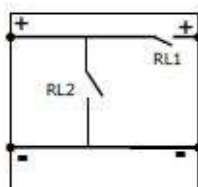
- Caja metálica con borna de conexión a tierra
- Bornes de potencia.
- Led Rojo indicativo cortocircuito.
- Led Verde encendido si hay tensión en los paneles.
- Led verde de existencia de tensión auxiliar (230Vac)
- Pulsador de desconexión de cortocircuito en modelos con rearme interno (/R)

### Datos Técnicos

- Tensión de corte hasta 900 V<sub>cc</sub>
- Intensidad de cortocircuito: 20, 50, 80 ó 120 A.
- Sin consumo de energía de paneles.
- Tiempo respuesta: <100ms
- Reglamento Baja tensión
- Normativa EMC, Inmunidad
- Aislamiento: Vca (Clase II)
- Aislamiento: Vcc (Clase I)

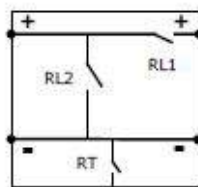


### Diversos modelos de funcionamiento



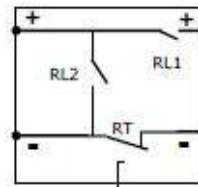
Configuración B

Maniobra en caso de fallo aislamiento:  
Separación del positivo y cortocircuito



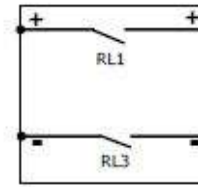
Configuración T

Maniobra en caso de fallo aislamiento:  
Separación del positivo, cortocircuito y conexión a tierra



Configuración T2

Maniobra en caso de fallo aislamiento:  
Separación del positivo, cortocircuito y conexión a tierra y desconexión de negativo



Configuración S

Maniobra en caso de fallo de aislamiento:  
Separación del positivo y del negativo



# PROAT

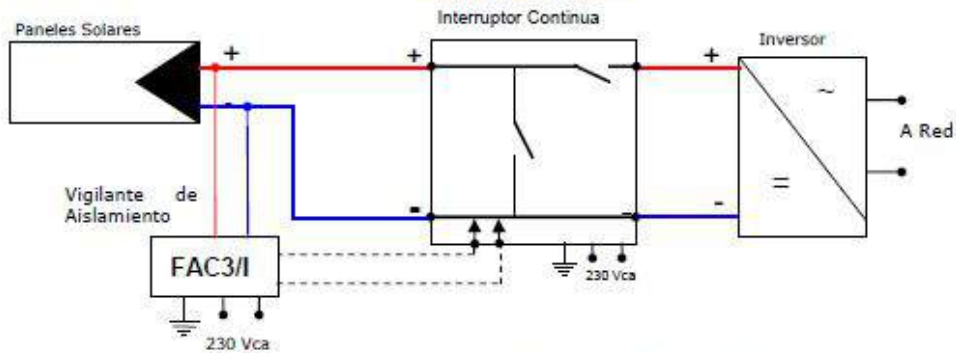
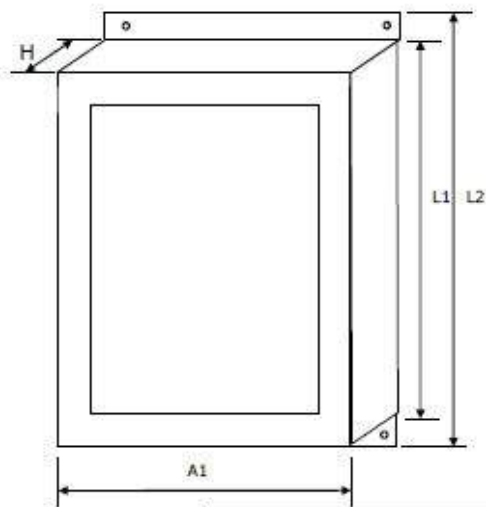


Fig.2: Interruptor de Continua NINFAC en una Instalación fotovoltaica



**Dimensiones de la Caja (milímetros)**

H	A1	L1	L2	Modelos
120	240	250	290	20, 50, 80A

**Modelos**

Tensión Continua máx. 200,400,600,800,900 V (Tensión en circuito abierto)	Intensidad máxima L = 20A N = 50A A = 80A C = 120A	R-función de reenganche Configuración: B- básica T- con conexión Tierra T2- con conexión tierra y desc.(-) S- separación sin cortocircuito
<b>NINFAC</b> <b>v v v</b> <b>i</b> <b>n</b> <b>(r)</b>		

**Ejemplos:**

NINFAC 400LB modelo básico para una instalación con tensión en circuito abierto de 400 voltios e intensidad de cortocircuito 20 A.

El modelo NINFAC/800/AS modelo para 800Vcc, 80A y al recibir la orden del vigilante separa el positivo y el negativo del inversor.



## PROAT

Pol. Ind. Can Tapioles c/Narcís Monturiol, 4 nave 10  
08110 MONTCADA-REDXAC (Barcelona) SPAIN  
Tel: 935790610 Fax: 935792522  
e-mail: [comercial@proat.es](mailto:comercial@proat.es)  
web: [www.proat.es](http://www.proat.es)



**Ref.414428**

## INTERRUPTORES MAGNETOTERMICOS 800V

MAGNETOTERMICO 2P 16A 800V=

PVR (Sin IVA)

**208.60 €**

**Vigencia de la tarifa 01/05/2017**

Interruptor automático DX - 4,5 kA - 800 V= - 2P - 16 A - 4 módulos

### Características del producto

Interruptores automáticos para corriente continua - Magnético ajustado entre 5 a 7 In - Utilizar los módulos espaciadores ref. 4 063 07 entre 2 aparatos consecutivos Interruptores automáticos para 800 V= no auxiliarizables - Intensidad nominal: 16 A - Número de polos protegidos: 2 - Número de módulos: 4

### Características generales

Protección fotovoltaica - interruptores automáticos corriente continua

### Descarga documentación

- Cap. Protección - Catálogo General Legrand Group 2017-2018 30,80 MB
- Cap. Residencial - Catálogo General Legrand Group 2017-2018 16,10 MB
- Cap. Terciario - Catálogo General Legrand Group 2017-2018 28,70 MB
- Catalogo Tarifa Videoporteros Porteros Mayo/2017 29,07 MB
- Tarifa General Legrand Group 2017/Mayo - PDF 2,14 MB
- Tarifa General Legrand Group 2017/Mayo - XLS 1,59 MB
- Tarifa Porteros Videoporteros Mayo 2017 formato XLS 0,33 MB
- Páginas de catálogo PROTECCION FOTOVOLTAICA MB

### Descarga documentación técnica

**DX™ Lexic direct current mcb**  
**≤ 20 A, 800V**

Cat (s) : 4 144 24 / 25 / 26 / 27 / 28 / 29



CONTENTS	PAGES
1. Description - Use .....	1
2. Range .....	1
3. Overall dimensions .....	1
4. Preparation - Connection .....	1
5. General characteristics .....	2
6. Compliance and approvals .....	4
7. Auxiliaries and accessories .....	4

**1. DESCRIPTION - USE**

. Thermal-magnetic circuit breaker (MCB) with positive contact indication for control, protection and isolation of electrical supplied with direct current. This modular MCB is suitable for photovoltaic applications

**Symbol:**



**Technology :**

. Limiting device

**2. RANGE**

**Polarity:**

. 2 poles in 4 modules.

**Width :**

. 2 modules per pole (2 x 17,7 mm = 35,4 mm).

**Rated currents In :**

. 6 / 8 / 10 / 13 / 16 / 20 A.

**Magnetic tripping curves:**

. B curve ( between 4 and 7 In).

**Thermal threshold:**

. Non operating current (In): 1,05 In.  
. Operating current (If): 1,3 In.

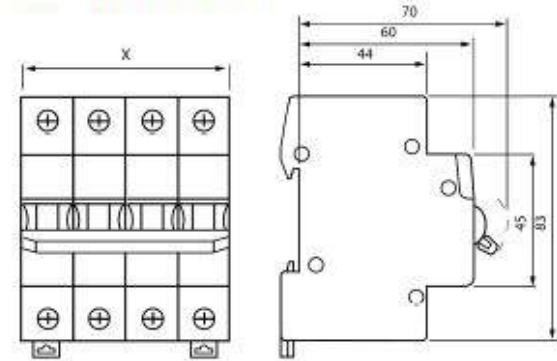
**Rated Voltage:**

. 800 V d.c. (direct current).

**Breaking capacity :**

. 4,5 kA according with standard EN/IEC 60947-2.

**3. OVERALL DIMENSIONS**



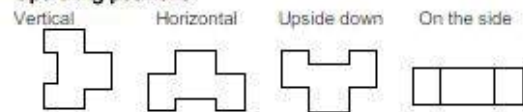
Polarity	"X" (mm)
2P	<b>70,8 mm</b>

**4. PREPARATION - CONNECTION**

**Mounting:**

. On symmetrical EN 60.715 rail or DIN 35 rail

**Operating positions:**



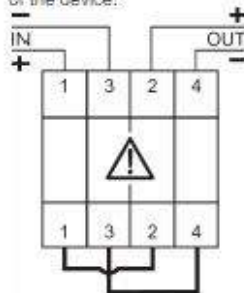
**DX™ Lexic direct current mcb**  
**≤ 20 A, 800V**

Cat (s) : 4 144 24 / 25 / 26 / 27 / 28 / 29

**4. PREPARATION - CONNECTION** *(continued)*

**Power supply:**

· Only from the top like it is shown in the wiring diagram on left side of the device.



**Link cable:**

· The MCB is delivered with the link cables wired.  
 · Semi-rigid copper cable, 16mm<sup>2</sup>

**Terminal depth:**

· 14 mm.  
 · It is necessary to use the insulating shields between terminals.  
 · The shields are delivered with this isolating switch.

**Screw head :**

· Mixed, Slotted and Pozidriv n° 2.

**Recommended tightening torque :**

· 3 Nm.

**Recommended tools:**

· For terminals : 5.5 mm flat screwdriver or Pozidriv n°2,  
 · For attaching or removing the DIN rail, 5.5 mm flat screwdriver recommended (6 mm max)

**Conductor type:**

· Copper cables

	Without ferrule	With ferrule
Rigid cables	1 x 1.5 mm <sup>2</sup> to 35 mm <sup>2</sup> 2 x 1.5 mm <sup>2</sup> to 16 mm <sup>2</sup>	-
Flexible cables	1 x 1.5 mm <sup>2</sup> to 25 mm <sup>2</sup> 2 x 1.5 mm <sup>2</sup> to 10 mm <sup>2</sup>	1 x 1.5 mm <sup>2</sup> to 25 mm <sup>2</sup>

**Manual actuation of the MCB:**

· Ergonomic 2-position handle  
 · "O-OFF": Device open  
 · "I-ON": Device closed

**Display of contact state:**

· By handle mark:  
 · "O-OFF": white on a green background = contacts opened.  
 · "I-ON": white on a red background = contacts closed.

**Sealing:**

· Possible in the open or closed positions

**Locking:**

· With padlock (Cat. No. 0 044 43 or 0 227 97), whit support for padlock (Cat. No. 0 044 42) in the open position.

**4. PREPARATION - CONNECTION** *(continued)*

**Labelling:**

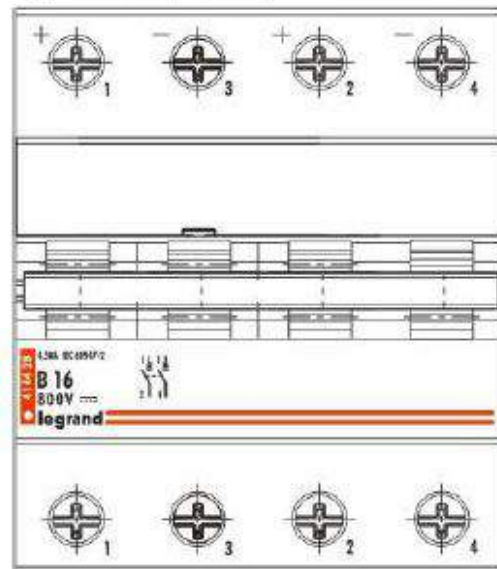
· Circuit identification by way of a label inserted in the label holder situated on the front of the product.



**5. GENERAL CHARACTERISTICS**

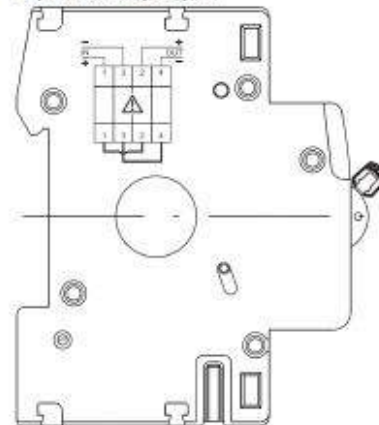
**Marking on the front side:**

· By permanent ink pad printing



**Marking on the left side:**

· By laser: wiring diagram





**DX™ Lexic direct current mcb**  
**≤ 20 A, 800V**

Cat (s) : 4 144 24 / 25 / 26 / 27 / 28 / 29

**5. GENERAL CHARACTERISTICS (continued):**

**Breaking capacity on one single pole (phase pole):**

· 4,5 kA according with standard EN/IEC 60947-2.

**Minimum operating voltage :**

· 12 V DC per pole

**Rated impulse withstand voltage:**

· Uimp = 8 kV

**Isulation voltage:**

· Ui = 1000 V

**Isolation distance:**

· The distance between the contacts is greater than 5.8mm with the handle in the open position.

· The DX DC circuit breaker is suitable for isolation in accordance with standard EN/IEC 60947-2.

**Load to close and to open of a pole trough the handle:**

· 0,5 Nm per pole to close.

· 0,3 Nm per pole to open.

**Mechanical endurance :**

· 20000 operations without load

· 1500 operations with In Direct Current

**Enclosure material:**

· Polyester.

· Characteristics of this material: self extinguishing, heat and fire resistant in accordance with standard EN/IEC 60898-1, glow-wire test at 960°C for external parts made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts and parts of protective circuit (650°C for all other external parts made of insulating material).

**Average weight per pole :**

· 0.584 kg per pole

**Packaged volume:**

	Volume (dm³)
Double pole	1,2 dm³

**Ambient temperatures:**

· Operation: from - 25°C to + 70°C

· Storage: from - 40°C to + 70°C

**Degree or class of protection:**

· Protection index of terminals against solid and liquid bodies: IP 20 (in accordance with standards IEC 529, EN 60529 and NF C 20-010).

· Protection index of the box against solid and liquid bodies: IP 40 (in accordance with standards IEC 529, EN 60529 and NF C 20-010).

· Protection index against mechanical shocks: IK 02 (in accordance with standards EN 50102 and NF C 20-015).

**Sinusoidal vibration resistance in accordance with IEC 60068.2.6:**

· Axis : x, y, z.

· Frequency range: 5+100 Hz ; duration 90 min.

· Displacement (5+13,2 Hz) : 1mm

· Acceleration (13,2+100 Hz) : 0.7g (g=9,81 m/s²).

**5. GENERAL CHARACTERISTICS (continued):**

**Pollution degree :**

· 3 in according with EN/IEC 60898-1.

**Dielectric strength:**

· 2,000 V

**Dissipated power :**

· Per pole, under In, in Watts

· C curve mcb

In	6 A	8 A	10 A	13 A	16 A	20 A
2P	1,1	1,1	1,1	1,3	1,6	1,7

· Impedance per pole (Ω) =  $\frac{P \text{ dissipated}}{I_n^2}$

**Derating of MCB in terms of ambient temperature :**

· MCB is set to operate under In at 40°C ambient temperature in accordance with standard EN/IEC 60947-2

· These rated characteristics may change depending on the ambient temperature inside the enclosure where it is installed

In (A)	Ambient temperature / In				
	- 25°C	- 10°C	0°C	10°C	20°C
6	8.2	7.5	7.0	6.6	6.4
10	14.0	12.5	11.5	11.1	10.7
13	18.2	16.3	15.0	14.3	13.9
16	21.9	20.0	18.7	18.0	17.3
20	27.7	25.0	23.2	22.4	21.6

In (A)	Ambient temperature / In				
	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
6	6.2	6.0	5.8	5.6	5.4
10	10.3	10.0	9.7	9.3	9.0
13	13.4	13.0	12.6	12.1	11.7
16	16.6	16.0	15.4	14.7	14.1
20	20.8	20.0	19.2	18.4	17.6

## DX™ Lexic direct current mcb ≤ 20 A, 800V

Cat (s) : 4 144 24 / 25 / 26 / 27 / 28 / 29

### 6. COMPLIANCE AND APPROVALS

#### In accordance with standards:

- . EN/IEC 60947-2.
- . European directives : 73/23/CEE + 93/68/CEE.
- . These isolating switches can be used in the conditions of use defined by EN/IEC 60947 standard.
- . The isolating switch performances may be modified in case of particular climatic conditions

#### Plastic materials :

- . Halogens-free plastic materials.
- . Marking of parts according to ISO 11469 and ISO 1043.

#### Packaging:

- . Design and manufacture of packaging in accordance with Decree 98-638 of 07.20.98 and Directive 94/62/EC

### 7. AUXILIARIES AND ACCESSORIES

#### Wiring accessories :

- . Sealable screw cover (Cat. No. N° 0 044 44)
- . Insulation shield (Cat. No. 0 044 47)

#### List of auxiliaries :

##### Signalling auxiliaries :

- . Auxiliary changeover switch (Cat. No. 0 073 50) (0,5 module)
- . Fault signalling changeover switch (Cat. No. 0 073 51) (0,5 module)
- . Auxiliary changeover switch – can be modified to fault signalling changeover switch (Cat. No. 0 073 53) (0,5 module)
- . Auxiliary changeover switch + fault signalling changeover switch – can be modified to 2 auxiliary changeover switches (Cat. No. 0 073 54) (1 module)

##### Control auxiliaries :

- . Shunt trip (Cat. No. 0 073 60 / 61) (1 module)
- . Under voltage release (Cat. No. 0 073 65 / 66 / 68) (1 module)
- . Autonomous shunt trip (Cat. No. 0 073 69) (1 module)
- . Auxiliaries are clipped on the left hand side of the MCB

#### Auxiliaries and MCBs combinations allowed :

- . Auxiliaries clip on the left-hand of the MCB
- . Maximum number of auxiliaries : 3
- . Maximum number of control auxiliaries : 1
- . Maximum number of signalling auxiliaries ½ module : 1
- . Maximum number of signalling auxiliaries 1 module : 2
- . Control auxiliary (Cat. No. 0 073 6x) must be positioned on the left-hand side of the signalling auxiliary (Cat. No. 0 073 5x) in the case of auxiliaries of this two families used with the same MCB

#### Installation software:

- . XL PRO<sup>2</sup>

## A.11. PROTECCIONES DE CORRIENTE ALTERNA



87045 LIMOGES Cedex  
Teléfono : 05 55 06 87 87 – Fax : 05 55 06 88 88

### Interruptores Diferenciales Vivienda RX<sup>3</sup> 2P hasta 40 A

Artículo(s) : 4 020 56, 4 020 57, 4 020 59, 4 020 60

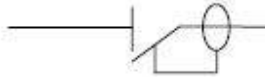


SUMARIO	PÁGINAS
1. Descripción, usos .....	1
2. Gama .....	1
3. Dimensiones .....	1
4. Instalación – Conexión .....	1
5. Características generales .....	3
6. Conformidades y Aprobaciones .....	6
7. Curvas .....	7
8. Seguridad .....	9

#### 1. DESCRIPCIÓN – USOS

Interruptores diferenciales con corte totalmente aparente para el control y el seccionamiento de los circuitos eléctricos, la protección de las personas del contacto directo e indirecto, y la protección de las instalaciones ante los defectos de aislamiento.

Símbolo :



Tecnología :

. Función diferencial electromagnética con relé sensible.

#### 2. GAMA

Polaridad :

. 2 polos

Anchura:

. Bipolar / 2 módulos - (2 x 17,8 mm)

Intensidad nominal In :

. 25 / 40 A

Tipos de diferenciales :

. AC (Corrientes alternas diferenciales sinusoidales)

. A (Corrientes alternas diferenciales con componente continuo)

Sensibilidad :

. 30 mA

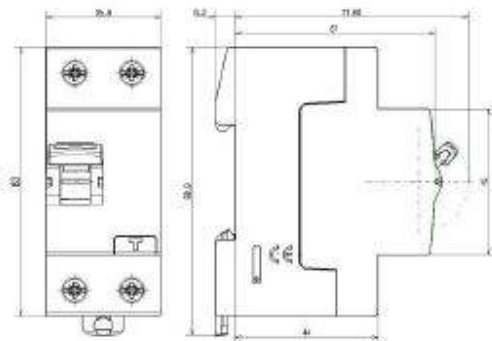
Tensión y frecuencia nominal :

. 230 V~ / 240 V~, 50 Hz con tolerancia normalizada

Tensión máxima de operación :

. 250 V ~, 50 Hz

#### 3. DIMENSIONES



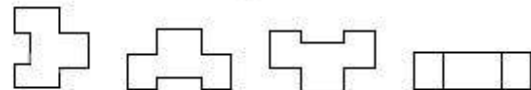
#### 4. INSTALACIÓN - CONEXIÓN

Fijación :

. En camil simétrico EN 60715 o DIN 35

Posiciones de funcionamiento :

. Vertical, horizontal, boca abajo, tumbado



Alimentación :

. Indiferentemente para la parte superior o inferior

Conexión:

. Entradas y salidas por bornas con tornillos

Embornamiento :

. Bornas con tornillo de sujeción y desconectables

. Protección de las bornas al contacto IP20, dispositivo cableado

. Alineación y espacio de las bornas permitiendo la conexión del peine con los otros productos de la gama



## Interruptores Diferenciales Vivienda RX<sup>3</sup> 2P hasta 40 A

Artículo(s) : 4 020 56, 4 020 57, 4 020 59, 4 020 60

### 4. INSTALACIÓN - CONEXIÓN *(continuación)*

#### Embarnamiento : (continuación)

- . Profundidad de las bombas : 14 mm
- . Sección : 60 mm<sup>2</sup>
- . Cabeza del tornillo : mixta, con ranura Pozidriv n°2
- . Esfuerzo de torsión :
  - Mínimo / Máximo : 1,2 Nm / 3,5 Nm
  - Aconsejable : 2,5 Nm

#### Tipos de conductores :

- . Cables de cobre
- . Sección de cables :

	Sin terminal	Con terminal
Cable rígido	1 x 0,75 a 50 mm <sup>2</sup> o 2 x 0,75 a 16 mm <sup>2</sup>	-
Cable flexible	1 x 0,75 a 35 mm <sup>2</sup> o 2 x 0,75 a 16 mm <sup>2</sup>	1 x 0,75 a 25 mm <sup>2</sup>

#### Herramientas necesarias:

- . Para las bombas :
  - Destornillador 5,5 mm / 6,5 mm aconsejables
  - Destornillador Pozidriv n°2 / Philips N°2 aconsejables
- . Para la colocación :
  - Destornillador 5,5 mm aconsejable / 6 mm máximo
  - Destornillador Pozidriv n°2 / Philips N°2 aconsejables

#### Funcionamiento :

- . Acción manual mediante maneta ergonómica, 2 posiciones :
  - I-On, aparato cerrado y O-Off, aparato abierto

#### Visualización del estado de los contactos :

- . Mediante marcado frontal :
  - On : contactos cerrados
  - Off : contactos abiertos

#### Visualización del disparo del diferencial :

- . Maneta en posición baja, el diferencial está abierto



## Interruptores Diferenciales Vivienda RX<sup>3</sup> 2P hasta 40 A

Artículo(s) : 4 020 56, 4 020 57, 4 020 59, 4 020 60

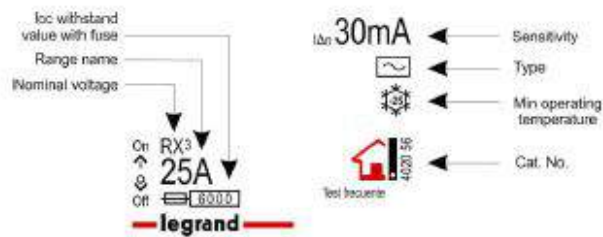
### 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES

**Esquema de conexión a tierra :**

. IT, TT et TN

**Marcajes del interruptor diferencial :**

. Marcaje « Parte frontal » mediante tampografía imborrable



. Marcaje « Parte superior » mediante tampografía imborrable



**Rendimiento del test de tensión :**

. de 110 V a 250 V~

**Corriente condicional de cortocircuito asignada :**

.  $I_{nc}$  = 6 kA, de acuerdo con EN/IEC 61008-1

**Corriente condicional diferencial de cortocircuito asignada :**

.  $I_{Δc}$  = 6 kA, de acuerdo con EN/IEC 61008-1

**Capacidad diferencial de corte asignada :**

.  $I_{Δm}$  = 1000 A, de acuerdo con EN/IEC 61008-1

**Capacidad de cierre y de corte asignada:**

De acuerdo con EN/IEC 61008-1,

.  $I_n$  = 25 A & 40 A :  $I_m$  = 500 A

**Protección contra las sobrecargas :**

. El interruptor diferencial debe estar protegido, antes o después, contra las sobrecargas mediante un magnetotérmico o un fusible teniendo al máximo la misma intensidad nominal que el interruptor diferencial.

## Interruptores Diferenciales Vivienda RX<sup>3</sup> 2P hasta 40 A

Artículo(s) : 4 020 56, 4 020 57, 4 020 59, 4 020 60

### 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES (continuación)

#### Protección contra los cortocircuitos :

. El interruptor diferencial debe estar protegido, aguas arriba, contra las sobrecargas mediante magnetotérmico o un fusible. Su resistencia al cortocircuito en asociación con magnetotérmico o un fusible Legrand es de 6000 A.

#### Potencia disipada por polo :

Interr diferencial		Poder disipado total para un interr diferencial 2 polos en In y Un	
In	Sensibilidad	Tipo AC	Tipo A
25 A	30 mA	3,1 W	3,1 W
40 A	30 mA	8 W	8 W

#### Reducción de potencia por temperatura :

. Temperatura de referencia : 30 °C, según la norma IEC/EN 60947-2

In (A)	Temperatura Ambiente / In								
	- 25°C	- 10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
25 A	25	25	25	25	25	25	25	25	25
40 A	40	40	40	40	40	40	40	25	25

#### Peso por unidad :

Artículo	Designación	Peso (kg)
402056	25 A tipo AC 30 mA	0,20
402057	40 A tipo AC 30 mA	0,22
402059	25 A tipo A 30 mA	0,19
402060	40 A tipo A 30 mA	0,19

#### Volumen y cantidad de embalaje:

	Volumen (dm <sup>3</sup> )	Embalaje
Para todos los artículos	1,75	por 5

#### Distancia de seccionamiento :

. Maneta en posición abierta O-Off : la distancia entre los contactos es superior a 4,5 mm

#### Tensión de aislamiento asignada :

. U<sub>i</sub> = 250 V

#### Resistencia de aislamiento :

. 2 MΩ

#### Grado de contaminación :

. 2

#### Rigidez dieléctrica :

. 2000 V - 50 Hz

#### Tensión de resistencia a choques :

. U<sub>imp</sub> = 4 kV

## Interruptores Diferenciales Vivienda RX<sup>3</sup> 2P hasta 40 A

Artículo(s) : 4 020 56, 4 020 57, 4 020 59, 4 020 60

### 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES (continuación)

**Protección contra los disparos intempestivos :**

- . Onda amortiguada recurrente 0,5 µs / 100 kHz = 200 A
- . Onda 8/20 µs : Tipos A y AC = 250 A

**Clases de protección :**

- . Protección de las bombas contra los contactos directos : IP20 (dispositivo cableado)
- . Protección de la parte frontal contra los contactos directos : IP40
- . Clase II con respecto a las masas metálicas
- . Protección contra los choques : IK04

**Materias plásticas utilizadas :**

- . Piezas en poliamida y en P.B.T.

**Resistencia al calor y al fuego de la carcasa :**

- . Resistencia a la prueba de hilo incandescente 960°C, según la norma IEC/EN 61008-1
- . Clasificación V2, según la norma UL94

**Poder calorífico superior del dispositivo :**

- . Estimación del potencial calorífico de un dispositivo 25 A o 40A 30mA tipo AC : 2,41 MJ

**Esfuerzos de apertura y cierre de la maneta :**

- . Esfuerzo de 23 N al cierre
- . Esfuerzo de 8 N a la apertura

**Resistencia mecánica :**

- . De acuerdo con la norma EN 61008-1
- . Probado con 20 000 maniobras en vacío

**Resistencia eléctrica :**

- . De acuerdo con la norma EN 61008-1
- . Probado con 10 000 maniobras con carga  $I_n \times \cos \varphi$  0,9
- . Probado con 2 000 maniobras de disparo diferencial por el botón de test o por corriente de defecto

**Temperatura ambiente de funcionamiento :**

- . - 25 °C / + 60 °C

**Temperatura de almacenaje :**

- . - 40 °C / + 70 °C

**Reducción de potencia de los interruptores diferenciales en función del número de dispositivos yuxtapuestos :**

Cuando varios interruptores diferenciales se yuxtaponen y funcionan simultáneamente, la disipación de calor de un polo se limita. El resultado es un aumento de la temperatura de los interruptores. Se aconseja aplicar los siguientes coeficientes sobre las corrientes de empleo.

### 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES (continuación)

Número de disyuntores yuxtapuestos	Coficiente
2 - 3	0,9
4 - 5	0,8
6 - 9	0,7
≥ 10	0,6

Estos valores están dados por la norma IEC 60439-1 y las normas NF C 63421 y EN 60439-1.

Para evitar el uso de estos coeficientes, debe haber una buena ventilación y alejar los dispositivos mediante los elementos de espaciamiento art. 406 307 (0.5 module).

**Influencia de la altitud :**

	2000 m	3000 m	4000 m	5000 m
Resistencia dieléctrica	2000 V	2000 V	2000 V	1500 V
Tensión máxima de servicio	230 V	230 V	230 V	230 V
Reducción de potencia a 30 °C	no	no	no	no

**Funcionamiento en corriente continua :**

- . No utilizable en corriente continua

**Funcionamiento por debajo de 400 Hz :**

- . No utilizable por debajo de 400 Hz

**Resistencia a las vibraciones sinusoidales (según IEC 68.2.6) :**

- . Ejes : x / y / z
- . Frecuencia : de 10 a 55 Hz
- . Aceleración : 3 g (1 g = 9,81 m.s<sup>-2</sup>)

**Resistencia a los choques :**

- . De acuerdo a la norma EN 61008-1

## Interruptores Diferenciales Vivienda RX<sup>3</sup> 2P hasta 40 A

Artículo(s) : 4 020 56, 4 020 57, 4 020 59, 4 020 60

### 6. CONFORMIDADES Y APROBACIONES

#### Normas sobre los productos:

- . EN 61008-1 / IEC 61008-1
- . EN / IEC 60529 (IP)

#### Medio ambiente :

- . Respuesta a las directivas de la Unión Europea :
- . De acuerdo con la directriz 2002/95/CE del 27/01/03 llamada « RoHS » que prevé la prohibición de sustancias peligrosas tales como el plomo, el mercurio, el cadmio, el cromo hexavalente los retardantes de llama bromados o polibromobifenilos (PBB) et polibromodifenil éteres (PBDE) a partir del 1 de julio de 2006
- . De acuerdo a las directrices 91/338/CEE del 18/06/91 y el decreto 94-647 del 27/07/94

#### Utilización en condiciones particulares :

- . De acuerdo a la categoría C (temperatura de ensayo de -25°C a +70°C, resistencia a la niebla salina) según la clasificación definida en el anexo Q de la norma IEC/EN 60947-1

#### Materias plásticas :

- . Materias plásticas libres de halógenos.
- . Marcajes conformes a ISO 11469 y a ISO 1043.

#### Embalajes :

- . Diseño y confección de los embalajes de acuerdo con el decreto 98-638 del 20/07/98 y a la directriz 94/62/CE



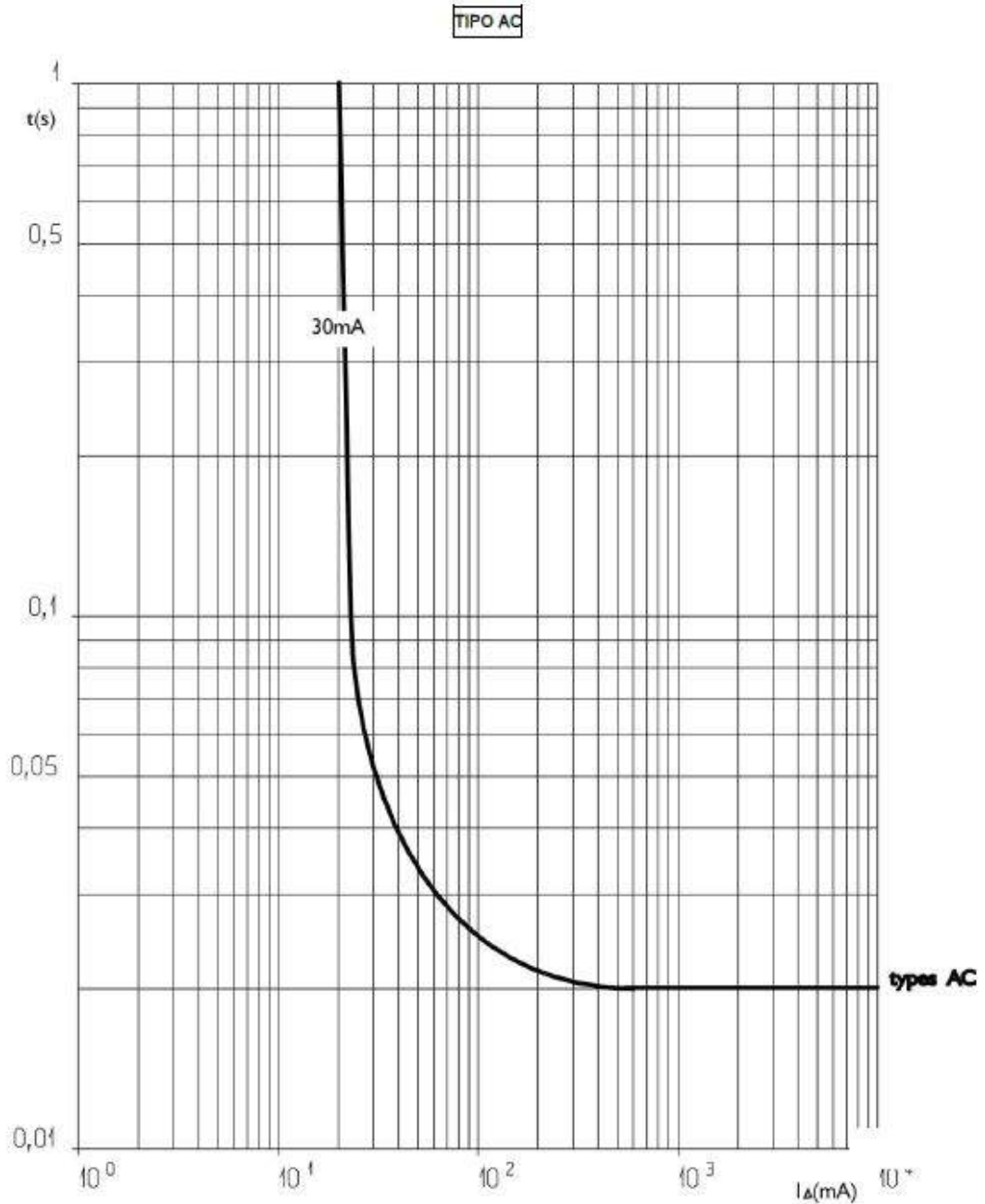
**Interruptores Diferenciales Vivienda  
RX<sup>3</sup> 2P hasta 40 A**

Artículo(s) : 4 020 56, 4 020 57, 4 020 59, 4 020 60

**7. CURVAS**

Curvas de disparos diferencial :

. Curva de tiempos de disparo en función del valor de corriente de defecto



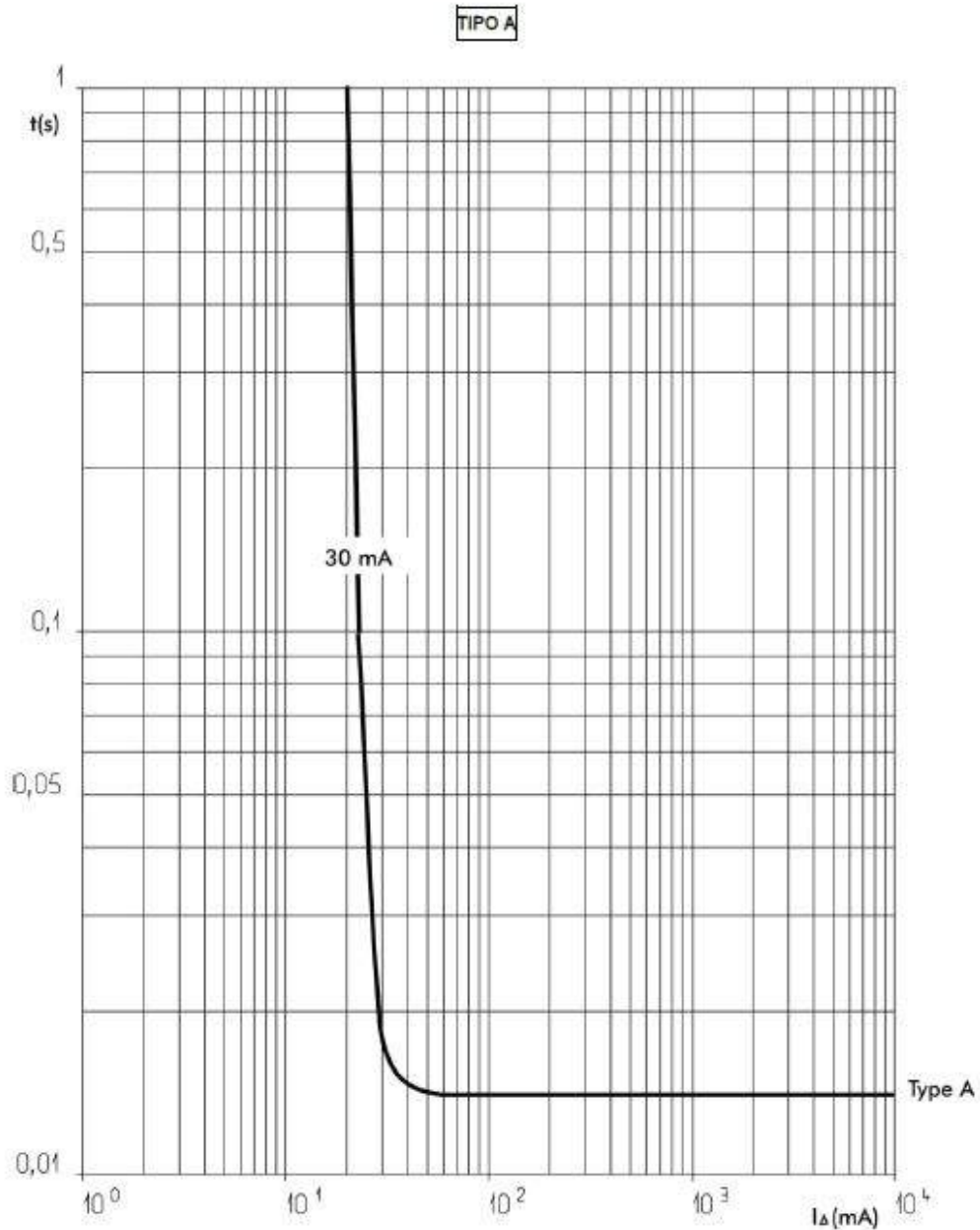
**Interruptores Diferenciales Vivienda  
RX<sup>3</sup> 2P hasta 40 A**

Artículo(s) : 4 020 56, 4 020 57, 4 020 59, 4 020 60

7. CURVAS (continuación)

Curvas de disparo diferencial :

. Curva de tiempos de disparo en función del valor de corriente de defecto




## Interruptores Diferenciales Vivienda RX<sup>3</sup> 2P hasta 40 A

Artículo(s) : 4 020 56, 4 020 57, 4 020 59, 4 020 60

---

### 8. SEGURIDAD

- Para vuestra seguridad, habéis equipado vuestra instalación eléctrica con una protección diferencial que debe ser revisada periódicamente. En ausencia de legislación nacional sobre la periodicidad, Legrand recomienda efectuarla todos los meses : pulsar sobre el botón «  », el dispositivo debe dispararse. En caso contrario, llamar inmediatamente a un electricista porque se reduce la seguridad de vuestra instalación.
- La presencia de la protección diferencial no exime de conocer todas las precauciones necesarias sobre el uso de la energía eléctrica





87045 LIMOGES Cedex

Telephone number: +33 (0)5 55 06 87 87 - Fax: +33 (0)5 55 06 88 88

**Disyuntor magnetotérmico RX<sup>3</sup> 6000 A hasta 40 A (1 módulo por polo)**

Artículo(s) : del 4 024 14 al 4 024 19, del 4 024 23 al 4 024 28

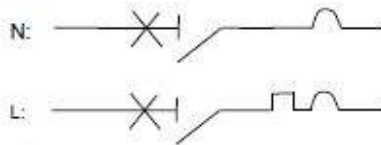


SUMARIO	PÁGINAS
1. Descripción, usos .....	1
2. Gama .....	1
3. Dimensiones .....	1
4. Puesta en práctica y conexión .....	1
5. Características generales .....	2
6. Conformidades y aprobaciones .....	5
7. Equipamiento y accesorios .....	5

**1. DESCRIPCIÓN - USOS**

Disyuntor magnetotérmico con indicación de contacto positivo para el control, la protección y el aislamiento de circuitos eléctricos.

Símbolo :



Tecnología :

- Dispositivo limitador de tensión
- 1 módulo (17.8 mm) por polo

**2. GAMA**

Corrientes nominales :

- 10 / 16 / 20 / 25 / 32 / 40 A

Polos :

- 1P+N, 2P - 1 módulo (17.8 mm) por polo

Curvas de disparo magnético :

- Curva C (entre 5 y 10 In)

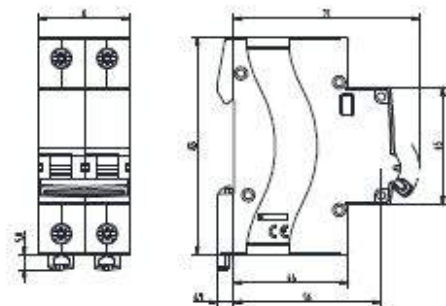
Tensión nominal / frecuencia :

- 1P+N 230 V ~ - 50 / 60 Hz con tolerancias estándar
- 2P 400 V ~ - 50 / 60 Hz con tolerancias estándar

Tensión máxima operativa :

- 1P+N 230 V ~ ± 10% (6 kA capacidad de rotura de acuerdo con IEC 60898-1)
- 2P 400 V ~ ± 10% (6 kA capacidad de rotura de acuerdo con IEC 60898-1)

**3. DIMENSIONES**



	X
1P+N / 2 P	35.6 mm

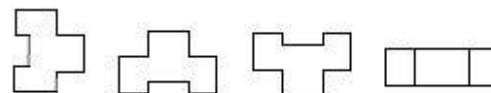
**4. PUESTA EN PRÁCTICA Y CONEXIÓN**

Fijación :

- En camil simétrico EN 60.715 o DIN 35

Posiciones de funcionamiento :

- Vertical horizontal boca abajo tumbado



Alimentación :

- desde la parte superior o inferior

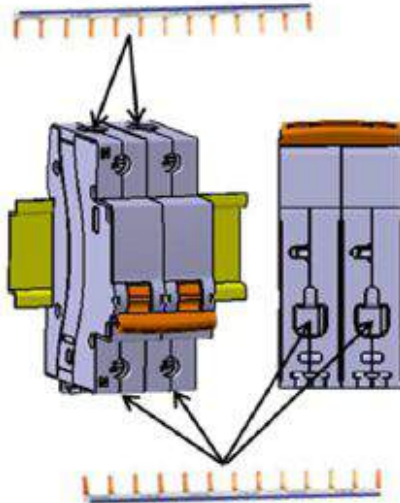
## Disyuntor magnetotérmico RX<sup>3</sup> 6000 A hasta 40 A (1 módulo por polo)

Artículo(s) : del 4 024 14 al 4 024 19, del 4 024 23 al 4 024 28

### 4. PUESTA EN PRÁCTICA Y CONEXIÓN *(continuación)*

**Conexión :**

- La posición de los terminales permite la alimentación mediante el peine por ambos lados.



- Terminales protegidos contra el contacto directo (IP 20 cuando los disyuntores están conectados)
- Bornas con tornillo de sujeción y desconectables.
- Profundidad de las bornas : 14 mm
- Capacidad del terminal :
  - cable de cobre flexible de 25 mm<sup>2</sup>
  - cable de cobre rígido de 25 mm<sup>2</sup>
- Cabeza del tornillo : de ranura y pozidriv n°2
- Esfuerzo de torsión recomendado : 2.5 Nm

**Herramientas requeridas :**

- Para los terminales : destornillador recomendado de 5.5 mm (6.5 mm máximo)
- Para fijación : destornillador recomendado de 5.5 mm (6 mm máximo)

**Tipo de conexión :**

- Cables de cobre

	Sin virola	Con virola
Cable rígido	1 x 1.6 mm <sup>2</sup> to 25 mm <sup>2</sup> 2 x 1.6 mm <sup>2</sup> to 10 mm <sup>2</sup>	
Cable flexible	1 x 1.6 mm <sup>2</sup> to 25 mm <sup>2</sup> 2 x 1.6 mm <sup>2</sup> to 10 mm <sup>2</sup>	1 x 1.6 mm <sup>2</sup> to 25 mm <sup>2</sup>

### 4. PUESTA EN PRÁCTICA Y CONEXIÓN *(continuación)*

**Precinto :**

- Posible en posición cerrada (ON) o en posición abierta (OFF)

**Accionamiento manual :**

- Mediante una manija de dos posiciones (I - O)

**Visualización del estado de los contactos :**

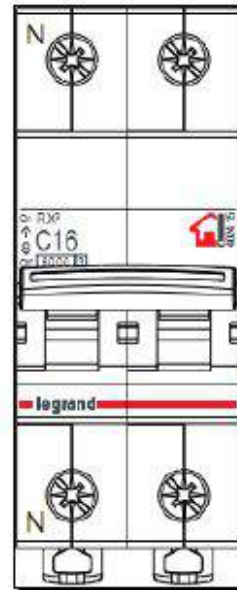
- A través de la posición de la manija y la impresión de la parte frontal.

- O-OFF = contactos abiertos
- I-ON = contactos cerrados

### 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES

**Marcaje de la parte frontal:**

- Mediante tampografía permanente
  - N° Artículo, logo casa, marca, nombre de la gama, curva, corriente nominal, capacidad de rotura, clase limitación...



**Marcaje de la parte superior :**

- Mediante tampografía permanente
  - Diagrama eléctrico, voltaje

**Marcaje de la parte lateral :**

- Curva, corriente nominal, código de barras y Copytracer

**Disyuntor magnetotérmico RX<sup>3</sup> 6000 A hasta 40 A (1 módulo por polo)**

Artículo(s) : del 4 024 14 al 4 024 19, del 4 024 23 al 4 024 28

**5. CARACTERÍSTICAS GENERALES (continuación)**

**Peso medio por polo :**  
 . 0.160 kg por polo

**Volumen y empaquetado :**

	Volumen (dm <sup>3</sup> )	Empaquetado
Doble polo	1.64	Por 5

**Potencia pulsada:**  
 . Uimp = 4 kV

**Tensión nominal de aislamiento :**  
 . Ui = 400 V

**Rigidez dieléctrica :**  
 . 2 000 V

**Distancia de aislamiento (distancia entre contactos) :**  
 . más de 5 mm con la manija en posición O

**Carga para cerrar y abrir un polo a través de la manija :**  
 . cierre : 8.5 N por polo  
 . apertura : 1.4 N por polo

**Vida mecánica :**  
 . 20 000 operaciones sin carga  
 . 10 000 operaciones con carga (In x Cos φ 0.9)

**Material plástico :**  
 . Poliéster

**Características del material plástico :**  
 . Resistencia al hilo incandescente durante 30 s de acuerdo con IEC 60 898-1 :  
 - Manija : 650°C  
 - Resto de componentes : 960°C

**Poder disipado en caso de incendio :**  
 . disponible a petición con las normas requeridas

**Grado de protección :**  
 . Clase de protección del terminal : IP20 de acuerdo con la norma IEC / EN 60529  
 . Clase de protección de la parte frontal : IP3XD  
 . Clase II, parte frontal detrás de la placa frontal del armario eléctrico  
 . Protección contra choques mecánicos : IK04 de acuerdo con la norma EN 50102

**5. CARACTERÍSTICAS GENERALES (continuación)**

**Resistencia a la vibración sinusoidal :**

- . Cumpliendo con la norma IEC 68 2.6
- Ejes : x, y, z
- Frecuencia : de 10 a 55 Hz durante 30 min
- Aceleración : 3 g (1 g = 9.81 m.s<sup>-2</sup>)
- . Sin cambio del estado de los contactos durante la prueba de agitación de acuerdo con la norma EN 60898-1

**Resistencia a cortocircuitos :**

. Red monofásica o trifásica (50 / 60 Hz AC).

		Voltaje	Curva C	
			1P+N	2P
De acuerdo con IEC 60 898-1	Icn	230 V ~	6 kA	6 kA
		400 V ~	-	6 kA
De acuerdo con IEC 60 947-2	Icu	230V ~	6 kA	6 kA
		400 V ~	-	6 kA
	Ics	230 V ~	100 % Icu	100 % Icu
		400 V ~	-	100 % Icu

- . Icn1 = 6 kA a 230 V, donde Icn1 es la capacidad de rotura de un polo en los disyuntores multipolares en caso de cortocircuito a tierra. Excepto polo neutro.
- . Capacidad de rotura de un sólo polo por debajo de 400 V (red IT) = 1.5kA. Excepto polo neutro.
- . Capacidad de rotura de un sólo polo por debajo de 230 V (red IT) = 6 kA. Excepto polo neutro.

**Poder disipado :**

. Por polo, en In, en vatios

Corriente nominal	10 A	16 A	20 A	25 A
Curva C	1.2 W	2.0 W	2.2 W	2.3 W

Corriente nominal	32 A	40 A
Curva C	3.4 W	3.7 W

. Z (impedancia en Ohmios por polo) = P disipado / (corriente nominal)<sup>2</sup>

**Temperatura ambiente de funcionamiento :**

. Mínima = -25°C Máxima = +60°C (ver tabla de reducción de potencia)

**Temperatura ambiente de almacenaje :**

. Mínimo = -25°C Máximo = +60°C



**Disyuntor magnetotérmico RX<sup>3</sup> 6000 A hasta 40 A (1 módulo por polo)**

Artículo(s) : del 4 024 14 al 4 024 19, del 4 024 23 al 4 024 28

**5. CARACTERÍSTICAS GENERALES** *(continuación)*

**Reducción de potencia del disyuntor según la temperatura ambiente :**

. Los disyuntores están programados para funcionar según In a 30°C de temperatura ambiente.

. Estas características nominales pueden cambiar dependiendo de la temperatura ambiente que haya dentro del recinto donde está instalado.

In	Temperatura ambiente / In (en A)									
	- 25 °C	- 10 °C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
10 A	12.5	11.5	11.1	10.7	10.3	10	10	10	9	8.7
16 A	20	18.7	18	17.3	16.6	16	16	16	14.1	13.5
20 A	25	23.2	22.4	21.6	20.8	20	20	20	17.6	16.8
25 A	31.5	29.5	28.3	27.2	26	25	25	25	21.7	20.7
32 A	41	37.8	36.5	34.9	33.3	32	32	32	27.8	26.5
40 A	51	48	46	44	42	40	40	40	34	32

Temperatura nominal : 30°C

Corriente : valor medio en Amperios

**Reducción de potencia de los disyuntores en función del número de dispositivos yuxtapuestos:**

. Cuando varios interruptores diferenciales se yuxtaponen y funcionan simultáneamente, la disipación de calor puede limitarse y la temperatura de los disyuntores puede incrementarse lo suficiente para producir un disparo intempestivo. Dependiendo de la temperatura ambiente que haya dentro del recinto, puede que sea necesario disminuir la capacidad de los disyuntores de acuerdo con la tabla de abajo (normativas IEC/EN 60439). Con el fin de evitar usar estos coeficientes de reducción de potencia, se usan elementos de espaciamiento art. 4 063 07 (0.5 módulos).

Número de disyuntores yuxtapuestos	Coefficiente
2 o 3	1
4 o 5	0.8
De 6 a 9	0.7
Más de 10	0.6

**Disyuntor magnetotérmico RX<sup>3</sup> 6000 A hasta 40 A (1 módulo por polo)**

Artículo(s) : del 4 024 14 al 4 024 19, del 4 024 23 al 4 024 28

**6. CONFORMIDADES Y APROBACIONES**

**Cumplimiento con las normas :**

. EN 60898-1 / IEC 60898-1

« Interruptores para instalaciones fijas domésticas – 2<sup>da</sup> sección : requisitos especiales for interruptores remotos controlados electromagnéticamente (interruptores por control remoto) »

**Certificados :**

. de acuerdo con la norma IEC 60898-1

**Tropicalización :**

. de acuerdo con IEC 68-2:

- clima variable (C°/RH): 23/83 - 40/93 - 55/20
- clima constante (C°/RH): 25/95 - 55/95

**Medio ambiente :**

. Cumpliendo con RoHS. Los disyuntores RX<sup>3</sup> no contienen las sustancias identificadas por la directiva Europea 2002/95/CE del 27 de Enero de 2003 relativa a la restricción de sustancias peligrosas en el equipamiento eléctrico y electrónico (RoHS).

. sin halógeno ni silicona

. se cumple con la DEEE

**Metales preciosos :**

. 0,138 g de plata por polo ( I<sub>n</sub>≥32A )

. Sin oro

**7. EQUIPAMIENTO Y ACCESORIOS**

**Accesorios de cableado :**

. Peines de alimentación

**Lista de auxiliares :**

. Sin auxiliares :

**Módulos adicionales :**

. Sin módulos adicionales

## ANEXO B. SIMULACIÓN SISIFO



## Operation analysis of the PFC\_Yuncos PV plant

### 1 - INPUT DATA

#### 1-1 Geographic data

Site	Yuncos
Latitude	40.0915°
Longitude	-3.9033°
Altitude	596 m

#### 1-2 Radiation and ambient temperature

Gdm0	Monthly mean values of global horizontal daily irradiation
TMm	Monthly mean values of maximum daily temperature
Tmm	Monthly mean values of minimum daily temperature

Month	Gdm0 (Wh/m <sup>2</sup> )	TMm(°C)	Tmm
January	3150	11.5	6.4
February	3830	14	8.3
March	5230	18.1	11.6
April	5520	19.9	13.5
May	6490	24.2	17.6
June	7180	30.5	23.2
July	7710	34.6	26.8
August	7260	34	26.3
September	5860	29	22
October	4520	22.1	16.1
November	3100	15.6	10.5
December	2560	11.6	7.1

#### 1-3 PV modules

Type of cells	Si-c
Power temperature coefficient	0.29 %/°C
Nominal Operation Cell Temperature	41.5°C
Material bandgap	1.12 eV

#### 1-4 PV generator

Nominal power	6.9 kWp
Nominal power per inverter	6.9 kWp
Nominal power per transformer	0 kWp
Real power versus nominal power	1





## Operation analysis of the PFC\_Yuncos PV plant

### 1-5 Inverter

Model	SC100
Nominal power	5 kW
Efficiency parameters:	
Ki0	0.0046
Ki1	0.0075
Ki2	0.0093

### 1-6 Transformer LV/MV

Nominal power	0 kW
No-load losses	0 kW
Copper losses	0 kW

### 1-7 Wiring

DC wiring losses	1.5 %
AC wiring losses	0 %

### 1-8 Other parameters

Reflectivity of ground	0.2
Irradiance threshold	0 W/m <sup>2</sup>

### 1-9 Simulation options

Tracking	1-Static structure on ground/roof
Dirtiness degree	2-Low dirtiness degree (2%)
Optimum slope	0-No
Simulation step	3600 s
Spectral response	1-Yes
KDd-KTd correlation	1-Page
KDh-KTh correlation	--
Diffuse model	2-Anisotropic (Hay)
Input data	1-Monthly average (Manual input)
Shading model	4-Martinez et al.
Uncertainty parameters:	
Irradiation input database	5 %
Yearly variability	1 %
Long-term drift	0 %
Transposition models and cell temperature	4 %
Power response	2 %
Initial PV power	2 %
PV power degradation	0 %



## Operation analysis of the PFC\_Yuncos PV plant

---

### 1-10 PV generator geometry

Number of by-pass diodes in horizontal	2
Number of by-pass diodes in vertical	2
Static structure on ground/roof	
Ground/roof inclination	20°
Ground/roof orientation	17°
Generator inclination	0°
Generator orientation	0°
Separation among structure rows in N-S direction	1.5
Generator width in E-W direction	1.49
Deviation of back structure towards W regarding front structure	0



## Operation analysis of the PFC\_Yuncos PV plant

### 2 - SIMULATION RESULTS

#### 2-1 Yearly parameters

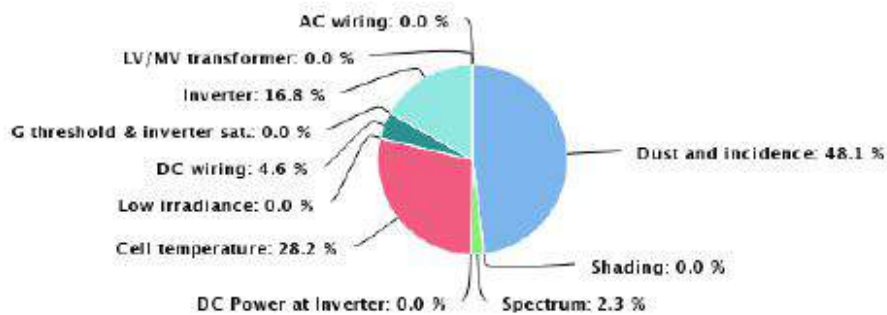
<b>Irradiation, in kWh/m<sup>2</sup></b>	
Horizontal	1902
Incident	2235
Effective (dust and incidence)	2094
Effective with shading	2094
Effective with shading and spectrum	2088
<b>Energy yields, in kWh/kWp</b>	
DC	1999
AC in LV	1954
AC in MV	1954
<b>Performance ratios, PR, in %</b>	
DC	89.4
AC in LV	87.5
AC in MV	87.5
<b>Losses, in %</b>	
Capture	10.6
System	2
<b>BOS efficiency, in %</b>	98
<b>Confidence Levels</b>	
Combined uncertainty, in %	7.1
P50, in kWh/kWp	1954
P75, in kWh/kWp	1861
P90, in kWh/kWp	1777



## Operation analysis of the PFC\_Yuncos PV plant

Breakdown losses (relative for each step), in %	
Dust and incidence	6.3
Shading	0
Spectrum	0.3
Power at the inverter input	0
Seasonal	0
Cell temperature	3.7
Low irradiance	0
DC wiring	0.6
Irradiance threshold and inverter saturation	0
Inverter	2.2
LV wiring	0
LV/MV transformer	0

Breakdown losses



Highcharts.com

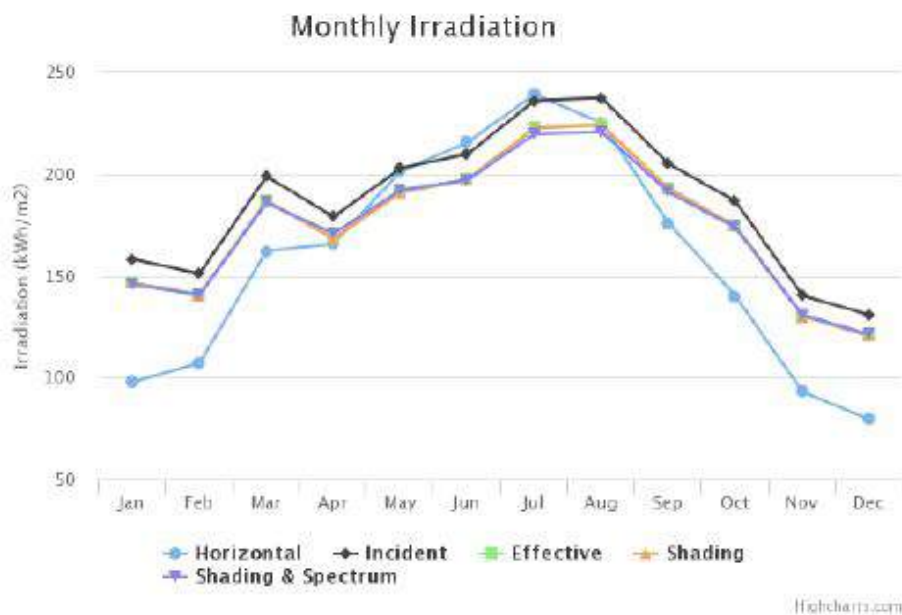


## Operation analysis of the PFC\_Yuncos PV plant

### 2-2 Daily parameters

Irradiation, in kWh/m<sup>2</sup>

Month	Horizontal	Incident	Effective	Shading	Sh. & spectrum
January	97.7	158.1	146.4	146.4	145.6
February	107.2	151	140.5	140.5	140.7
March	162.1	198.8	186.8	186.8	185.8
April	165.6	178.9	168.2	168.2	170.6
May	201.2	202.7	190.8	190.8	192.1
June	215.4	209.7	197.3	197.3	197
July	239	235.9	222.4	222.4	219.5
August	225.1	237.3	224	224	220.6
September	175.8	205	192.9	192.9	191.1
October	140.1	186.6	174.4	174.4	173.6
November	93	140.2	130.2	130.2	130.7
December	79.4	130.7	120.4	120.4	121.2

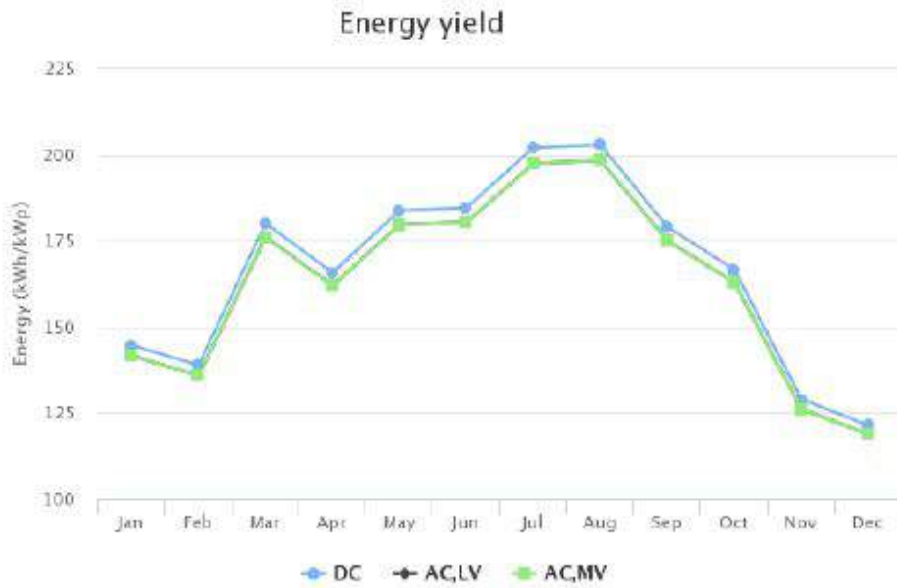




## Operation analysis of the PFC\_Yuncos PV plant

Energy yields, in kWh/kWp

Month	DC	AC,LV	AC,MV
January	144.7	141.7	141.7
February	138.9	135.8	135.8
March	180.1	176.1	176.1
April	165.7	162	162
May	183.8	179.7	179.7
June	184.6	180.4	180.4
July	202	197.4	197.4
August	202.8	198.3	198.3
September	179	175	175
October	166.6	162.9	162.9
November	129	126.2	126.2
December	121.4	118.8	118.8



Highcharts.com

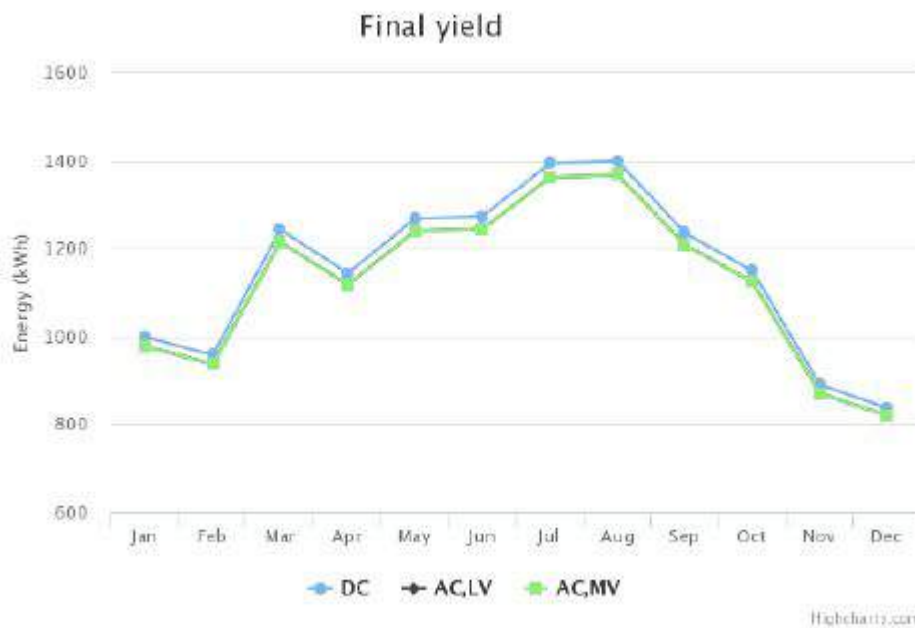




## Operation analysis of the PFC\_Yuncos PV plant

### Final yields, in kWh

Month	DC	AC, LV	AC, MV
January	999	978	978
February	958	937	937
March	1243	1215	1215
April	1144	1118	1118
May	1268	1240	1240
June	1274	1245	1245
July	1394	1362	1362
August	1399	1368	1368
September	1235	1208	1208
October	1149	1124	1124
November	890	871	871
December	838	820	820





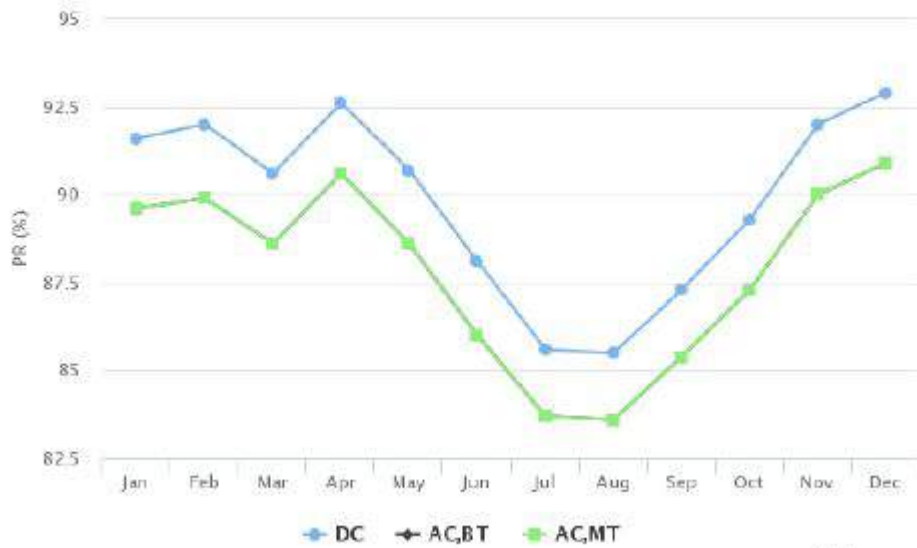


## Operation analysis of the PFC\_Yuncos PV plant

Performance ratios, PR, in %

Month	DC	AC,LV	AC,MV
January	91.6	89.6	89.6
February	92	89.9	89.9
March	90.6	88.6	88.6
April	92.6	90.6	90.6
May	90.7	88.6	88.6
June	88.1	86	86
July	85.6	83.7	83.7
August	85.5	83.6	83.6
September	87.3	85.4	85.4
October	89.3	87.3	87.3
November	92	90	90
December	92.9	90.9	90.9

Performance ratios, PR



Highcharts.com