



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Análisis de la normativa de conexión a red de inversores fotovoltaicos.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Tomás León Morales
Directora: Dra. María Esther de Jódar Bonilla
Codirector: Dr. José Antonio Villarejo Mañas

Cartagena, a 28 de Agosto de 2021



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Agradecimientos

Agradecer a mi directora y codirector por el apoyo durante la realización del presente trabajo fin de máster.

Resumen

El presente trabajo fin de máster pretende servir al alumno como medio para llegar a la comprensión de los fundamentos de diseño y seguridad sobre la normativa actual vigente en el campo de la electrónica de potencia en la energía fotovoltaica.

Para ello se lleva a cabo una revisión de una serie de normas sobre inversores de conexión a red de distribución para instalaciones fotovoltaicas con la finalidad de analizar varios inversores comerciales de marcas destacadas y observar cómo cumplen con la normativa europea. En concreto, este trabajo se centra en las medidas de seguridad y peligros de la energía en los inversores fotovoltaicos.

ÍNDICE

1	Introducción.....	16
1.1	Motivación.....	16
1.2	Objetivos.....	17
1.3	Resumen de capítulos.....	17
1.4	Definiciones y abreviaturas.....	17
1.5	Inversor modulado.....	19
1.5.1	Modulación SPWM.....	19
1.5.2	Modulación trifásica.....	22
1.5.3	Aislamiento en inversores.....	23
2	Resumen UNE 206007-1 IN: Inversores para conexión a la red de distribución.....	26
2.1	Campo de aplicación.....	26
2.2	Términos y definiciones.....	26
2.3	Requisitos técnicos.....	26
2.3.1	Inyección de CC en la red.....	26
2.3.2	Comportamiento ante fallo de aislamiento.....	27
2.3.3	Detección de corrientes de defecto a tierra.....	27
2.3.4	Desconexión por tensión y frecuencia.....	28
2.3.5	Reconexión automática.....	29
2.3.6	Detección de funcionamiento en isla.....	29
2.3.7	Generación de sobretensiones.....	29
2.3.8	Calidad de red.....	31
2.3.9	Reconexión fuera de sincronismo.....	32
3	Resumen UNE 62109-1 y 62109-2: Seguridad en los convertidores de potencia en sistemas fotovoltaicos. 34	
3.1	Campo de aplicación.....	34
3.2	Requerimientos generales de ensayos.....	34
3.2.1	Condiciones ambientales de ensayo.....	34
3.2.2	Condición de la fuente de alimentación del ensayo.....	34
3.2.3	Puertos de alimentación del FV y baterías.....	35
3.2.4	Condición de carga para los puertos de salida.....	35
3.2.5	Ensayos térmicos.....	35
3.2.6	Ensayos en condición de fallo simple.....	37
3.2.7	Tensión y frecuencia en la salida CA de inversores autónomos.....	38
3.2.8	Ensayos adicionales para inversores conectados a red.....	39
3.3	Marcado y documentación.....	42

3.4	Condiciones y requisitos ambientales.....	43
3.5	Protección contra choque eléctrico y peligro de la energía.....	44
3.5.1	Protección contra choque eléctrico.....	44
3.5.2	Protección contra contactos directos.....	47
3.5.3	Protección en caso de contacto directo.....	49
3.5.4	Protección contra contactos indirectos.....	52
3.5.5	Compatibilidad con dispositivos de Detección (RCD) y Vigilancia (RCM) de corriente residual. ..	62
3.5.6	Protección contra los peligros de la energía.....	63
3.5.7	Pruebas eléctricas relacionadas con el choque eléctrico.....	64
3.5.8	Protección contra riesgos de incendio.....	70
3.6	Requisitos físicos.....	72
3.6.1	Disposición para las conexiones externas.....	72
3.6.2	Cableado interno y conexiones.....	73
3.7	Otros Peligros y requisitos.....	74
3.7.1	Protección contra riesgos mecánicos.....	74
3.7.2	Protección contra riesgos de presión sonora.....	74
3.7.3	Protección contra los riesgos de líquidos.....	74
3.7.4	Peligros químicos.....	74
3.7.5	Componentes.....	75
4	Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red. Inversores.....	76
4.1	Campo de aplicación.....	76
4.2	Componentes.....	76
4.2.1	Inversores.....	76
5	Revisión de comerciales.....	78
5.1	Inversor SUN2000 de Huawei. Series 90KTL, 95KTL, 100KTL, 105KTL.....	78
5.1.1	Especificaciones del modelo.....	78
5.1.2	Funcionalidad hombre-maquina.....	80
5.1.3	Códigos de alarma.....	81
5.2	Inversor Fronius Primo 3.0-1/3.5-1/3.6-1/4.0-1/4.6-1/5.0-1 AUS/5.0-1/5.0-1SC/6.0-1/8.2-1.....	83
5.2.1	Especificaciones del modelo.....	83
5.2.2	Nivel de menú.....	84
5.2.3	Códigos de alarma.....	84
5.3	Inversor SMA STP 100-60 y 110-60.....	86
5.3.1	Especificaciones del modelo.....	86
5.3.2	Códigos de alarma.....	87
6	Conclusiones y vías de trabajos futuros.....	88
6.1	Conclusiones.....	88

6.2	Vías de avance futuras.....	88
7	Referencias bibliográficas.....	90
8	Anexos.	92
8.1	Anexo I. Certificado de conformidad SUN2000.....	92
8.2	Anexo II. Certificado de conformidad Fronius Primo.	95
8.3	Anexo III. Certificado de conformidad SMA STP 100-60 y 110-60.	96

TABLAS

Tabla 1. Condiciones de ensayo de tensión/frecuencia. [5].....	28
Tabla 2. Caracterización por defecto de la protección de interfaz. [5]	29
Tabla 3. Sobretensiones máximas admisibles para inversores del grupo 1. [5].....	30
Tabla 4. Sobretensiones máximas admisibles para inversores del grupo 2. [5].....	30
Tabla 5. Límites de temperatura totales para transformadores, inductancias y otras bobinas y sus sistemas de aislamiento. [6].....	36
Tabla 6. Límites de temperatura total de los materiales y componentes cuando no existen calificaciones del fabricante y no existen normas de componentes. [6].....	36
Tabla 7. Límites de temperatura total de contacto para superficies accesibles. [6].....	37
Tabla 8. Requisitos basados en el aislamiento del inversor y la matriz conectada a tierra. [6].....	40
Tabla 9. Límites de tiempo de respuesta para cambios rápidos en la corriente residual. [7]	42
Tabla 10. Categorías medioambientales, condiciones ambientales y requisitos de ensayo. [6]	43
Tabla 11. Reducción del grado de contaminación del ambiente interno mediante el uso de protección adicional. [6].....	44
Tabla 12. Resumen de los límites de las clases de tensión decisivas. [6].....	45
Tabla 13. Ejemplos de aplicación de aislamiento y separación. [6]	45
Tabla 14. Aislamiento entre partes accesibles aisladas de tierra y circuitos de clase DVC-A o B adyacentes a circuitos de clase DVC-B o C. [6]	48
Tabla 15. Los valores de capacitancia accesible y tensión de carga (umbral del dolor). [6]	51
Tabla 16. Duración del ensayo para el ensayo de la conexión de protección. [7]	56
Tabla 17. Tensión de aislamiento para circuitos de baja tensión. [6]	58
Tabla 18. Distancias de aislamiento. [6]	59
Tabla 19. Factor de corrección para las distancias de aislamiento a altitudes superiores a 2000 m. [6]	60
Tabla 20. Líneas de fuga (mm). [6]	61
Tabla 21. Valor de la corriente de actuación. [7]	62
Tabla 22. Ensayo de impulso de tensión. [6]	65
Tabla 23. Tensión del ensayo de impulso. [6]	66
Tabla 24. Tensión de ensayo CA o CC para circuitos conectados directamente a la red. [6].....	67
Tabla 25. Tensión de ensayo CA o CC para circuitos no conectados directamente a la red. [6]	67
Tabla 26. Ensayo de descargas parciales. [6].....	69
Tabla 27. Límites de las fuentes de energía inherentemente limitada. [6].....	71
Tabla 28. Límites para fuentes de energía no inherentemente limitados. [6].....	71
Tabla 29. Tamaño de los conductores. [6]	73
Tabla 30. Alarmas SUN2000.	82
Tabla 31. Alarmas FRONIUS PRIMO.....	85

FIGURAS

Figura 1. Generación eléctrica en la península. [2]	16
Figura 2. Inversor PWM bipolar de medio puente. [3].....	19
Figura 3. Valor de pico (normalizado) de la fundamental en función de m_a para $m_f = 15$. [3].....	20
Figura 4. Funcionamiento de un PWM medio puente. [3].....	20
Figura 5. Tensión de salida de inversor bipolar. [3]	21
Figura 6. Tensión a la salida (V_{AB}) con control unipolar y $m_a = 0,8$. [3]	21
Figura 7. Contenido armónico inversor PWM con modulación bipolar (arriba) y unipolar (abajo). [3]	22
Figura 8. Topología de inversor trifásico de 3 ramas (unión de 3 inversores monofásicos) junto con las tensiones de línea entre fases. [4]	22
Figura 9. Tensión de línea entre fases. [4].....	23
Figura 10. Inversor sin transformador con capacidad parasita. [4].....	23
Figura 11. Inversor H5 (SMA) sin transformador con aislamiento con transistor (S5). [4]	24
Figura 13. Uso de aislamiento con transformador de baja frecuencia (arriba) y alta frecuencia (abajo). [4]	24
Figura 12. Ejemplo de inversor de FV aislado con transformador. [6].....	25
Figura 14. Circuito de ensayo para inversores del grupo 1. [5].....	31
Figura 15. Circuito de ensayo para inversores del grupo 2. [5].....	31
Figura 16. Esquema de ensayo para la comprobación de la robustez del inversor frente a una reconexión fuera de sincronismo. [5]	32
Figura 17. Esquema de ensayo para la comprobación de la robustez del inversor frente a una reconexión fuera de sincronismo. [5].....	33
Figura 18. Típica forma de onda de una tensión de trabajo de corriente alterna. [6].....	46
Figura 19. Forma de onda típica para una tensión de trabajo de CC. [6].....	46
Figura 20. Típica forma de onda de tensión de trabajo pulsante. [6]	46
Figura 21. Ejemplos de protección contra contactos directos para los circuitos de DVC-C. [6]	48
Figura 22. Protección mediante DVC-A con una separación de protección. [6]	49
Figura 23. Instrumento de medida. [8].....	50
Figura 24. Protección por medio de impedancia de protección. [6]	50
Figura 25. Protección por limitación de la energía de descarga. [6]	51
Figura 26. Protección por medio de limitación de tensión. [6].....	52
Figura 27. Ejemplo de conexión de protección y de puesta a tierra. [6].....	53
Figura 28. Ensayo de la impedancia de la conexión de protección para una unidad independiente que se alimenta desde el ECP, con protección de sobreintensidad en el cable de alimentación. [6].....	54
Figura 29. Ensayo de impedancia de la conexión de protección para la unidad separada con partes accesibles y con la potencia alimentada desde el ECP, sin protección contra la sobreintensidad. [6]	55
Figura 30. Ejemplo de un inversor FV sin transformador. [6]	57
Figura 31. Circuito de ensayo para la verificación del funcionamiento correcto de los RCM en caso de corriente residual diferencial pulsante. [7]	63
Figura 32. Función de la tensión de ensayo. [9].....	64
Figura 33. Procedimientos de ensayo de tensión. [6]	68
Figura 34. Inversor SUN2000. [10].....	78
Figura 35. Diagrama conceptual. [10]	79
Figura 36. Modos de operación. [10]	80
Figura 37. Inversor Fronius Primo. [11].....	83

Figura 38. Inversor STP 100-60 SMA. [12]86

1 Introducción.

Este capítulo sirve de introducción para este trabajo fin de máster. En él se expone la motivación de su realización, objetivos a cumplir para su desarrollo y un resumen de la composición completa del trabajo. También se realiza una breve introducción sobre el concepto de inversor bipolar y unipolar

1.1 Motivación.

Como estudiante de máster en energías renovables, tengo interés en el campo de la generación eléctrica mediante el uso de energías renovables ,especialmente en el caso de la energía fotovoltaica en España.

Dentro del sistema energético español, la energía solar fotovoltaica representa una parte importante de la generación eléctrica como se puede ver en la Figura 1. Además, la potencia fotovoltaica instalada en España asciende hasta casi los 12 MW, de un total de 59 MW de potencia total en energías renovables On Grid,según el informe de IRENA sobre estadísticas de capacidad de 2020 [1], lo que recalca la importancia de esta tecnología y la necesidad de conocer la normativa actual vigente.

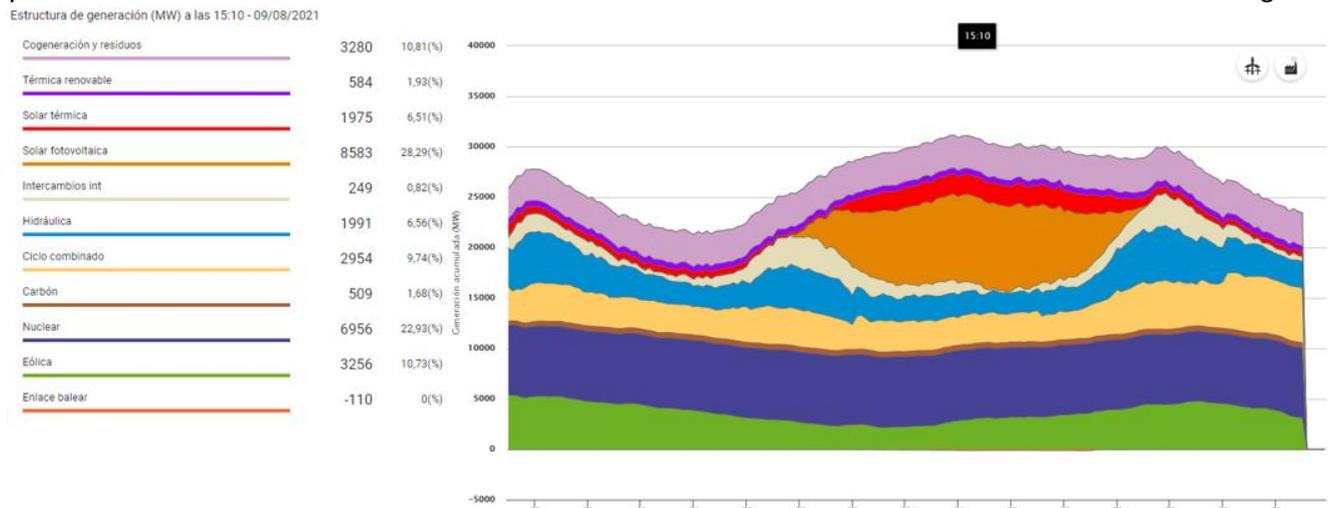


Figura 1. Generación eléctrica en la península. [2]

Las instalaciones de energía fotovoltaica pueden variar según sean para autoconsumo o generación, tamaño de la instalación, ubicación y otras variables, pero todas poseen en común un generador fotovoltaico y una etapa de conversión y acondicionamiento de potencia.

Durante este trabajo, se ha decidido centrarse en la aplicación de generación para red de distribución, donde dentro de la etapa de conversión de potencia, el convertidor DC/AC, un inversor, resulta el núcleo central en la electrónica de potencia.

La motivación de este trabajo surge por la necesidad de someter un inversor fotovoltaico a todas las pruebas y ensayos pertinentes, en lo que respecta a la seguridad del mismo, para asegurar su correcto funcionamiento y su cumplimiento con la respectiva normativa vigente.

1.2 Objetivos.

El objetivo final del proyecto consiste en la revisión y análisis de la normativa europea sobre inversores fotovoltaicos y un posterior análisis a distintos inversores comerciales para conexión a redes de distribución. De este modo se sientan las bases para el diseño de este. Para lograr este objetivo será necesario cumplir con una serie de subobjetivos descritos a continuación:

- Adquirir los conocimientos necesarios sobre diseño, seguridad y conexión a red de inversores en instalaciones de generación fotovoltaicas.
- Analizar la normativa europea y española sobre inversores modulados, armónicos, medidas de seguridad y ensayos a realizar.
- Elaborar un resumen de la normativa más relevante respecto a inversores fotovoltaicos en conexión a red de distribución.
- Analizar como varios inversores fotovoltaicos de distintos comerciales cumplen con la normativa expuesta.

1.3 Resumen de capítulos.

El presente trabajo fin de estudios se divide en un total de 6.

El primer capítulo sirve de introducción al trabajo. En él se exponen los distintos objetivos a lograr y un resumen del funcionamiento del inversor modulado.

En el segundo capítulo se desarrolla el resumen de la Norma UNE 206007-1 IN sobre inversores para conexión a red de distribución.

En el tercer capítulo se desarrolla el resumen de las Normas UNE 62109-1 y 2 sobre la seguridad en inversores para conexión a red de distribución.

En el cuarto capítulo se desarrolla el resumen sobre el pliego de condiciones para instalaciones fotovoltaicas.

En el quinto capítulo se lleva a cabo el análisis de 3 inversores fotovoltaicos comerciales.

En el sexto capítulo se exponen las conclusiones finales del trabajo y posibles vías de trabajo futuras.

1.4 Definiciones y abreviaturas.

Choque eléctrico: Descarga eléctrica que puede suponer un riesgo para el bienestar del personal de operación.

Hueco de tensión: Disminución temporal de tensión de red.

Funcionamiento en isla: Modo de desconexión del inversor de la red. En este modo de generación, la electricidad generada se consume directamente de manera aislada o se almacena, sin verter a una red de distribución. Este modo de funcionamiento del inversor se produce debido a un fallo eléctrico.

CC: Corriente continua

CA: Corriente alterna

fp: factor de potencia

ECP: Equipo de conversión de potencia

FV: Sistema fotovoltaico

ESE: Equipo sometido a ensayo

Isc: Corriente de cortocircuito

Conductor de protección (PE): Conductor entre ciertos elementos de la instalación con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Termopar: Sensor de temperatura basado en la conexión de dos conductores.

Condición de fallo simple: Condición en la que uno de los medios de protección falla, lo que podría causar un peligro.

Aislamiento funcional: Aislamiento necesario para asegurar el funcionamiento normal de un aparato y la protección fundamental contra los contactos directos.

Aislamiento reforzado: Equivalente a un doble aislamiento.

Aislamiento suplementario: Aislamiento independiente aplicado además del aislamiento principal, con el fin de asegurar la protección contra el choque eléctrico en el caso de un fallo del aislamiento principal.

Doble aislamiento: Aislamiento funcional con un segundo aislamiento de protección, de manera que en condición de fallo simple, ninguna parte metálica accesible pueda quedar en tensión.

Línea de fuga: Distancia entre 2 conductores a través de una superficie.

Equipo enchufable tipo A: Equipo destinado para la conexión a los cables de la instalación del edificio mediante una clavija y toma de corriente no industriales o un equipo de conexión no industrial, o ambas.

Equipo enchufable tipo B: Equipo destinado para la conexión a los cables de la instalación del edificio mediante una clavija y toma de corriente industriales.

PWB: Tabla de circuito impreso.

CTI: Índice de seguimiento comparativo de un material.

OCV: Categoría de sobretensión.

SPD: Sistema de protección contra sobretensión.

Corriente residual: Corriente a tierra.

RCD: Dispositivo de corriente residual.

RCM: Monitorización de corriente residual.

Sistema de conexión TN: Tiene un punto directamente conectado a tierra, con las partes accesibles conductoras unidas a ese punto por conductores de protección.

THD: Grado de distorsión armónica.

$I_{\Delta N}$, Corriente diferencial residual de funcionamiento asignada: Valor de corriente diferencial residual de funcionamiento, establecido al RCM por el fabricante, para el cual debe funcionar en condiciones específicas.

DSO: Operador de sistema de distribución.

ON GRID: Inversor de conexión a red.

OFF GRID: Inversor de funcionamiento en sistemas aislados.

MPPT (Maximum Point Power Tracker): Seguidor del Punto de máxima potencia.

IP (Ingress Protection): Índice de protección (Norma IEC 60529).

PWM (pulse width modulation): Modulación de ancho de pulso

SPWM: Modulación de ancho de pulso senoidal monofásica.

1.5 Inversor modulado.

En el campo de la electrónica de potencia, los inversores son convertidores que transfieren potencia de una fuente de continua a una carga de alterna. Existen 2 tipos de inversor, modulados y no modulados.

Los sistemas no modulados, aunque son muy sencillos de implementar, tienen un gran número de desventajas:

- La tensión obtenida presenta una distorsión elevada.
- Necesitan filtros voluminosos.
- Las frecuencias de corte de los filtros son tan bajas que dificultan el funcionamiento a distintas frecuencias.

Estas son debido a la proximidad de los armónicos a la fundamental. Para solucionar estas desventajas se hace uso de inversores modulados (PWM). En estos inversores, la amplitud de la tensión de salida se puede controlar por medio de formas de onda moduladas.

1.5.1 Modulación SPWM.

El caso de la modulación PWM-seno (SPWM) presenta las siguientes ventajas:

- Reducción de los requerimientos de filtro para reducir los armónicos
- Control de la amplitud de salida.

Las desventajas de estos circuitos resultan ser que los circuitos de control de los interruptores son más complejos y que hay unas mayores pérdidas debidas a una conmutación más frecuente.

El control de la tensión de salida requiere el uso de una señal de referencia, señal de control o moduladora (en el caso de SPWM es una senoidal), y una señal portadora, normalmente una señal triangular o de sierra, que controla la frecuencia de conmutación.

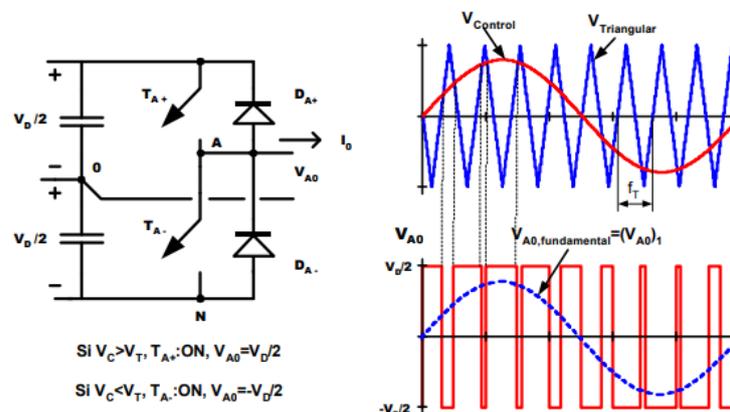


Figura 2. Inversor PWM bipolar de medio puente. [3]

Dentro de los inversores modulados en seno se define como el índice de modulación en frecuencia, m_f , a la relación entre la frecuencia de la señal portadora con respecto a la frecuencia de la señal de control.

$$m_f = \frac{f_t}{f_c} \begin{cases} m_f > 21, \text{ inversores muy modulados} \\ m_f < 21, \text{ inversores poco modulados} \end{cases}$$

También se define como índice de modulación en amplitud, m_a , a la relación entre la amplitud de la señal de control con respecto a la amplitud de la onda portadora, siendo el sistema lineal para $m_a < 1$, como se puede ver en la Figura 3.

$$m_a = \frac{V_t}{V_c} \begin{cases} m_a > 1, \text{ Sistema sobremodulado} \\ m_a < 1, \text{ Sistema modulado} \end{cases}$$

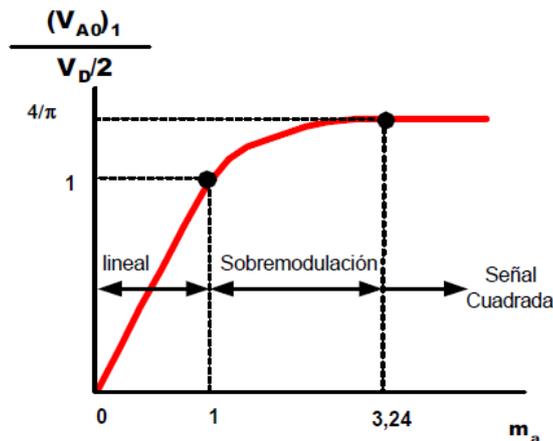


Figura 3. Valor de pico (normalizado) de la fundamental en función de m_a para $m_f = 15$. [3]

De modo que los armónicos vendrán determinados en las frecuencias múltiples del índice de modulación en frecuencia m_f , tal como se ve en la Figura 4.

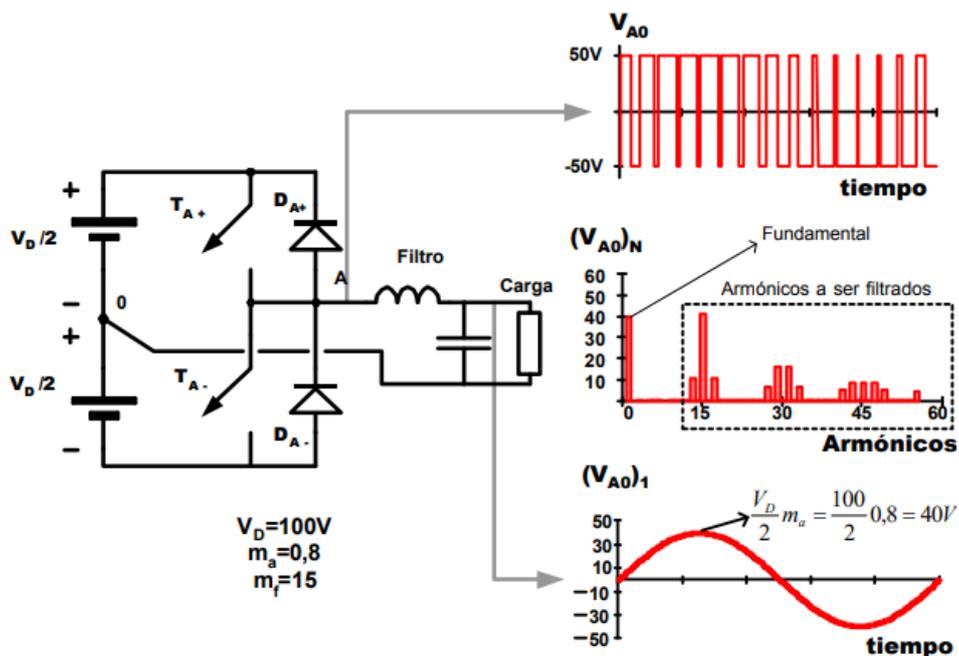


Figura 4. Funcionamiento de un PWM medio puente. [3]

Dentro de los inversores modulados se encuentran dos tipos de modulación: bipolar y unipolar.

1.5.1.1 Modulación bipolar.

En este tipo de funcionamiento los interruptores del inversor tendrán solamente dos posibles combinaciones:

- T_A y T_B cerrados y sus complementarios abiertos.
- T_A y T_B abiertos y sus complementarios cerrados.

De este modo la tensión de salida tendrá la siguiente forma:

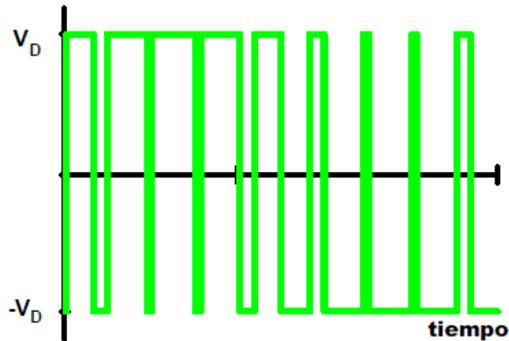


Figura 5. Tensión de salida de inversor bipolar. [3]

1.5.1.2 Modulación unipolar.

En un puente con funcionamiento unipolar serán necesarias dos señales de control (3 en el caso de modulación trifásica) V_{CA} y V_{CB} desfasadas un ángulo ϕ que suele ser 180° para reducir el contenido armónico de la tensión de salida.

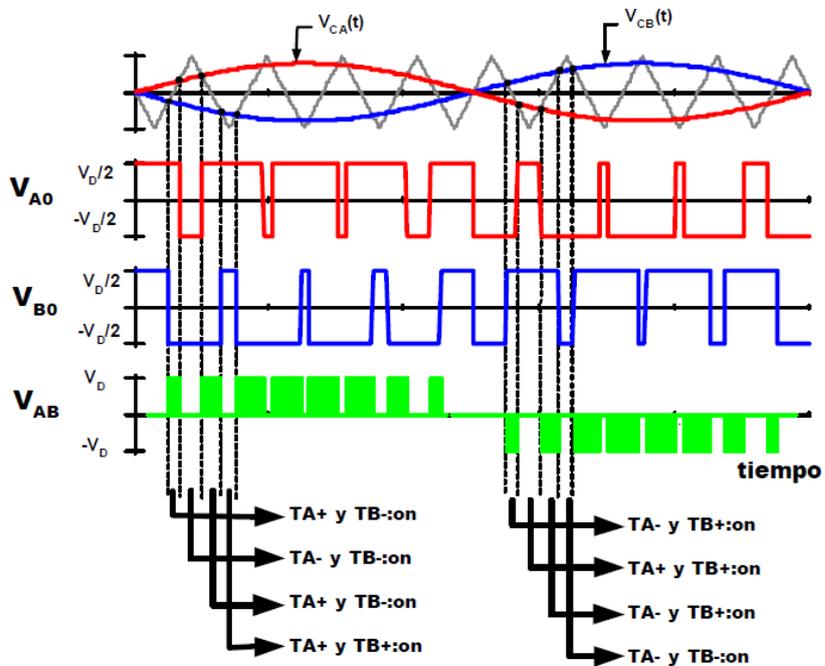


Figura 6. Tensión a la salida (V_{AB}) con control unipolar, $\phi=180^\circ$ y $m_a = 0,8$. [3]

En el caso de la modulación unipolar con $\phi=180^\circ$ el contenido armónico de la tensión de salida es mucho menor y los armónicos se encuentran más alejados de la fundamental, por lo que serán más fácil de atenuar mediante el uso de un filtro (véase Figura 7).

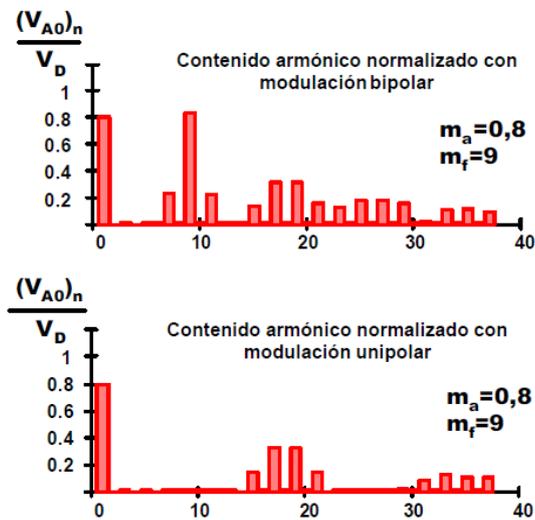


Figura 7. Contenido armónico inversor PWM con modulación bipolar (arriba) y unipolar (abajo) para un $\phi=180^\circ$. [3]

1.5.2 Modulación trifásica.

Esto era para el caso SPWM para modulación monofásica con un ángulo de desfase ϕ de 180° . Cuando se trata de la modulación trifásica, el ángulo de desfase ϕ entre las 3 señales de control suele ser 120° de manera que se anulan los armónicos múltiplos de 3 reduciendo así el contenido armónico de la tensión de salida.

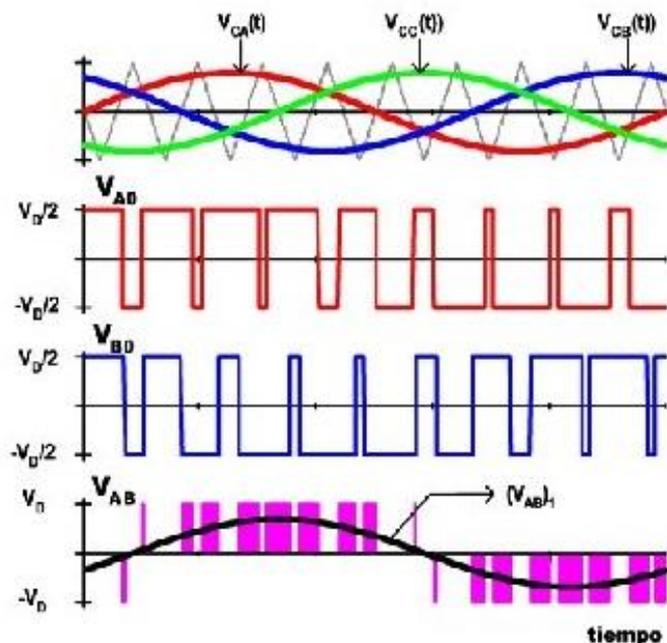


Figura 8. Tensiones entre fases de un inversor trifásico con modulación PWM-seno con $\phi=120^\circ$. [4]

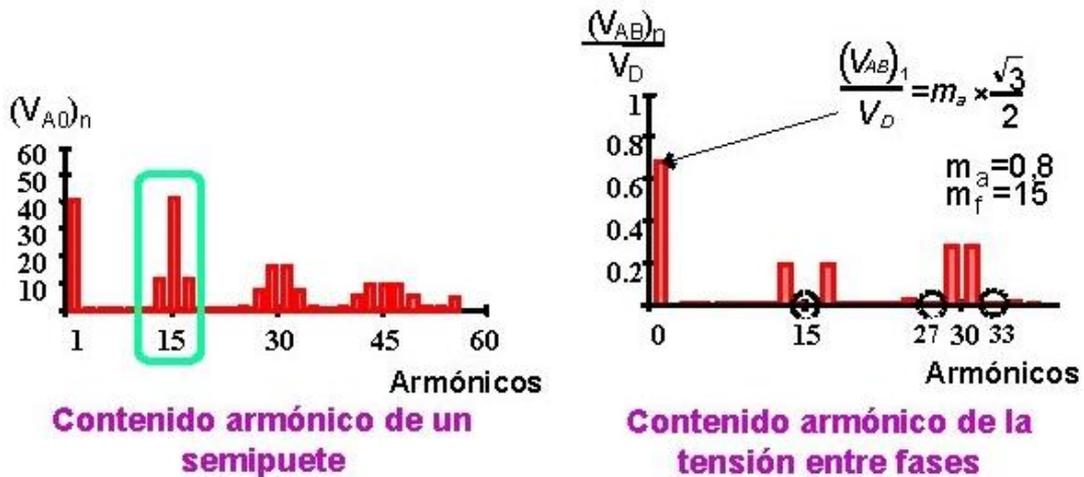


Figura 9. Contenido armónico de un inversor trifásico con modulación PWM-seno $\phi=120^\circ$. [4]

1.5.3 Aislamiento en inversores.

En el caso del diseño de inversores comerciales, resulta más rentable el uso de inversores con modulación unipolar frente a modulación bipolar. Esto es debido a que el contenido armónico de los inversores con conmutación unipolar es menor que el de los bipolares, lo que permite el uso de filtros más pequeños, tal y como se ha visto en el apartado anterior. Sin embargo, los inversores modulados en instalaciones fotovoltaicas presentan problemas de aislamiento debido a que el panel fotovoltaico forma un condensador C_{G-PV} con la tierra, como se ve en la Figura 10.

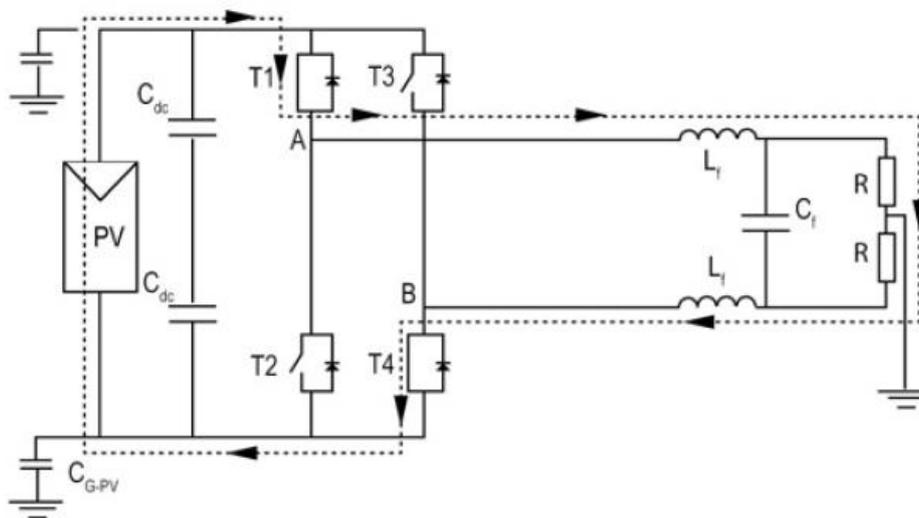


Figura 10. Inversor sin transformador con capacidad parasita. [5]

Al estar el neutro conectado a tierra, se forma un camino por el que pueden circular las corrientes de alta frecuencia, pudiendo disparar las protecciones diferenciales.

De este modo, es necesario durante el diseño de los inversores fotovoltaicos un medio de aislamiento entre la red de distribución y la instalación generadora. Este aislamiento puede consistir en un aislamiento galvánico (como puede ser un trafo), el uso de transistores o cualquier otro medio que garantice el aislamiento de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.

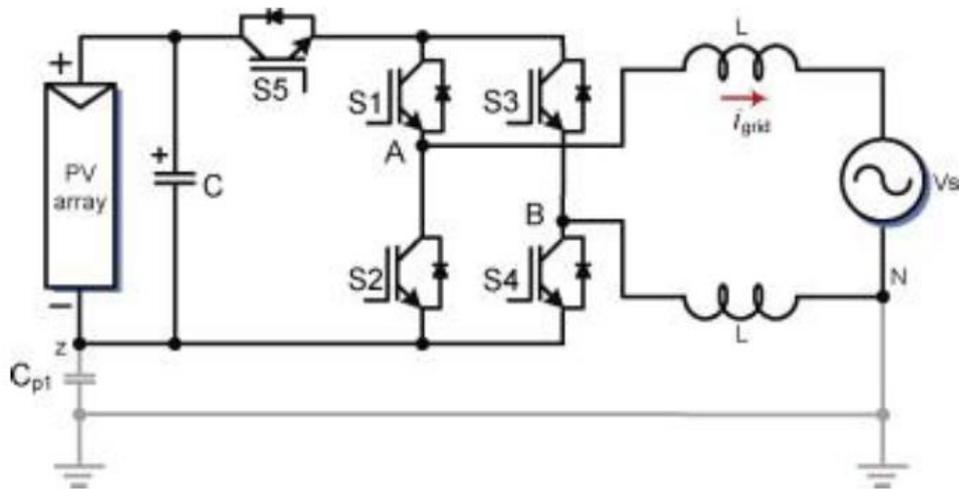


Figura 11. Inversor H5 (SMA) sin transformador con aislamiento con transistor (S5). [5]

Uno de estos ejemplos se puede observar en la Figura 11, donde este aislamiento se consigue mediante un transistor S5 que se abre cuando se pueden dar esos caminos de corriente. La opción más recomendada y muchas veces de obligatorio cumplimiento es el uso de un aislamiento mediante un transformador. Sin embargo, a bajas frecuencias se tiene un mayor tamaño de los magnéticos del transformador. Una alternativa a este problema es usar transformadores en el lado de alta frecuencia como se puede ver en la Figura 13.

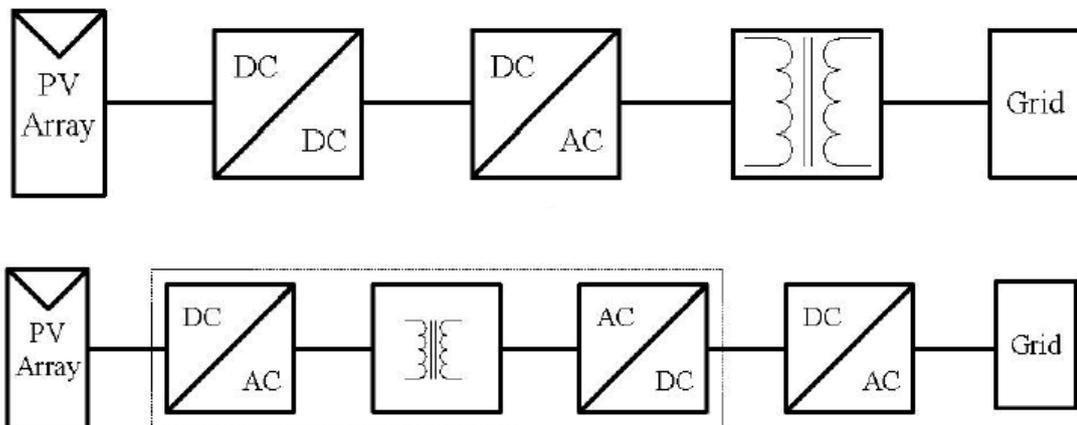


Figura 12. Uso de aislamiento con transformador de baja frecuencia (arriba) y alta frecuencia (abajo). [4]

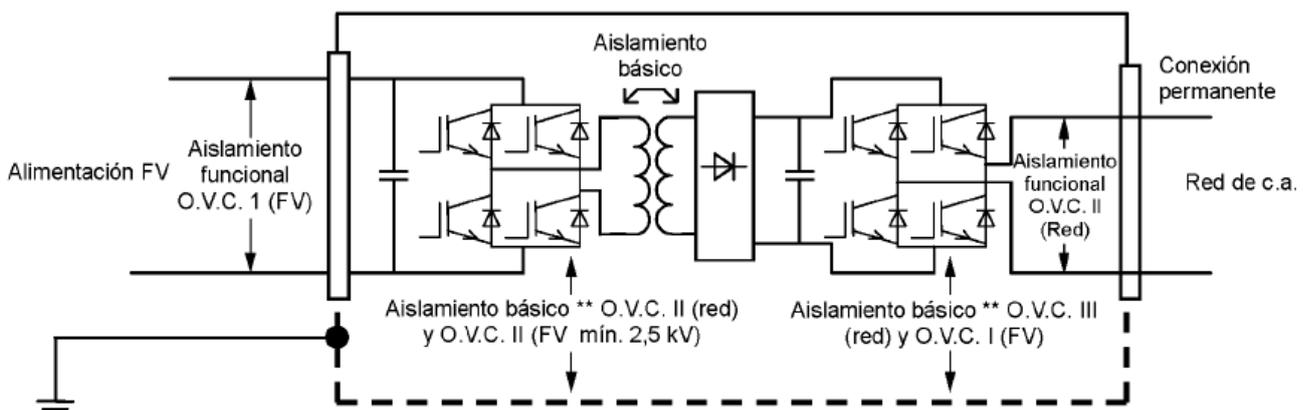


Figura 13. Ejemplo de inversor de FV aislado con transformador. [6]

En lo que respecta la normativa, esta varía dependiendo del país, siendo la más restrictiva para el contenido armónico la norma americana IEC 61727. Photovoltaic (PV) Systems - Characteristics of the Utility Interface.

2 Resumen UNE 206007-1 IN: Inversores para conexión a la red de distribución.

2.1 Campo de aplicación.

Esta norma es aplicable a cualquier inversor en conexiones a red pública.

2.2 Términos y definiciones.

Se distinguen 2 graden grupos de inversores dentro de la norma:

- Grupo 1: Inversores de conexión a una red de baja tensión:
 - Con transformador de baja frecuencia.
 - Con transformador de alta frecuencia.
 - Sin transformador.
- Grupo 2: Inversores de conexión a una red de alta tensión.

Cualquier inversor de los anteriormente citados que requiera un transformador de baja frecuencia será considerado como un inversor con transformador de baja frecuencia y los ensayos requeridos se realizarán con un transformador equivalente al requerido.

Trafo equivalente:

- Impedancia de cortocircuito menor del 12%.
- Rendimiento mayor de 94%.

2.3 Requisitos técnicos.

2.3.1 Inyección de CC en la red.

El inversor debe garantizar que la CC inyectada no supere el 0,5% de la nominal.

Los Inversores de baja frecuencia están exentos de ensayo, inversores de alta frecuencia y sin transformador deben realizar el siguiente ensayo.

2.3.1.1 Ensayo de inyección de corriente continua:

- 1) Se conecta el inversor a una red cuya componente de continua sea despreciable a los efectos de medida.
- 2) Ajustar la potencia de salida del inversor a una comprendida entre el 25% y el 100% de la nominal.
- 3) Esperar el régimen transitorio del inversor (variación interna de temperatura menos de 2°C durante 15 min).
- 4) Medir la componente de tensión continua.

Se determina como válido el ensayo si la componente de corriente continua medida en una ventana de 10 s es menor al 0,5% de la corriente eficaz nominal de salida del inversor.

2.3.2 Comportamiento ante fallo de aislamiento.

El inversor debe ser capaz de realizar una medida de la impedancia del generador fotovoltaico a tierra. En inversores sin transformador, esta medida solo se hará antes de la conexión red.

El circuito de medida debe detectar una resistencia de aislamiento entre el generador y tierra por debajo de $R = (V_{\text{máx.FV}}/30 \text{ mA})$, de acuerdo con la Norma UNE-EN 62109-2. En este caso el inversor debe:

- Inversores de baja y alta frecuencia deberán comunicarlo (no hace falta desconexión).
- Inversores sin transformador deben indicar el fallo y no conectarse a red.

Para inversores de baja y alta frecuencia se realiza el siguiente ensayo:

2.3.2.1 Ensayo de fallo de aislamiento.

- a) Con el inversor desconectado de la red, colocar una resistencia entre positivo y tierra menor o igual al especificado anteriormente (tolerancia máx. del 5%).
- b) Con el inversor desconectado de la red, colocar una resistencia entre negativo y tierra menor o igual al especificado anteriormente.
- c) Con el inversor conectado de la red, colocar una resistencia entre positivo y tierra menor o igual al especificado anteriormente (tolerancia máx. del 5%).
- d) Con el inversor conectado de la red, colocar una resistencia entre negativo y tierra menor o igual al especificado anteriormente (tolerancia máx. del 5%).

El ensayo se determina como valido si en todos los casos se detecta la condición de fallo de aislamiento.

Para inversores sin transformador se realiza el siguiente ensayo:

2.3.2.2 Ensayo de fallo de aislamiento 2.

- a) Con el inversor desconectado de la red, colocar una resistencia entre positivo y tierra menor o igual al especificado anteriormente.
- b) Con el inversor desconectado de la red, colocar una resistencia entre negativo y tierra menor o igual al especificado anteriormente.

El ensayo se determina como valido si en ambos casos el inversor detecta la condición de fallo y no se conecta a la red.

En inversores con varios seguidores de punto de máxima potencia, repetir el ensayo para la entrada de cada seguidor.

2.3.3 Detección de corrientes de defecto a tierra.

No es aplicable a inversores de baja o alta frecuencia.

En inversores sin transformador es necesaria una unidad de vigilancia de corriente de defecto a tierra entre el generador fotovoltaico y la red.

2.3.3.1 Ensayo de corriente máxima.

Realizar según lo especificado en la Norma UNE-EN 62109-2, apartado 3.2.8.3.4. Protección por monitorización de corrientes residuales.

2.3.3.2 Ensayo de variación instantánea de corriente.

Realizar según lo especificado en la Norma UNE-EN 62109-2, apartado 3.2.8.3.4. Protección por monitorización de corrientes residuales.

2.3.4 **Desconexión por tensión y frecuencia.**

El inversor debe desconectarse cuando el punto de conexión se encuentre fuera de ciertos rangos establecidos cuando la legislación vigente lo exija.

El método de ensayo para verificar los niveles de protección y tiempos de desconexión debe estar de acuerdo con las Normas UNE-EN 61400-21 o UNE-EN 50438.

El ensayo se determina como válido si el inversor se desconecta del simulador de red o equivalente según los tiempos establecidos. En caso de ausencia de legislación, 2s para tensión mínima y 0,2 para tensión máxima. Si el inversor es trifásico, debe desconectarse dentro de los límites establecidos para cada una de las fases.

En caso de que el inversor forme parte de una instalación que responde ante huecos de tensión, el tiempo de desconexión bajo la condición de ensayo A (véase Tabla 1) debe ser superior a la duración del hueco.

Condición de ensayo	Red de tensión simulada.	
	Tensión (Voltios)	Frecuencia (Hz)
A	$V \leq V^{\min.}$	50 (tolerancia: ± 100 mHz)
B	$V \geq V^{\max.}$	50 (tolerancia: ± 100 mHz)
C	V_n (tolerancia: $\pm 3\%$)	$f > f^{\max.}$
D	V_n (tolerancia: $\pm 3\%$)	$f < f^{\min.}$

Tabla 1. Condiciones de ensayo de tensión/frecuencia. [7]

2.3.4.1 Configuración de la protección de interfaz. Norma UNE-EN 50438.

Las configuraciones de la protección de interfaz son suministradas por el DSO. Si no se suministra alguna configuración, deberían aplicarse las configuraciones por defecto de la Tabla 2.

Parámetro	Tiempo de desconexión máxima	Tiempo de funcionamiento mínimo	Valor de desconexión
Sobretensión – etapa 1 *	3 s	–	230 V + 10%
Sobretensión – etapa 2	0,2 s	0,1 s	230 V + 15%
Subtensión	1,5 s	1,2 s	230 V – 10%
Sobrefrecuencia	0,5 s	0,3 s	52 Hz
Subfrecuencia	0,5 s	0,3 s	47,5 Hz
Pérdida de red (si se requiere)	Véase el anexo A		Véase el anexo A
Las tensiones indicadas son los valores eficaces o los valores de la componente fundamental			
<p>* Sobretensión - etapa 1: valor de 10 min correspondiente a la Norma EN 50160. El cálculo del valor de 10 min debe estar de acuerdo con la agregación de 10 min de la Norma EN 61000-4-30 clase S. La función debe estar basada en el cálculo de la raíz cuadrada de la media aritmética de los valores de entrada al cuadrado sobre 10 min. Con desviación de la Norma EN 61000-4-30, debe utilizarse una ventana móvil. El cálculo de un nuevo valor de 10 min al menos cada 3 s es suficiente, que debe a continuación compararse con el valor de desconexión. Las tolerancias de los tiempos de desconexión son de ±10%.</p>			

Tabla 2. Caracterización por defecto de la protección de interfaz. [7]

2.3.5 Reconexión automática.

La protección de desconexión debe asegurar que la conexión del inversor se produzca, en su caso, en cumplimiento con el Procedimiento de Operación P.O.1.6, después de que:

- a) La tensión de red este dentro de los límites según la legislación vigente durante 3 min.
- a) La frecuencia de red este dentro de lo especificado en dicho P.O.

2.3.6 Detección de funcionamiento en isla.

Los inversores que se conecten a red de baja tensión deben cumplir con lo especificado en el Informe UNE 206006 IN.

Los inversores que estén en instalaciones que dispongan de sistema anti-isla pueden no incorporar sistemas de detección de funcionamiento en isla.

2.3.7 Generación de sobretensiones.

El inversor no puede generar sobretensión en su conexión de alterna, siguiendo con lo establecido en la Tabla 3 y Tabla 4.

Duración, t, de la sobretensión (s)	Valor admisible de la sobretensión instantánea (% U_n pico)
0,0002	280
0,0006	218
0,002	178
0,006	145
0,02	129
0,06	120
0,2	120
0,6	120

Tabla 3. Sobretensiones máximas admisibles para inversores del grupo 1. [7]

Duración, t, de la sobretensión (s)	Valor admisible de la sobretensión instantánea (% U_n pico)
$0 < t < 1 \text{ ms}$	200
$1 \text{ ms} \leq t < 3 \text{ ms}$	140
$3 \text{ ms} \leq t < 500 \text{ ms}$	120
$t \geq 500 \text{ ms}$	110

Tabla 4. Sobretensiones máximas admisibles para inversores del grupo 2. [7]

El ensayo a realizar es el siguiente:

2.3.7.1 Ensayo de sobretensión.

- Conectar el inversor de acuerdo con el circuito de la Figura 14 en caso de ser un inversor del grupo 1 o al circuito de la Figura 15 en caso de ser un inversor del grupo 2 con una tensión de red entre el $\pm 5\%$ de su valor nominal.
- Abrir el interruptor y registrar tensiones en bornas o transformador con una frecuencia de muestreo de 10 kHz.

Repetir el ensayo 3 veces para una potencia superior al 50% de la potencia asignada. Todos los valores deben encontrarse por debajo de los especificados en las tablas 2 y 3.

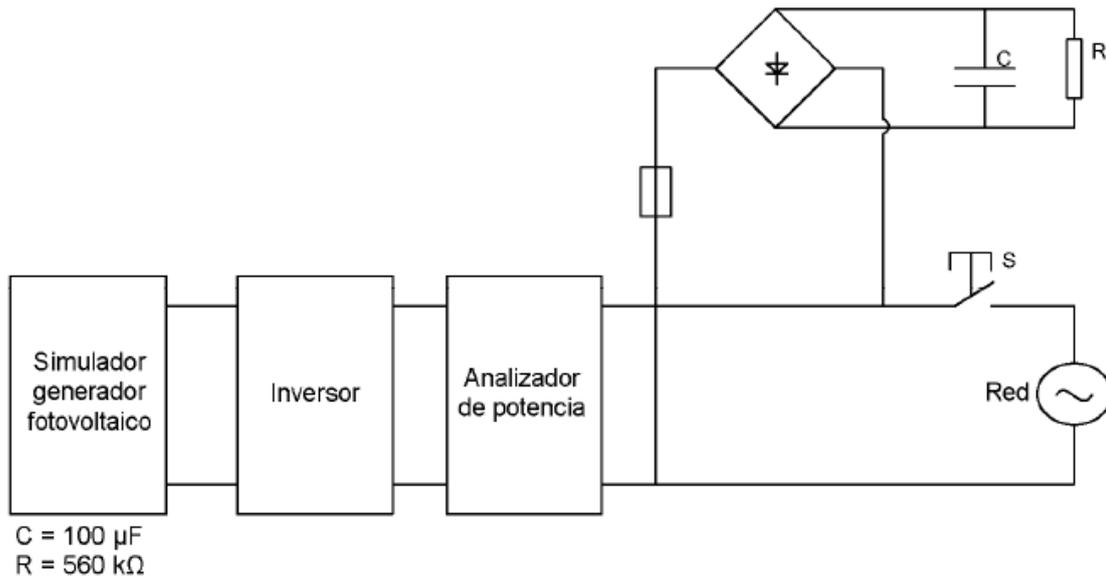


Figura 14. Circuito de ensayo para inversores del grupo 1. [7]

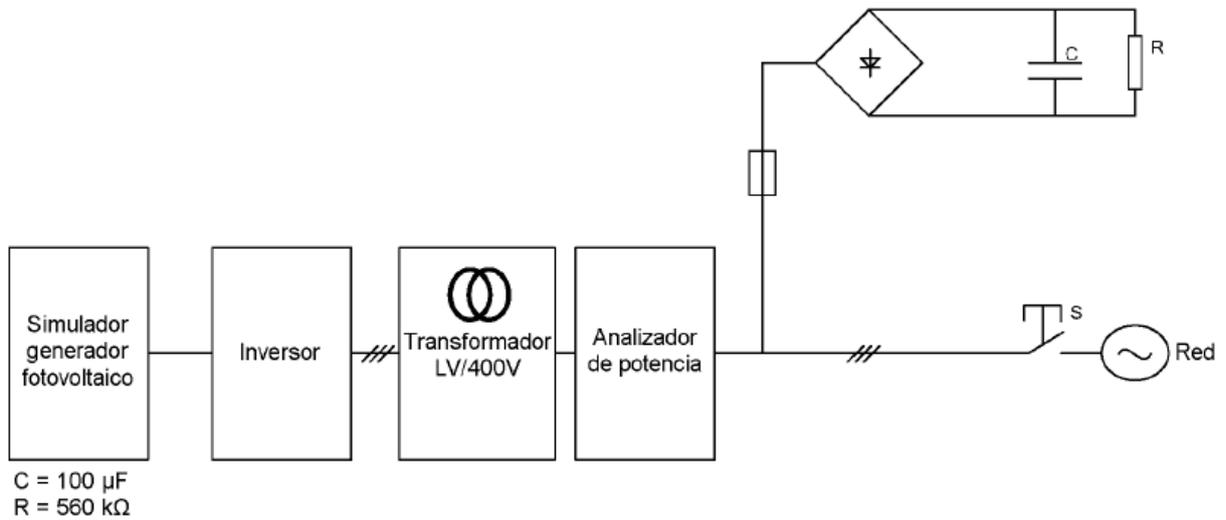


Figura 15. Circuito de ensayo para inversores del grupo 2. [7]

La capacidad total de la carga no debe ser superior a 500 µF. La resistencia no podrá superar el 0,1% de la potencia máxima en CA del inversor.

2.3.8 Calidad de red.

Deben cumplirse, dependiendo de la corriente nominal del inversor:

I_1 : Corriente nominal de corriente alterna del inversor.

- Para el cumplimiento de armónicos:

$I_1 < 16$ A; UNE-EN 61000-3-2.

16 A $< I_1 < 75$ A; UNE-EN 61000-3-12.

$I_1 > 75$ A; UNE 21000-3-4 IN.

- Fluctuaciones de tensión (flickers):

$I_1 < 16 \text{ A}$; UNE-EN 61000-3-3.

$16 \text{ A} < I_1 < 75 \text{ A}$; UNE-EN 61000-3-11.

2.3.9 Reconexión fuera de sincronismo.

El inversor debe soportar una reconexión fuera de sincronismo en caso de que se produzca una reconexión en un tiempo inferior al de actuación del sistema anti-isla o de que dicho sistema este desconectado.

El ensayo a realizar es el siguiente:

2.3.9.1 Ensayo de reconexión

Para el caso de conexión 1.

- El inversor debe estar funcionando a potencia nominal y fp 1 durante 5 min.
- Se induce un transitorio tal que produce un desfase de 180° en la tensión de simulador V_r .

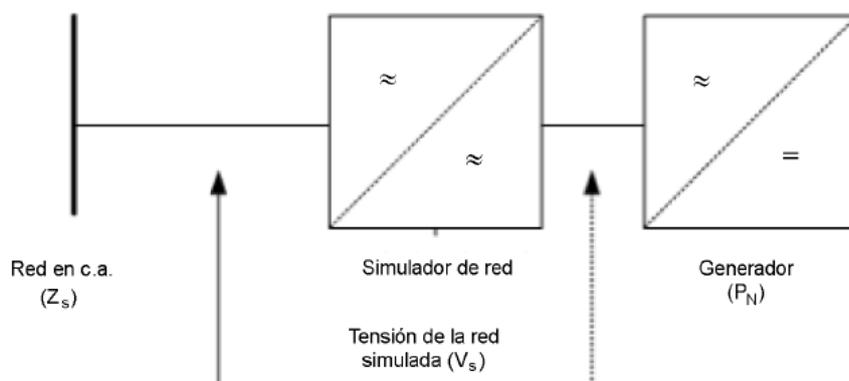


Figura 16. Esquema de ensayo para la comprobación de la robustez del inversor frente a una reconexión fuera de sincronismo. [7]

El simulador debe ser capaz de producir un desfase de 90° y 180° en la tensión de salida

Para el caso 2.

- Se utiliza un transformador de acoplamiento (TR).
- El interruptor CB está cerrado mientras que CB' está abierto.
- RI es una carga resistiva de lastre de igual potencia a la nominal del inversor.
- El inversor ha de estar funcionando a potencia nominal y fp 1 durante 5 min.
- Comprobar que la corriente que circula por CB es inferior al 2% de la corriente nominal del inversor.
- Abrir CB y cerrar CB' de forma coordinada e instantánea.
- La desconexión del inversor solo podrá realizarse una vez que CB' este completamente cerrado.

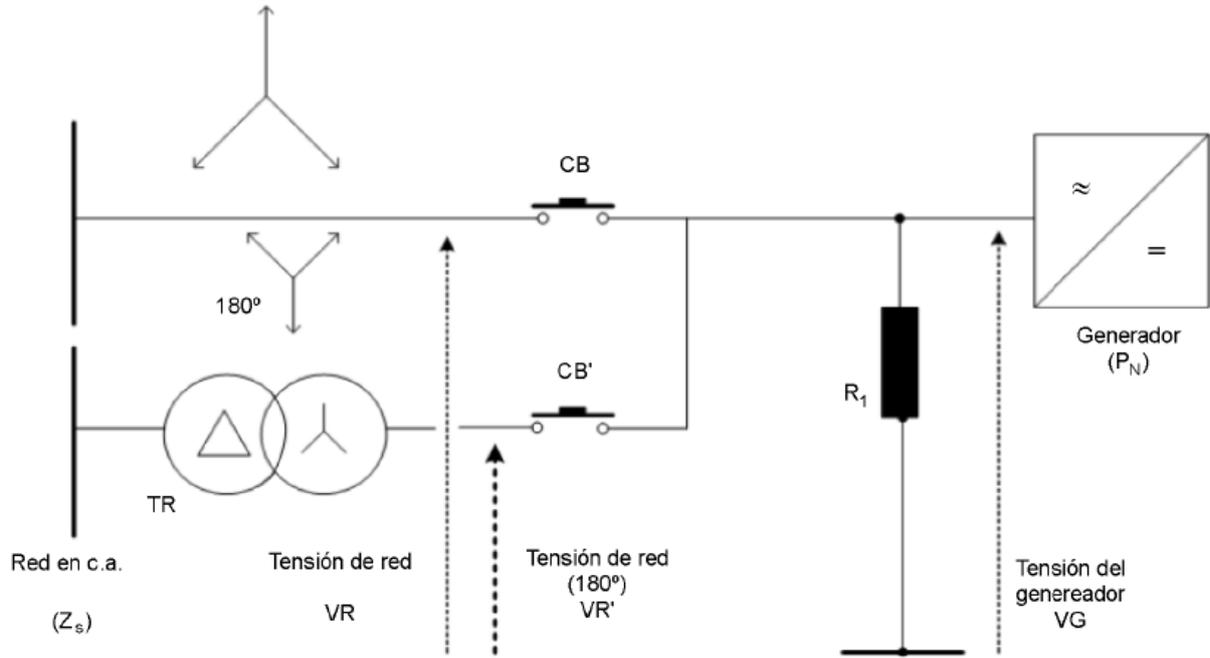


Figura 17. Esquema de ensayo para la comprobación de la robustez del inversor frente a una reconexión fuera de sincronismo. [7]

Repetir el ensayo para un desfase de 90°

3 Resumen UNE 62109-1 y 62109-2: Seguridad en los convertidores de potencia en sistemas fotovoltaicos.

3.1 Campo de aplicación.

Define los requerimientos mínimos para el diseño y fabricación de ECP para protección contra riegos. Es aplicable a todos los tipos de ECP FV que no excedan 1500V en CC en el circuitos de la fuente FV. Los equipos se podrán conectar a circuitos de alimentación, carga y de red que no excedan 1000V CA.

3.2 Requerimientos generales de ensayos.

La secuencia de los ensayos es opcional a menos que se especifique lo contrario. El ESE debe ser inspeccionado después de cada ensayo en busca de daños. No es necesario que se utilice la misma muestra para todos los ensayos a menos que se especifique lo contrario.

3.2.1 Condiciones ambientales de ensayo.

- Temperatura ambiente entre 15-40°C.
- Humedad relativa entre 5-75%.
- Presión atmosférica entre 75-106 kPa
- Sin escarcha, rocío, lluvia, radiación solar, etc.

A menos que se especifique lo contrario, cada ensayo debe realizarse sobre el equipo ensamblado y bajo las condiciones menos favorables (accesorios, partes desmontables). Si no es práctico llevarlo a cabo sobre el equipo completo, se permiten ensayos sobre sub-equipos.

3.2.2 Condición de la fuente de alimentación del ensayo.

Para ensayos en los que la condición de la fuente pueda alterar significativamente el resultado del ensayo, debe realizarse en la condición más desfavorable según:

- Tensión: debe abarcar desde el 90-110% de la tensión asignada(s), a menos que se indique un intervalo más amplio en las especificaciones del ESE, en cuyo caso se utilizará el intervalo más amplio.
- Frecuencia: Se debe tener en cuenta múltiples frecuencias asignadas (50 Hz frente a 60 Hz).
- Polaridad: Para equipos conectable tipo A se considera tanto normal como inversa si afecta al resultado del ensayo.
- Puesta a tierra: Para equipos con o sin conexión tierra, condición más desfavorable o ambas.
- Protección de sobre intensidad: Las entradas deben tener una protección de sobreintensidad, y esta protección no debe activarse durante ninguno de los ensayos en condiciones normales, pero si se permite para ensayos de fallo simple.

3.2.3 Puertos de alimentación del FV y baterías.

Los ensayos que se realicen bajo condiciones anormales o de fallo deben ensayarse con una fuente capaz de dar de 1,25 a 1,5 veces la intensidad asignada máxima de entrada al ECP (I_{sc} FV).

El suministro mediante baterías puede aportarse desde una fuente CC o desde un banco de baterías con la excepción de ensayos de falta, en los que se usarán bancos de baterías del tamaño utilizado normalmente con el producto.

3.2.4 Condición de carga para los puertos de salida.

Un puerto de salida de CA se cargará con carga(s) lineal(es). Un puerto de salida de CC debe cargarse con una carga resistiva. Las condiciones de carga se mantendrán durante:

- Para funcionamiento continuo: 7h a máxima potencia.
- Para funcionamiento intermitente: Realizar ciclos hasta que se alcancen condiciones estables mediante periodos 'ON' 'OFF' asignados.
- Para funcionamiento de corta duración: El especificado.

Un borne del conductor de protección, si lo hay, debe conectarse a tierra. Un borne de la tierra funcional debe conectarse o no, lo que sea menos favorable.

3.2.5 Ensayos térmicos.

Los ECP clasificados para su uso en temperatura ambiental de hasta 50°C lo harán dentro del intervalo 15-40°C.

Los ECP clasificados para su uso en temperatura ambiental superior a 50°C deben ensayarse en la máxima temperatura asignada $\pm 5^\circ\text{C}$.

Las temperaturas se medirán mediante termopares excepto para transformadores, inductancias y otras bobinas se puede utilizar el método de cambio de resistencia.

Las temperaturas calculadas por el método de incremento de resistencia deben utilizar la siguiente fórmula:

$$T = R2/R1(k + t1) - (k + t2)$$

- T-incremento de °C
- R1-temperatura de la bobina inicial
- R2-temperatura de la bobina final
- t1-temperatura ambiente inicial
- t2-temperatura ambiente final
- k-constante del material

Para bobinas y sus sistemas de aislamiento se aplica la Tabla 5.

Clases de aislamiento (véase la Norma IEC 60085)	Límites para medidas mediante termopares montados en superficie °C	Límites para medidas mediante el método de la resistencia y múltiples termopares incorporados °C
Clase A (105 °C)	90	95
Clase E (120 °C)	105	110
Clase B (130 °C)	110	120
Clase F (155 °C)	130	140
Clase H (180 °C)	150	160
Clase N (200 °C)	165	175
Clase R (220 °C)	180	190
Clase S (240 °C)	195	205

NOTA Se supone que los termopares de montaje en superficie no se encuentran en el punto caliente, sino que se adhieren generalmente al núcleo, la bobina y el aislamiento al que se puede acceder en una pieza completa. Es más probable registrar temperaturas del punto caliente mediante múltiples termopares embebidos, donde los termopares se conectan durante el bobinado de las partes. El método de la resistencia da una temperatura media de la bobina específica en la cual se midió el incremento de resistencia.

Tabla 5. Límites de temperatura totales para transformadores, inductancias y otras bobinas y sus sistemas de aislamiento. [6]

En caso de no haber legislación o especificación del fabricante, para otros componentes, se aplica la Tabla 6.

Materiales y componentes	Límite °C
Condensadores - tipo electrolítico	65
Condensadores - no electrolíticos	90
Bornes de cableado para conexiones externas ¹⁾	60
Cualquier punto sobre o dentro de un compartimiento de cableado con el que puedan hacer contacto los conductores externos ¹⁾	60
Los conductores interiores aislados	Temperatura asignada del ECP
Fusibles	90
Tarjetas de circuitos impresos	105
Materiales aislantes	90

1) La temperatura observada en los bornes y en puntos dentro de una caja de bornes o componentes de cableado de un equipo es posible que exceda los valores especificados, si el marcado del apartado 5.1.9 requiere un cableado de un límite de alta temperatura adecuado. En este caso, las temperaturas medidas en los bornes y compartimiento de cableado se limitan a la clasificación de temperatura de los cables requerida por el marcado.

Tabla 6. Límites de temperatura total de los materiales y componentes cuando no existen calificaciones del fabricante y no existen normas de componentes. [6]

Las partes accesibles del ECP deben cumplir con la Tabla 7.

Pieza	Limite °C		
	Metal	Vidrio, porcelana, y otros materiales vítreos ^a	Plásticos y caucho ^a
Dispositivos utilizados por el usuario (perillas, manijas, interruptores, pantallas, etc.) que son sostenidos en la mano continuamente en uso normal	55	65	75
Dispositivos utilizados por el usuario (perillas, manijas, interruptores, pantallas, etc.) que son sostenidos en la mano sólo por periodos breves en uso normal	60	70	85
Partes de la envolvente accesibles al usuario en contacto casual	70	80	95
^a Los materiales no metálicos no deben utilizarse por encima de sus clasificaciones de temperatura.			

Tabla 7. Límites de temperatura total de contacto para superficies accesibles. [6]

Para disipadores o piezas que requieran el calentarse para el funcionamiento normal del ECP, se puede llegar hasta 100°C si el producto no se utiliza en áreas de operación eléctrica cerrada. Estos límites son adicionales a los fijados previamente.

Las superficies del ECP que estén en contacto con la superficie de montaje no deben superar los 90 °C.

3.2.6 Ensayos en condición de fallo simple.

Los ensayos de falta deben realizarse a menos que pueda demostrarse de manera concluyente que no pueden producirse riesgos en una condición de falta en particular, o a menos que se especifique otro método.

Las condiciones de falta deben aplicarse por turnos, una cada vez, en cualquier orden conveniente según el tiempo especificado.

3.2.6.1 Condiciones de paso de ensayo contra choque eléctrico.

El cumplimiento de los requisitos para la protección contra choque eléctrico se comprueba durante y después de cada ensayo de la siguiente manera:

- Mediante la comprobación de que en ningún circuito DVC-A ha aparecido un peligro por choque eléctrico.
- Mediante la realización de una prueba de rigidez eléctrica según se especifica en el apartado 3.5.7.2.
- Por la inspección del fusible entre el borne de protección a puesta de tierra y el conductor a tierra. El fusible debe ser de 3 A o entre 30-35 A. La envolvente no puede estar en contacto con la tierra en ningún otro lugar durante el ensayo.
- Inspección de la caja en busca de daños.

Se debe realizar un análisis de circuitos para identificar componentes cuyo fallo se traduciría en un fallo de choque eléctrico o de incendio.

3.2.6.2 Condiciones de fallo simple a aplicar.

- Cortocircuito o circuito abierto en los circuitos pertinentes.
- Cortocircuito o circuito abierto en cualquier aislamiento o componente que pudiera afectar negativamente al aislamiento suplementario o al aislamiento reforzado.

en transformadores: Cortocircuitar los enrollamientos de uno en uno.

en los puertos de salida de potencia: Se deben ensayar de una en una para simular un cortocircuito en la carga o el cableado.

en sobrecarga a la salida: Cada salida del ECP, y cada sección de una salida con tomas, debe sobrecargarse por orden, de una en una.

en conexiones de CC invertidas: A menos que los medios de inversión eviten la conexión invertida, deben conectarse con polaridad invertida.

tolerancia de fallo de protección para inversores conectados a red: Donde la protección contra corrientes residuales es necesaria, el sistema de monitorización de corriente residual debe ser capaz de funcionar correctamente con un fallo simple o debe detectar la falta de operatividad y causar la indicación de fallo.

El aislamiento básico o de separación debe cumplir con lo siguiente:

- debe estar basado en la tensión de trabajo del FV, resistiendo el impulso de sobretensión y tensiones temporales.
- se debe asumir la desconexión a la red eléctrica.
- en la determinación de la distancia basada en la tensión de trabajo en 3.5.4.2.1., se deben utilizar los valores de la columna 3 de la Tabla 18.

3.2.7 Tensión y frecuencia en la salida CA de inversores autónomos.

3.2.7.1 Estado estacionario de la tensión de salida.

El estado estacionario de la tensión de salida CA del inversor autónomo no debe ser menor del 90% o mayor del 110% alimentado con su valor nominal de la CC de entrada.

El estado estacionario de la tensión de salida CA del inversor autónomo no debe ser menor del 85% o mayor del 110% generado con su valor nominal de la CC de entrada.

3.2.7.2 Tensión de salida.

La tensión de salida CA no debe ser menor del 85% o mayor del 110% de su rango nominal tras 1,5 s después de la aplicación de la retirada de una carga resistiva igual al rango máximo de potencia de salida en modo autónomo del inversor.

3.2.7.3 Estado estacionario de la frecuencia de salida.

El estado estacionario de la frecuencia de salida CA no debe variar en +4% y -6%.

3.2.7.4 Forma de onda de salida sinusoidal.

La forma de onda de salida de tensión de una salida sinusoidal de un inversor autónomo debe tener una distorsión armónica total (THD) que no exceda el 10% y el 6% del armónico individual.

3.2.7.5 Forma de onda de salida no sinusoidal.

La distorsión armónica total de la onda no debe exceder el 40%.

La pendiente de rizado y los picos de los semiciclos positivos y negativos no deben exceder los 10 V/ μ s medidos entre los puntos de la onda que tienen una tensión del 10% y 90% del valor de pico para cada semiciclo.

El valor absoluto de la tensión de pico en cada semiciclo no debe exceder 1,414 veces el 110% del RMS del rango nominal de la tensión de salida CA.

3.2.8 Ensayos adicionales para inversores conectados a red.

Los inversores deben cumplir con los requisitos de la Tabla 30 para la combinación aplicable inversor aislado y matriz conectada a tierra.

Matriz conectada a tierra:	Desconectada de tierra ^a o funcionalmente conectada a tierra	Desconectada de tierra o funcionalmente conectada a tierra	Conectada a tierra
Aislamiento del inversor:	No aislado	Aislado	Aislado
Requisitos mínimos de aislamiento del inversor	No aplicable	Básico o aislamiento reforzado ^b y Ensayo tipo de corrientes de fuga por 4.8.3.2 (riesgo de choque) y 4.8.3.3 (riesgo de fuego) para determinar los requisitos para la matriz de resistencia de aislamiento a tierra y detección de la corriente residual en la matriz, por debajo.	
Medida de resistencia del aislamiento de la matriz conectada a tierra	Antes de la operación de conexión, por 4.8.2.1 o 4.8.2.2. Acción en caso de fallo: indicación de falta de acuerdo con 13.9, y no conexión a la red.	Antes de la operación de conexión por 4.8.2.1 o 4.8.2.2 Acción en caso de fallo: Para inversores con aislamiento cumpliendo con los límites de corrientes de fuga para ambos riesgos de choque y fuego bajo "requisitos de aislamiento mínimos del inversor" anteriores, indicando un fallo de acuerdo con 13.9. Para inversores con aislamiento no cumpliendo con los valores mínimos de corrientes de fuga anteriores, indicando un fallo de acuerdo con 13.9 y no conectándose a la red.	No requerido ^d

Matriz conectada a tierra:	Desconectada de tierra ^a o funcionalmente conectada a tierra	Desconectada de tierra o funcionalmente conectada a tierra	Conectada a tierra
Aislamiento del inversor:	No aislado	Aislado	Aislado
Detección de corriente residual de la matriz	<p>Cualquiera de los dos:</p> <p>a) 30 mA RCD^c entre el inversor y la red por 4.8.3.4, o</p> <p>b) monitorización para ambos corriente permanente residual por 4.8.3.5.1 a) y excesivos cambios repentinos por 4.8.3.5.1 b).</p> <p>Acción en caso de fallo: parada del inversor, desconexión de la red, e indicación de falta de acuerdo a 13.9.</p>	<p>No aplicable para inversores con aislamiento cumpliendo con los límites de corrientes de fuga para ambos riesgos choque y fuego bajo "Requisitos de aislamiento mínimos del inversor" anteriores.</p> <p>Inversores con aislamiento no cumpliendo con los límites de corrientes de fuga para riesgo de choque por 4.8.3.2 requiere monitorización por excesiva corriente residual permanente por 4.8.3.5.1 a) o uso de un RCD por 4.8.3.4.</p> <p>Inversores con aislamiento no cumpliendo con los límites de las corrientes de fuga para riesgo de fuego por 4.8.3.3 requiere monitorización por excesiva corriente residual permanente por 4.8.3.5.1 a) o uso de un RCD por 4.8.3.4.</p> <p>Acción en caso de fallo: parada del inversor, desconexión de la res, e indicación de fallo de acuerdo con 13.9.</p>	
<p>NOTA Algunos topologías de inversores no aislados con una matriz conectada a tierra son tecnológicamente posibles, pero la Norma IEC 60364-7-712 requiere separación simple entre la red y la matriz FV si está conectada a tierra. Un inversor no aislado donde la única conexión de la matriz a tierra es a través de la conexión del neutro de la red es permitida bajo la Norma IEC 60363-7-712 porque el diseño del sistema no permite el flujo de corriente en conductores conectados a tierra bajo condiciones normales (excepto para corrientes de fuga esperadas), y que la funcionalidad de cualquier RCD no se vea afectada.</p> <p>^a Si únicamente la conexión de la matriz a tierra es en el lado de la red del medio de desconexión automática del inversor (a través de la conexión a tierra del neutro), cuando la matriz es considerada no conectada a tierra.</p> <p>^b Un inversor para uso con una matriz de clasificación de voltaje decisivo DVC-A es requerida para el uso de al menos aislamiento reforzado (separación de protección) entre la matriz y circuitos DVC-B y -C tal como la red.</p> <p>^c Para algunos tipos de inversores el tipo B RCD es requerido. Véase el apartado 4.8.3.4.</p> <p>^d Nueva información al tiempo de la publicación indica que las matrices conectadas a tierra deberían beneficiar desde la protección adicional ofrecida por el uso de medidas de resistencia de aislamiento a tierra antes de la conexión del inversor a la red. Esta característica de protección adicional puede reducir significativamente el riesgo de fuego en las matrices conectadas a tierra debido a fallas a tierra causadas por instalación de sistema imprevisto, puesta en marcha, o mantenimiento, dando lugar a fallos a tierra detectados en primer lugar seguido por posteriores fallas a tierra adicionales. La tabla 30 anterior indica "No requerido" para esta técnica en inversores para matrices conectadas a tierra, pero una modificación de la Norma IEC 62109-2 está planificada para un futuro próximo y los requisitos están bajo consideración para la mejora de la protección de fallo a tierra para las matrices conectadas a tierra. En el tiempo que la Norma IEC 62109-2 también será coordinada con los requisitos de protección de la Norma IEC 62548 actualmente bajo desarrollo.</p>			

Tabla 8. Requisitos basados en el aislamiento del inversor y la matriz conectada a tierra. [6]

3.2.8.1 Detección de la resistencia de aislamiento de la matriz para inversores con matriz desconectada de tierra.

Los inversores para uso con matriz desconectada de tierra deben ser capaces de medir la resistencia de aislamiento CC desde la entrada FV a tierra antes de la operación de arranque.

Si la resistencia es menor de $R = (V_{\text{máx. FV}}/30 \text{ mA})$ ohm:

- inversores aislados: indicar el fallo hasta que la R sea mayor de la indicada.
- invares no aislados: indicar el fallo y no conectarse a red. Puede continuar realizando medidas y conectarse a red en cuanto la R sea mayor de la indicada.

3.2.8.2 Detección de la resistencia de aislamiento de la matriz para inversores con matriz conectada de tierra.

Los inversores con la matriz funcionalmente conectada a tierra deben cumplir con:

- a) La resistencia total conectada a tierra no debe ser menor de $R = (V_{\text{máx. FV}}/30 \text{ mA})$ ohm. La esperada resistencia de aislamiento debe calcularse basándose en una resistencia de aislamiento de la matriz de $40 \text{ M}\Omega$ por m^2 .
- b) Como una alternativa a a) o si la R es menor de la especificada, el inversor debe incorporar medios para detectar la corriente total a través del resistor y cualquier red de acuerdo con los tiempos de la Tabla 9 y debe o desconectar el resistor o limitar la corriente por otros medios.
- c) El inversor deber ser capaz de medir al resistencia de aislamiento en CC desde la entrada del módulo FV a tierra antes de entrar en operación.

3.2.8.3 Detección de corriente residual de la matriz.

Matrices DVC-B y C desconectadas pueden crear un riesgo de choque si partes activas están en contacto con un camino de retorno para corrientes de contacto existentes. Al mismo tiempo, matrices desconectadas y conectadas de tierra pueden crear riesgo de fuego si la falta a tierra que permite que corrientes excesivas fluyan a partes conductoras o estructuras que no tienen a intención de conducir corrientes. Ciertos requisitos para evitar estos sucesos son:

- Limitación de corriente de 300 mA RMS para inversores con potencia nominal de salida permanente $\leq 30 \text{ kVA}$
- Limitación de corriente a 10 mA RMS para inversores con potencia nominal de salida permanente $> 30 \text{ kVA}$

3.2.8.3.1 30 mA ensayo de tipo de corriente de contacto para inversores aislados.

El cumplimiento con el límite de 30 mA en 3.2.8.3. es ensayado con el inversor conectado y operativo bajo las condiciones de ensayo de referencia, exceptuando que la alimentación CC al inversor no debe tener ninguna conexión a tierra y la alimentación de la red eléctrica al inversor debe tener un polo a tierra.

3.2.8.3.2 Ensayo tipo de riesgo de fuego por corriente residual para inversores aislados.

El cumplimiento de los límites de 300 mA o 10 mA por kVA es ensayado con el inversor conectado y operativo bajo las condiciones de ensayo de referencia, exceptuando que la alimentación CC al inversor no debe tener ninguna conexión a tierra y la alimentación de la red eléctrica al inversor debe tener un polo a tierra.

3.2.8.3.3 Protección por aplicación de RCD.

Los requisitos para protección en 3.2.8.3. pueden alcanzarse mediante el suministro de un RCD con un ajuste de corriente residual de 30 mA.

3.2.8.3.4 Protección por monitorización de corrientes residuales.

Como se indica en la Tabla 8, para diferentes tipos de inversores, matrices y aislamientos, la detección puede requerirse para corrientes residuales permanentes, excesivos cambios rápidos en la corriente residual o ambas según:

- a) Corriente residual permanente: El inversor debe desconectar dentro de 0,3 s e indicar una falta según 3.2.8.3.

- b) Cambios rápidos en la corriente residual: El inversor debe desconectarse de la red según el tiempo especificado en la Tabla 9 e indicar una falta.

Cambios rápidos en la corriente residual	Tiempo máximo de desconexión de la red
30 mA	0,3 s
60 mA	0,15 s
150 mA	0,04 s

Tabla 9. Límites de tiempo de respuesta para cambios rápidos en la corriente residual. [8]

El cumplimiento es verificado según los siguientes ensayos:

Ensayo para la detección del exceso de la corriente residual permanente:

Una resistencia externa ajustable se conecta desde la tierra a un terminal de entrada del FV. Para ensayar el tiempo de disparo se ajusta la corriente residual a 10 mA por debajo del nivel de disparo actual. Se conecta una segunda resistencia al mismo terminal que la primera para ajustar la corriente residual a 20 mA. El tiempo debe medirse desde el momento en que la segunda resistencia es conectada hasta el momento en el que el inversor se desconecta.

Este ensayo debe repetirse 5 veces, nunca excediendo los 0,3 s el tiempo de desconexión. El ensayo es repetido para cada entrada del FV.

Ensayo de detección de cambios rápido en la corriente residual:

Pasos para seguir:

- Ajustando el preexistente nivel de referencia de la corriente residual permanente: una capacitancia ajustable es conectada a un terminal FV. Esta capacitancia se eleva lentamente hasta que se produce la desconexión debido a la detección de corriente residual permanente. La capacitancia es entonces disminuida de tal manera que la corriente residual disminuye hasta 150% del valor del primer cambio.
- Aplicando el cambio rápido en la corriente residual: una resistencia pre-ajustable para causar un flujo de corriente residual de 30 mA es conectada a través de un interruptor desde tierra al mismo terminal de entrada FV que la capacitancia anterior. El tiempo debe medirse desde que se cierra el interruptor hasta que se produce la desconexión de la red.

Este ensayo debe repetirse 5 veces y los tiempos deben exceder el tiempo de la fila de 30 mA de la Tabla 9. Repetir cada ensayo para los valores de 60 y 150 mA de la Tabla 9.

3.3 Marcado y documentación.

Las indicaciones deben ser visibles desde el exterior o al retirar una puerta/tapa sin el uso de una herramienta. Las marcas no deben ser puestas en piezas que puedan ser retiradas sin el uso de una herramientas. Deben resistir los efectos de agentes de limpieza especificados por el fabricante.

Marcas:

- Identificación.
- Especificaciones del equipo.
- Fusibles.
- Bornes, conexiones y controles.

- Interruptores.
- Equipos clase II.
- Cajas de bornes para conexiones externas.

Marcas de advertencia:

- Símbolos impresos de al menos 2,75 mm de altura.
- Caracteres de 1,5 mm de altura y de color que contraste con el fondo.
- Símbolos o textos moldeados, estampados o grabados de al menos 2,0 mm y si no tienen contraste, con relieve de 0,5 mm.

3.4 Condiciones y requisitos ambientales.

Se distinguen las categorías y condiciones ambientales del ECP en:

- Al aire libre: El ECP está total o parcialmente expuesto a lluvia, sol, viento, polvo, etc.
- Interior sin acondicionamiento: El ECP está totalmente cubierto o en un lugar cerrado, protegido ante lluvia, sol, viento, polvo, etc. Pero el lugar no está acondicionado.
- Interior acondicionado: El ECP está totalmente cubierto o en un lugar cerrado, protegido ante lluvia, sol, viento, polvo, etc. Y esta acondicionado.

Clasificación	Condiciones medioambientales mínimas. Según las especificaciones del fabricante, sujeto a los siguientes requisitos mínimos ⁴⁾		
	Exterior	Interior, sin acondicionamiento	Interior, acondicionado
Índice de contaminación ¹⁾	Mín. PD3	Mín. PD3	Mín. PD2
Ubicación mojada	Sí	No	No
Índice de protección de entrada ²⁾	Mín. IP34 ³⁾	Mín. IP20	Mín. IP20
Intervalo de temperaturas ambiente de servicio	-20 °C a +50 °C	-20 °C a +50 °C	+0 °C a +40 °C
Intervalo de humedad relativa	4% a 100% (Con condensación)	5% a 95% (Sin condensación)	5% a 85% (Sin condensación)
Exposición a UV	Requerido	No requerido	No requerido

1) Este es el grado de contaminación del medio ambiente externo. Véase también el apartado 6.2 con respecto a la reducción del grado de contaminación en áreas específicas internas del equipo.

2) Estos requisitos son adicionales a los requisitos de otros apartados de esta norma que pueden ser más estrictos, sobre el acceso a partes en tensión y riesgos mecánicos, y la contención de los riesgos de incendio.

3) Se llama la atención sobre el hecho de que este requisito IP34 no es tan estricto como el requisito IP44 en la Norma IEC 62093 para la calificación ambiental de los componentes fotovoltaicos.

4) Esta tabla define el intervalo medioambiental de operación segura del ECP y no pretende especificar rendimientos del funcionamiento.

Tabla 10. Categorías medioambientales, condiciones ambientales y requisitos de ensayo. [6]

Para el grado de contaminación del ECP, debe usarse la calificación que especifique el fabricante.

El grado de contaminación puede reducirse en determinadas zonas de los equipos mediante el uso de encapsulamientos, envoltorios, etc, según se especifica en la Tabla 11.

Protección adicional	De la contaminación grado 2 del medio ambiente externo a:	De la contaminación grado 3 del medio ambiente exterior a:	Área a la cual se aplica la reducción del grado de contaminación
Envoltorio IP5X a prueba de polvo de la Norma IEC 60529 y contaminación no generada internamente	1	2	todo el interior de la envoltorio o la porción que cumple IP5X
Envoltorio IPX7 o IPX8 de la Norma IEC 60529	2	2	en el interior de toda la envoltorio o la parte que cumple IPX7 o IPX8
Revestimiento Tipo 1 (véase 7.3.7.8.4.2) conformado o con molde perdido (véase 7.3.7.8.6)	1	1	área bajo la capa o encapsulamiento
Revestimiento Tipo 2 (véase 7.3.7.8.4.2) conformado o con molde perdido (véase 7.3.7.8.6)	tratado como aislamiento sólido	tratado como aislamiento sólido	área bajo la capa o encapsulamiento
Caja sellada herméticamente con medidas adoptadas para excluir la contaminación antes de sellar, y sin contaminación generada internamente	1	1	porción sellada de la envoltorio

Tabla 11. Reducción del grado de contaminación del ambiente interno mediante el uso de protección adicional. [6]

3.5 Protección contra choque eléctrico y peligro de la energía.

Define los requisitos mínimos de protección para el diseño y construcción del ECP contra los riesgos de choque eléctrico y de la energía.

3.5.1 Protección contra choque eléctrico

Las medidas de protección contra choques eléctricos dependen de la clasificación de tensión decisiva del circuito. El DVC indica el nivel mínimo requerido de protección para el circuito. Los circuitos que se consideren DVC-A son seguros para tocar, los DVC-B y C no deben ser accesibles a menos que cumplan con los requisitos de protección en caso de contacto directo. Si las medidas de protección no se cumplen, la clasificación de DVC deber ser elevada a una clasificación más estricta.

Si dos circuitos están conectados o separados por un aislamiento funcional, son tratados como un solo circuito en la determinación de la DVC. La determinación de la clasificación de tensión decisiva del circuito se realiza mediante la Tabla 12.

Clase de tensión decisiva (DVC)	Límites de tensión de funcionamiento V		
	tensión c.a. r.m.s. U_{ACL}	tensión de c.a. valor de pico U_{ACPL}	tensión de c.c. valor medio U_{DCL}
	A*	≤ 25 (16)	≤ 35,4 (22,6)
B	50 (33)	71 (46,7)	120 (70)
C	>50 (>33)	>71 (>46,7)	>120 (>70)

Los valores de la tabla entre paréntesis son para utilizar para ECPs o partes de ECP asignados para instalación en lugares húmedos como se indica en el apartado 6.1 para las categorías de medio ambiente y condiciones medioambientales mínimas.

* Se permite que los circuitos de clase DVC-A tengan en condiciones de falta tensiones hasta los límites de la clase DVC-B, durante un máximo de 0,2 s.

Tabla 12. Resumen de los límites de las clases de tensión decisivas. [6]

Las piezas conductoras puestas a tierra accesibles a tierra deben separarse de los circuito con clasificación DVC-B y C mediante al menos un aislamiento básico. Las de sin conexión a tierra mediante un aislamiento reforzado, doble aislamiento o separación de protección. La Tabla 13 muestra ejemplos que cumplen con los requisitos, dependiendo de la clasificación DVC.

DVC del circuito considerado	Protección requerida contra contacto directo según el apartado 7.3.4	Aislamiento a piezas con conexión a tierra	Aislamiento a piezas conductoras accesibles adyacentes que no tienen conexión a tierra	Aislamiento a circuitos adyacentes de DVC:		
				A	B	C
A	No	f	f	f	p ²⁾	P ²⁾
B	Si	b	p		B ¹⁾	B ¹⁾
C	Si	b	p			B ¹⁾

^f Aislamiento funcional; para los circuitos adyacentes el aislamiento se basa en el circuito de mayor tensión.

^b Aislamiento básico; para los circuitos adyacentes el aislamiento se basa en el circuito de mayor tensión.

^p Separación de protección; para los circuitos adyacentes el aislamiento se basa en el circuito de mayor tensión.

1) Se permite el aislamiento funcional si tanto el circuito considerado y los circuitos adyacentes están separados de las partes conductoras accesibles y de los circuitos de DVC-A por el aislamiento o separación que garantice la protección adecuada, basada en el circuito de tensión más alta.

2) Se permite el uso de aislamiento básico entre el circuito considerado y el circuito DVC-B o -C si se proporciona protección contra el contacto directo con el circuito considerado mediante aislamiento básico o suplementario o mediante barreras o recintos. La protección contra el contacto directo con el circuito considerado debe basarse en la tensión del circuito DVC-B o -C - véanse los apartados 7.3.4.2 y 7.3.4.3.

Tabla 13. Ejemplos de aplicación de aislamiento y separación. [6]

Para determinar la tensión de trabajo del circuito para la clasificación DVC del circuito se consideran 3 casos de forma de onda:

- Tensión de CA de funcionamiento:

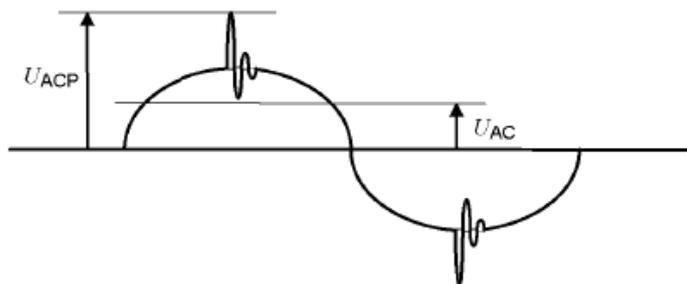


Figura 18. Típica forma de onda de una tensión de trabajo de corriente alterna. [6]

$$U_{AC} \leq U_{ACL}$$

$$U_{ACP} \leq U_{ACPL}$$

- Tensión de trabajo de CC:

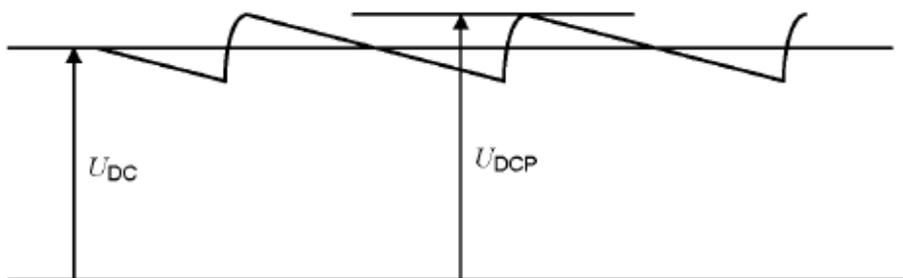


Figura 19. Forma de onda típica para una tensión de trabajo de CC. [6]

El rizado no debe tener un valor eficaz superior al 10% de la U_{DC} .

$$U_{DC} \leq U_{DCL}$$

$$U_{DCP} \leq 1,17 \times U_{DCL}$$

- Tensión de trabajo pulsante:

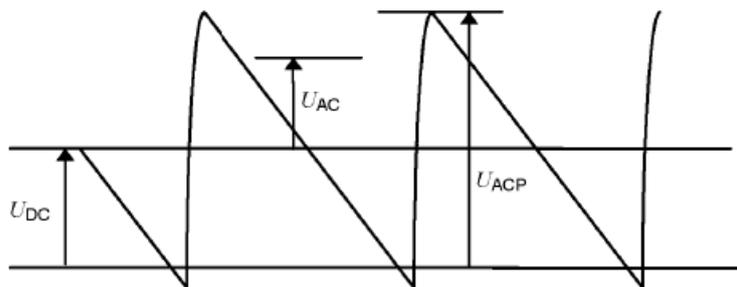


Figura 20. Típica forma de onda de tensión de trabajo pulsante. [6]

$$U_{AC} / U_{ACL} + U_{DC} / U_{DCL} \leq 1$$

$$U_{ACP} / U_{ACPL} + U_{DC} / (1,17 \times U_{DCL}) \leq 1$$

La tensión de rizado no debe tener un valor eficaz superior al 10% de la tensión U_{DC} .

3.5.2 Protección contra contactos directos.

Los sub-ensamblajes de tipo abierto y los dispositivos no requieren medidas de protección contra contacto directo. Tampoco los equipos destinados a funcionar en instalaciones eléctricas cerradas salvo excepción. Esta protección se puede llevar a cabo mediante:

- envolventes y barreras: Las partes envolventes o barreras no deben ser desmontables sin la utilización de una herramienta. Además, los materiales poliméricos deben cumplir con el apartado 3.5.4.2.1.
- o
- aislamiento de partes en tensión: Cuando existe protección mediante envolventes o barreras, las partes en tensión deben estar provistas de aislamiento, a excepción de circuitos con clasificación DVC-A.

3.5.2.1 Envolventes y barreras. Criterios de sonda de acceso.

La protección entre la sonda de ensayo y la parte en tensión se considera alcanzada cuando:

- a) DVC-A: La sonda puede tocar la parte en tensión
- b) DVC-B: la sonda debe tener una distancia suficiente con las partes en tensión, basada en la distancia para el aislamiento funcional.
- c) DVC-C: la sonda debe tener una distancia suficiente con las partes en tensión, basada en la distancia de aislamiento de base.

3.5.2.2 Aislamiento de partes en tensión.

El aislamiento debe calificarse en función de la tensión de impulso, sobretensión temporal o la tensión de trabajo (véase 3.5.4.2.1) dependiendo de cuál sea el más restrictivo.

Cualquier parte que no esté separado de circuitos DVC-B o C será considerada una parte en tensión. Una parte metálica accesible se considera conductor si no cumple con los requisitos básicos de aislamiento. También se contempla el uso de una distancia de aislamiento según 3.5.4.2.1.

Se consideran 3 casos:

- a) Las partes accesibles son conductoras y están conectadas a tierra por un cable de conexión.
 - Se requiere aislamiento básico entre las partes accesibles y las partes en tensión (véase Figura 21, 1a), b) y c)).
 - Se requiere aislamiento funcional en los circuitos DVC-A inaccesibles que solo están separados mediante aislamiento básico de otro circuito adyacente DVC-C (véase Figura 21, 3a)).
- b) Las partes accesibles no son conductoras y no están conectadas a tierra mediante un cable de protección y
- c) Las partes accesibles son conductoras y no están conectadas a tierra mediante un cable de protección
 - Aislamiento doble o reforzado entre las partes accesibles y en tensión de DVC-B y C (véase Figura 21, 1b), 1c), 2b) y 2c)).
 - Para cuando otros circuitos adyacentes estén involucrados, consultar la **Tabla 8** (véase Figura 21, 3b) y 3c)).

Circuito considerado (el más cercano a partes accesibles)	Circuitos adyacentes	Aislamiento entre el circuito considerado y el circuito adyacente	Aislamiento entre el circuito considerado y partes accesibles aisladas de tierra
DVC-A	DVC-B o DVC-C	Básico ^a	Reforzado ^a
		Suplementario ^a	Funcional
DVC-B	DVC-C	Básico ^a	Reforzado ^a
		Suplementario ^a	Reforzado

^a Basado en la tensión del circuito que tiene el DVC superior.

Tabla 14. Aislamiento entre partes accesibles aisladas de tierra y circuitos de clase DVC-A o B adyacentes a circuitos de clase DVC-B o C. [6]

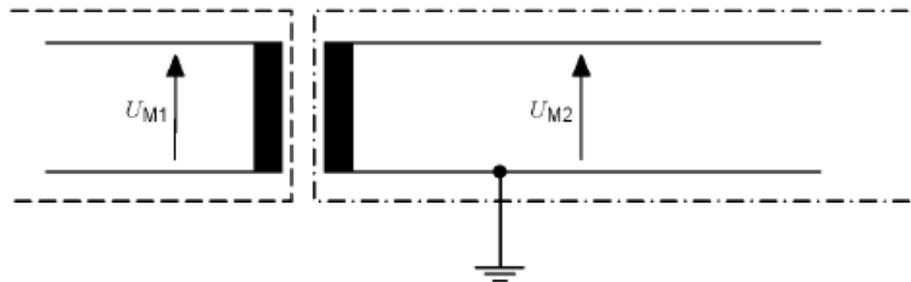
Tipo de aislamiento	Configuración de aislamiento				
	a Partes accesibles conductoras y conectadas a tierra mediante cable de protección	b Partes accesibles no conductoras	c Partes accesibles conductoras, pero NO está conectado tierra por cable de protección		
1) Sólido o líquido					
2) Parcial o totalmente por distancia en aire					
3) Aislamiento para circuitos adyacentes: "Ic", indica aislamiento basado en el circuito DVC-C					
4) Requisitos para las aperturas de las envolventes					
Leyenda					
C	Parte en tensión o circuito de DVC-C	L _B	Distancia para aislamiento básico	T	Sonda de ensayo según el apartado 7.3.4.2.3
A	Circuito adyacente de DVC-A	L _R	Distancia para aislamiento reforzado	L _S	Distancia para aislamiento suplementario
S	Superficie accesible	M	Parte conductora	I	Aislamiento menor que el básico
FI	Aislamiento funcional	BI	Aislamiento básico	SI	Aislamiento suplementario
RI	Aislamiento reforzado	DI	Aislamiento doble		
NOTA 1 En la fila 4), la inserción del dedo de ensayo se considera que representa la primera falta.					
NOTA 2 Esta figura muestra ejemplos solamente, y no pretende abarcar todas las situaciones.					

Figura 21. Ejemplos de protección contra contactos directos para los circuitos de DVC-C. [6]

3.5.3 Protección en caso de contacto directo.

Esta protección no es necesaria si:

- El circuito es DVC-A y/o cumple con los requisitos de protección.
- Esta limitado en tensión o posee protección de impedancia.



Leyenda

U_{M1} Arbitraria con o sin puesta a tierra

U_{M2} Tensión decisiva DVC-A, con o sin puesta a tierra

----- Protección contra contactos directos

- Separación de protección de los circuitos que requieren una protección contra el contacto directo

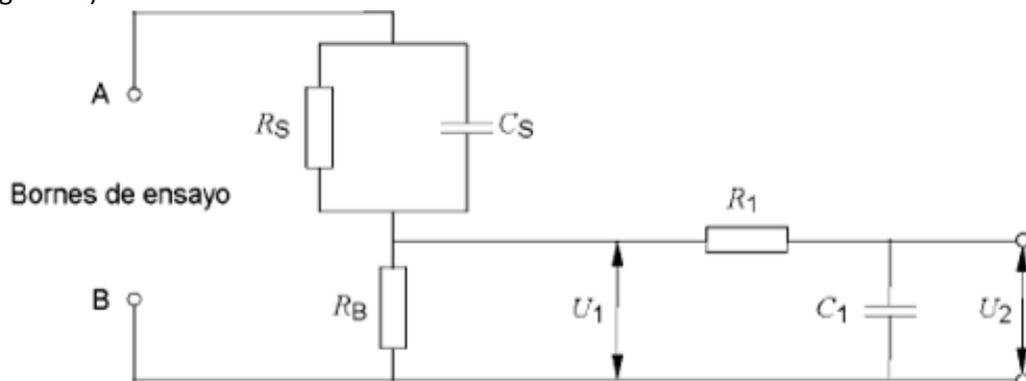
Figura 22. Protección mediante DVC-A con una separación de protección. [6]

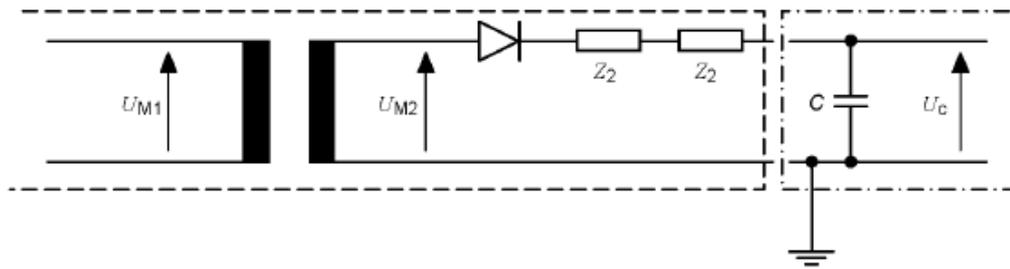
3.5.3.1 Protección por medio de impedancia de protección:

Los circuitos y elementos conductores no requieren protección contra contactos directos si cualquier conexión a circuitos DVC-B y C es mediante protección de impedancia y el circuito o pieza accesible cumple con el apartado 3.5.1.

- Limitación de corriente a través de impedancia de protección: La corriente disponible a través de la impedancia de protección entre partes accesibles simultáneas no debe ser superior a 3,5 mA en CA y 10 mA en CC en condiciones de falta normal y simple.

El cumplimiento se verifica mediante ensayo, utilizando el circuito de la figura 4 de la Norma IEC 60990 (véase Figura 23).





Leyenda

- Protección contra contactos directos
- . - . - . Separación de protección de los circuitos que requieren una protección contra el contacto directo

NOTA Para los circuitos conectados a tierra, la limitación de carga se aplica desde las piezas accesibles a tierra, y entre partes accesibles simultáneamente.

Figura 25. Protección por limitación de la energía de descarga. [6]

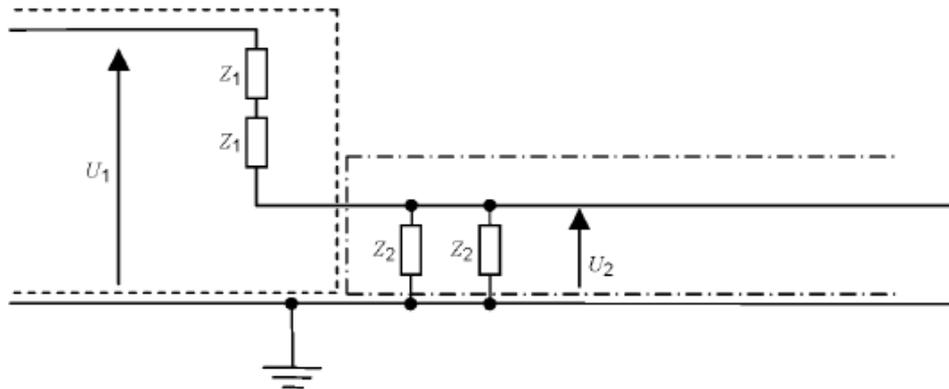
Tensión V	Capacidad μF	Tensión kV	Capacidad nF
70	42,4	1	8,0
78	10,0	2	4,0
80	3,8	5	1,6
90	1,2	10	0,8
100	0,58	20	0,4
150	0,17	40	0,2
200	0,091	60	0,133
250	0,061		
300	0,041		
400	0,028		
500	0,018		
700	0,012		

Tabla 15. Los valores de capacitancia accesible y tensión de carga (umbral del dolor). [6]

3.5.3.2 Protección por medio de tensiones limitadas:

La parte de un circuito cuya tensión se reduce a DVC-A mediante divisor de tensión no requiere protección contra el contacto directo.

El divisor de tensión se debe diseñar de modo que en condiciones de falta simple y normal no se supere la tensión DVC-A. Este tipo de protección no debe usarse en caso de la clase de protección II (véase 3.5.4.2) o en circuitos aislados a tierra.



Leyenda

- U_1 Tensión peligrosa, conectada a tierra.
- U_2 Tensión decisiva DVC A

Figura 26. Protección por medio de limitación de tensión. [6]

3.5.4 Protección contra contactos indirectos.

La protección contra contactos indirectos es necesaria en caso de que se dé un fallo en el aislamiento.

Debe cumplirse para las clases de protección I, II y III.

- Protección de clase I: Aislamiento básico con toma a tierra.
- Protección de clase II: Aislamiento doble reforzado.
- Protección de clase III: Limitación de tensiones.

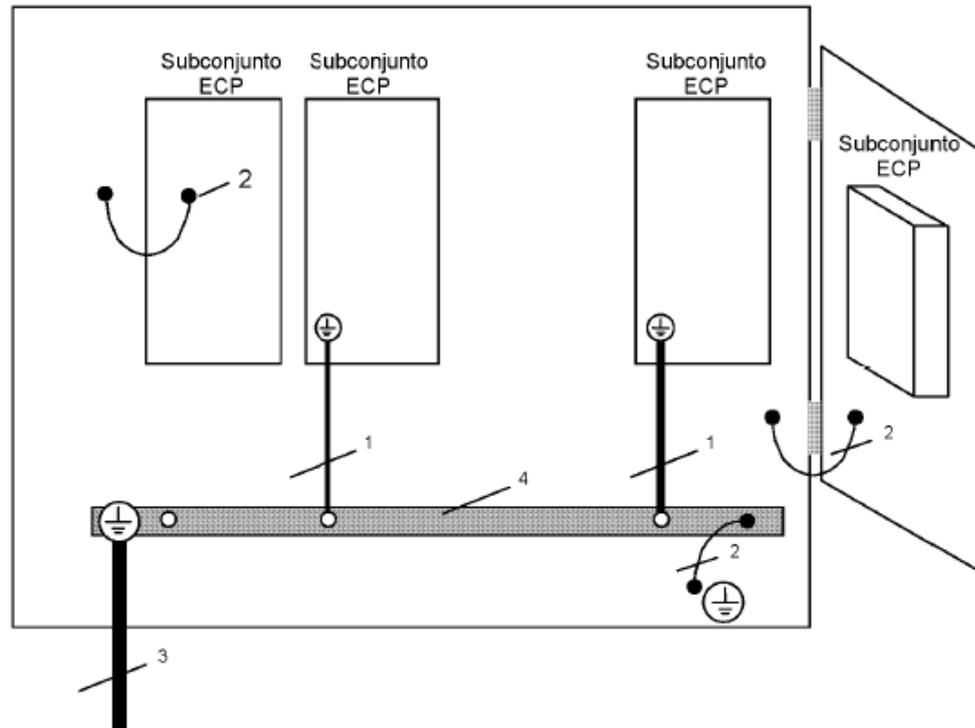
Las partes conductoras accesibles de los equipos estarán separadas de las partes en tensión mediante un aislamiento que cumpla los requisitos de la Tabla 18 y Figura 21 o por distancias especificadas y líneas de fuga (véase 3.5.4.2.1).

3.5.4.1 Protección de clase I.

Deben estar provistos de puesta a tierra de protección y con cable de protección para asegurar el contacto eléctrico entre las partes conductoras accesibles y los medios de conexión para el conductor externo de puesta a tierra de protección exceptuando:

- a) partes conductoras accesibles con protección de impedancia o limitación de tensión.
- b) partes conductoras accesibles que están separadas de las partes de tensión DVC-B y C que utilizan aislamiento doble o reforzado.

La Figura 27 muestra un ejemplo de ECP y su puesta a tierra.



Leyenda

- 1 Conductores de puesta a tierra de protección del subconjunto ECP (dimensionadas de acuerdo con los requisitos de cada subconjunto)
- 2 Conexión de protección (puede ser un conductor de unión, elementos de sujeción, u otros medios)
- 3 Conductor de puesta a tierra de protección del ECP (dimensionado de acuerdo con los requisitos para todo el sistema ECP)
- 4 Barra de puesta a tierra

Figura 27. Ejemplo de conexión de protección y de puesta a tierra. [6]

El contacto eléctrico con los medios de conexión del conductor de protección externo de puesta a tierra debe llevarse mediante uno o más de los siguientes medios:

- Contacto metálico directo
- Otros elementos conductores
- Conductores de conexión de protección
- Otros componentes metálicos del ECP

En caso de utilizar contacto metálico directo y que una o ambas partes involucrada se este pintada o recubierta, se deberá retirar la pintura en la zona de contacto o asegurar la conexión.

La conexión de protección debe cumplir con los siguientes requisitos:

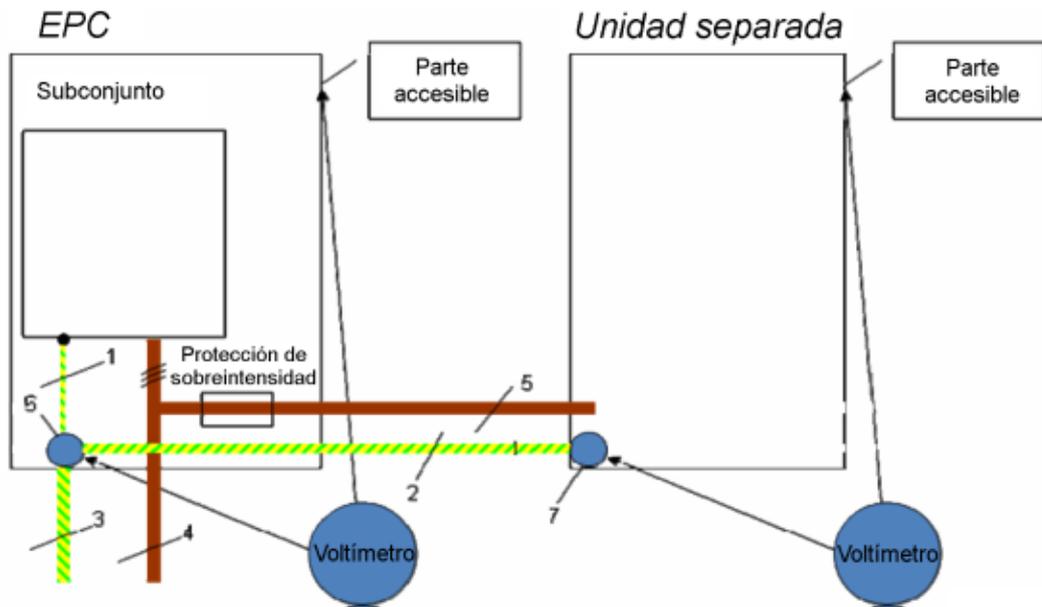
- Para ECP con protección de sobre intensidad menor o igual a 16 A, la impedancia de los medios de unión de protección no debe exceder de 0,1 ohm durante o al final del 3.5.4.1.1.
- Para ECP con protección de sobre intensidad mayor de 16 A, la caída de tensión en el ensayo de la conexión de protección no debe exceder los 2,5 V durante o al final de los ensayos que se enumeran a continuación.

3.5.4.1.1 Ensayo de impedancia de la conexión de protección.

Se hace pasar una corriente a través de la conexión por un periodo de tiempo. La corriente de ensayo se basa en la protección contra sobreintensidad.

Las tensiones se miden entre borne de puesta a tierra de protección a todas las partes cuyos medios de protección están siendo considerados. No se incluye la impedancia del conductor de puesta a tierra de protección.

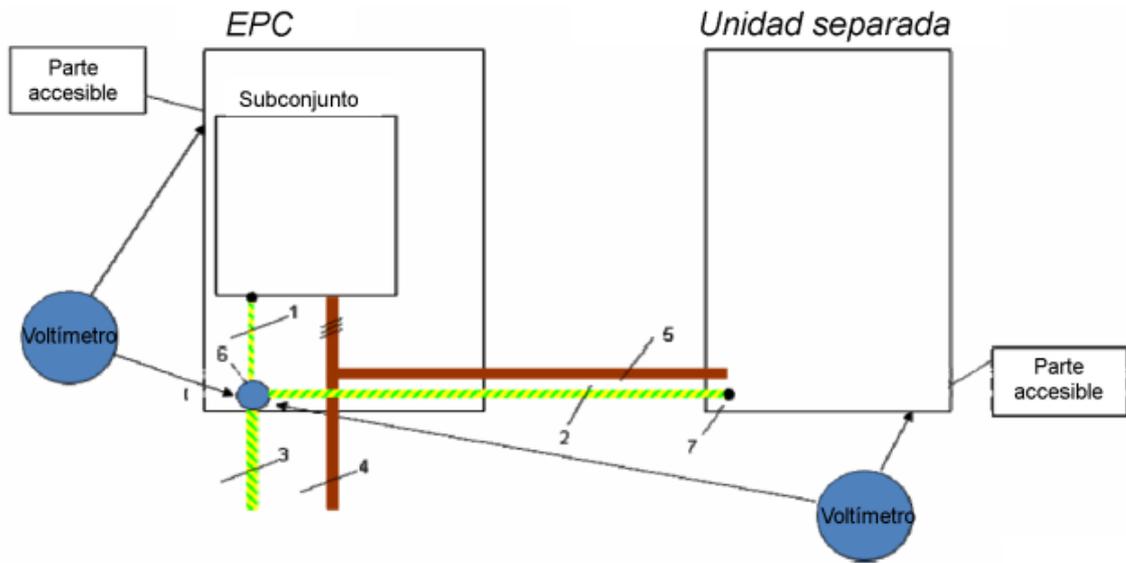
En equipos la conexión a tierra de protección a un subconjunto es parte de un cable que también suministra energía al subconjunto, no se incluirá en la medida su impedancia (no se aplica en caso de que el cable no cuente con un dispositivo de protección en función del tamaño del conductor), como se indican en la Figura 28 y Figura 29.



Leyenda

- 1 Conductor de protección
- 2 Conductor de puesta a tierra de protección para la unidad separada
- 3 Conductores de puesta a tierra de protección para el ECP
- 4 Suministro de energía de la red
- 5 Suministro de energía desde el ECP a la unidad separada, con protección contra la sobrecorriente
- 6 Borne del conductor de puesta a tierra de protección externo
- 7 Borne del conductor de puesta a tierra de protección para la unidad separada

Figura 28. Ensayo de la impedancia de la conexión de protección para una unidad independiente que se alimenta desde el ECP, con protección de sobrecorriente en el cable de alimentación. [6]



Leyenda

- 1 Conductor de protección
- 2 Conductor de protección para la unidad separada
- 3 Conductor de puesta a tierra de protección para el EPC
- 4 Suministro de energía de la red
- 5 Suministro de energía desde el EPC a la unidad separada, sin protección de sobreintensidad
- 6 Borne del conductor de puesta a tierra de protección externo
- 7 Borne del conductor de para la unidad separada (puede ser más de 1)

Figura 29. Ensayo de impedancia de la conexión de protección para la unidad separada con partes accesibles y con la potencia alimentada desde el EPC, sin protección contra la sobreintensidad. [6]

La corriente de ensayo y su duración son los siguientes:

- a) Para EPC con un dispositivo de protección de sobre intensidad de 16 A o menos, la corriente de ensayo es 200% de la sobreintensidad asociada al dispositivo de protección, pero no menos de 32 A, aplicada durante 120 s. La impedancia de los medios de conexión de protección debe aguantar y al final del ensayo no superar los 0,1 Ω .
- b) Para EPC con un dispositivo de protección de sobre intensidad de más de 16 A, la corriente del ensayo es 200% de la nominal del dispositivo de protección y la duración según la Tabla 16. La caída de tensión en los medios de conexión de protección no debe superar los 2,5 V.

- c) Durante y después del ensayo no debe haber cualquier daño que pueda menoscabar la eficacia de los medios de conexión de protección.

Característica asignada del equipo de protección de sobreintensidad	Duración del ensayo
A	min
>16 a 30	2
31 a 60	4
61 a 100	6
101 a 200	8
> 200	10

Tabla 16. Duración del ensayo para el ensayo de la conexión de protección. [8]

Si la continuidad de la conexión de protección se consigue mediante un único medio, o si el ECP se monta en la ubicación de la aplicación, la impedancia de conexión de protección también debe someterse a un ensayo individual de acuerdo con el apartado 3.5.4.2.1, a excepción de:

- La corriente de ensayo podrá reducirse a cualquier valor práctico mayor de 10 A.
- La duración del ensayo podrá reducirse a no menos de 2 s.

3.5.4.2 Protección de clase II.

Los equipos diseñados para la clase de protección de clase II deben tener aislamiento entre las partes de tensión y las zonas accesibles según se especifica en 3.5.2.2 .Además:

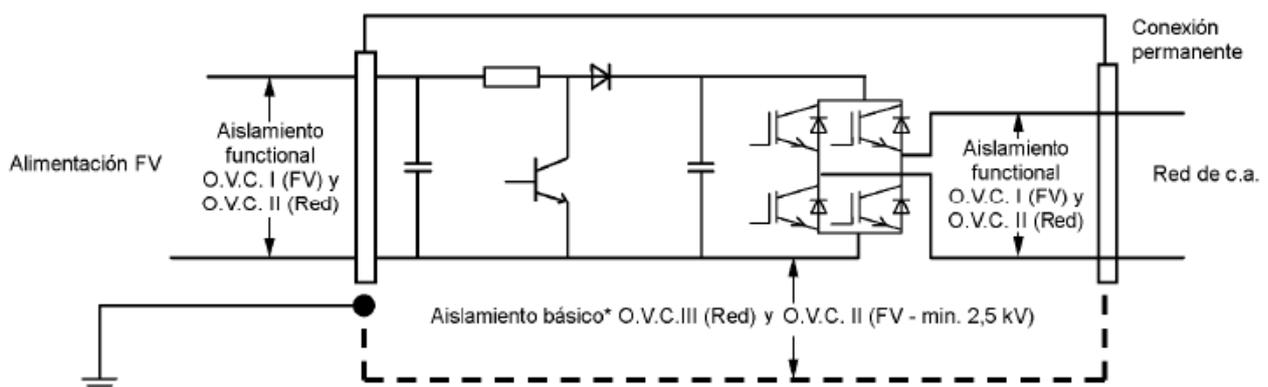
- No debe tener medios de conexión para el conductor de tierra de protección externa (no aplica si el conductor se pasa a través del equipo a otros en serie. En este caso, se aísla con asilamiento básico).
- Un equipo con envoltorio de metal puede tener la posibilidad de conectar un conductor de conexión equipotencial.
- Puede tener la implementación de una conexión de puesta a tierra, sin embargo, debe ser aislado como si se tratase de una parte en tensión.

3.5.4.2.1 Asilamiento incluyendo las distancias de separación y líneas de fuga.

El asilamiento se tiene en cuenta después de valorar:

- grado de contaminación: De acuerdo con el apartado 3.4.
- conexión a tierra.
- tensión de asilamiento.
- localización del aislamiento.
- tipo de aislamiento.
- categoría de sobretensión: Aplicable a cada circuito separado en el ECP.
 - a) Para equipos o circuitos de alimentación, alimentados desde la red se consideran 4 categorías de sobretensión:
 - Categoría IV: Equipos conectados permanentemente en el origen de una instalación (aguas arriba del cuadro de distribución principal).
 - Categoría III: Equipos fijos aguas abajo.
 - Categoría II: Equipos no conectados permanentemente.

- Categoría I: Equipos conectados a un circuito con medidas de reducción de sobretensiones transitorias a nivel bajo.
 - b) Para los circuitos fotovoltaicos en general, se supone Categoría III.
 - c) En el caso de ECP con aislamiento galvánico entre la red y circuitos FV, la sobre tensión soportada a impulso se determina por a) y b) y entonces el efecto de la reducción de la OVC a través del aislamiento se evalúa:
 - La magnitud de los impulsos producidos en el circuito de alimentación de FV se determina mediante la reducción de la OCV en un nivel.
 - La clasificación que se usará en el circuito FV será la mayor entre b) y el calculado anteriormente.
 - La magnitud de los impulsos producidos en el circuito de energía fotovoltaica en el circuito de la red se determina mediante la reducción de la OCV en un nivel.
 - La clasificación que se usará en el circuito de alimentación será la mayor entre a) y el calculado anteriormente.
 - d) Para ECP que no cuentan con aislamiento galvánico entre la red y el FV , la clasificación para soportar impulsos de tensión de la red eléctrica y de los FV se determina como en a) y b) y se utiliza la mayor de las 2 clasificaciones de soportar impulsos de tensión.
 - e) Para otros circuitos la clasificación de resistir impulsos de tensión es la clasificación más severa determinada por:
 - para circuitos conectados a la red/FV sin aislamiento galvánico, se aplica la tensión a impulso soportada por la red/FV.
 - donde el aislamiento es similar al galvánico, el valor asignado de la tensión soportada a impulso del circuito considerado se reduce un nivel con respecto a la del circuito adyacente.
 - f) Las categorías de sobretensión determinadas como se indica anteriormente se aplican desde los circuitos a tierra. La categoría que se le aplica a un aislamiento funcional de cada circuito es una categoría inferior que se aplica desde el circuito de tierra.
 - g) Aplicación de medios para reducir las tensiones de impulso: Para aislamiento básico y funcional, si se proporcionan medios de reducción de transitorios que reduzcan los impulsos a los valores más bajos, puede diseñarse el aislamiento para los niveles de impulso reducidos.



Aislamiento básico *: OVC III basado en la tensión del sistema de alimentación y O.V.C. II de FV. Se aplica el más severo de estos requisitos. No hay reducción de la tensión de impulso o de la categoría de sobretensión de la red o FV.

Aislamiento funcional: OVC II sobre la base de la tensión del sistema de alimentación y O.V.C. I de FV. Se aplica el más severo de estos requisitos.

Figura 30. Ejemplo de un inversor FV sin transformador. [6]

La Tabla 17 hace uso de la categoría de tensión y sobretensión del circuito para definir la tensión soportada a impulso y la sobre tensión temporal:

Columna 1	2	3	4	5	6
Tensión del sistema (7.3.7.2) V	Tensión soportada a impulso V				Circuito de alimentación. Sobretensión temporal (pico/eficaz) (véase nota 5) V
	Categoría de sobretensión				
	I	II	III	IV	
50 V rms o 71 V cc	330	500	800	1 500	1 770 / 1 250
100 V rms o 141 V cc	500	800	1 500	2 500	1 840 / 1 300
150 V rms o 213 V cc	800	1 500	2 500	4 000	1 910 / 1 350
300 V rms o 424 V cc	1 500	2 500	4 000	6 000	2 120 / 1 500
600 V rms o 849 V cc	2 500	4 000	6 000	8 000	2 550 / 1 800
1 000 V rms o 1 500 V cc	4 000	6 000	8 000	12 000	3 110 / 2 200
NOTA 1 No está permitida la interpolación en los circuitos de alimentación, pero se permite en otros circuitos.					
NOTA 2 La última fila sólo se aplica a los sistemas monofásicos, o la tensión de línea en sistemas trifásicos.					
NOTA 3 La columna 6, sobretensiones temporales, sólo se aplica a los circuitos de alimentación.					
NOTA 4 Los circuitos FV son, en general OVCII con una tensión mínima de impulso de 2 500 V – véase el punto 7.3.7.1.2b).					
NOTA 5 Estos valores se obtienen a partir de la fórmula (1 200 V + tensión del sistema) de la Norma IEC 60664-1.					

Tabla 17. Tensión de aislamiento para circuitos de baja tensión. [6]

Los aislamiento básico, suplementario y reforzado entre un circuito y sus alrededores de diseña según:

- tensión a impulso.
- sobretensión temporal.
- tensión de funcionamiento del circuito.

Aislamiento funcional:

Para las piezas o circuitos en la categoría de sobretensión I, el aislamiento se debe de diseñar de acuerdo con la tensión de trabajo a través del aislamiento.

Para las piezas o circuitos en la categoría de sobretensión II, III y IV, el aislamiento funcional debe diseñarse de acuerdo con el impulso de tensión aplicable según la Tabla 17.

Distancias de aislamiento:

La tabla 13 determina las distancias de aislamiento mínima necesaria para proporcionar aislamiento básico, funcional o suplementario. Las distancias de aislamiento para su uso en altitudes mayores a los 2000 m se deben calcular con un factor de corrección según la Tabla 19.

Columna 1	2	3	4	5	6
Impulso de tensión (tabla 12 y 7.3.7.1.4)	Sobretensión temporal (valor de pico) para determinar el aislamiento entre circuitos y sus alrededores o Tensión de trabajo (pico repetitivo) para determinar el aislamiento funcional	Tensión de trabajo (pico repetitivo) para determinar el aislamiento entre circuitos y sus alrededores	Distancia de aislamiento mm		
			Grado de contaminación		
V	V	V	1	2	3
N/A	≤ 110	≤ 71	0,01	0,20 ^a	0,80
N/A	225	141	0,01	0,20	0,80
330	340	212	0,01	0,20	0,80
500	530	330	0,04	0,20	0,80
800	700	440	0,10	0,20	0,80
1 500	960	600	0,50	0,50	0,80
2 500	1 600	1 000	1,5		
4 000	2 600	1 600	3,0		
6 000	3 700	2 300	5,5		
8 000	4 800	3 000	8,0		
12 000	7 400	4 600	14,0		
NOTA 1 Se permite la interpolación.					
NOTA 2 Ejemplos de distancias de aislamiento figuran en el anexo A.					
NOTA 3 Las distancias de aislamiento para sobretensiones temporales y tensión de trabajo se han obtenido de la tabla A.1 de la Norma IEC 60664-1. En la columna 2, la tensión es aproximadamente el 80% de la tensión soportada, en la columna 3, la tensión es aproximadamente el 50% de la tensión soportada.					
^a 0,1 mm en el PLP.					

Tabla 18. Distancias de aislamiento. [6]

Altitud m	Presión normal barométrica kPa	Factor de multiplicación para distancias de aislamiento
2 000	80,0	1,00
3 000	70,0	1,14
4 000	62,0	1,29
5 000	54,0	1,48
6 000	47,0	1,70
7 000	41,0	1,95
8 000	35,5	2,25
9 000	30,5	2,62
10 000	26,5	3,02
15 000	12,0	6,67
20 000	5,5	14,50

Tabla 19. Factor de corrección para las distancias de aislamiento a altitudes superiores a 2000 m. [6]

Líneas de fuga:

Las líneas de fuga deben ser lo suficientemente grandes para impedir la degradación a largo plazo de la superficie de aislamiento sólido.

Para aislamiento funcional, básico y suplementario se aplican directamente los valores de la Tabla 20. Para el reforzado se duplican.

Los materiales aislantes se clasifican en 4 grupos correspondientes a su índice de seguimiento comparativo según:

- Grupo I - $CTI \geq 600$
- Grupo II - $600 > CTI \geq 400$
- Grupo III - $400 > CTI \geq 175$
- Grupo IV - $175 > CTI \geq 100$

Columna 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor eficaz de la tensión de trabajo (7.3.7.5.2) V	PWBs ^a		Otros aisladores								
	Grado de contaminación		Grado de contaminación								
	1	2	1	2				3			
	b	c	b	Grupo de material aislante				Grupo de material aislante			
			I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb	
≤ 2	0,025	0,04	0,056	0,35	0,35	0,35	0,87	0,87	0,87		
5	0,025	0,04	0,065	0,37	0,37	0,37	0,92	0,95	0,92		
10	0,025	0,04	0,08	0,40	0,40	0,40	1,0	1,0	1,0		
25	0,025	0,04	0,125	0,50	0,50	0,50	1,25	1,25	1,25		
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1,3	1,3	1,3		
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,80	1,1	1,4	1,6	1,8		
50	0,025	0,04	0,18	0,60	0,85	1,20	1,5	1,7	1,9		
63	0,04	0,063	0,20	0,63	0,90	1,25	1,6	1,8	2,0		
80	0,063	0,10	0,22	0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1		
100	0,10	0,16	0,25	0,71	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2		
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4		
160	0,25	0,40	0,32	0,80	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5		
200	0,40	0,63	0,42	1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2		
250	0,56	1,0	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4,0		
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2	4,0	4,5	5,0		
400	1,0	2,0	1,0	2,0	2,8	4,0	5,0	5,6	6,3		
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0		
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10,0		
800	2,4	4,0	2,4	4,0	5,6	8,0	10,0	11	12,5		^d
1 000	3,2	5,0	3,2	5,0	7,1	10,0	12,5	14	16		
1 250	4,2	6,3	4,2	6,3	9	12,5	16	18	20		
1 600	^e	^e	5,6	8,0	11	16	20	22	25		
2 000			7,5	10,0	14	20	25	28	32		
2 500			10,0	12,5	18	25	32	36	40		
3 200			12,5	16	22	32	40	45	50		
4 000			16	20	28	40	50	56	63		
5 000			20	25	36	50	63	71	80		
6 300			25	32	45	63	80	90	100		
8 000			32	40	56	81	100	110	125		
10 000			40	50	71	100	125	140	160		

^a Estas columnas también se aplican a los componentes y partes de PWBs, y a otras líneas de fuga con un control de las tolerancias comparable.
^b Todos los grupos de materiales.
^c Todos los grupos de materiales, excepto IIIb.
^d Normalmente no se recomiendan materiales aislantes del grupo IIIb para el grado de contaminación 3 por encima de 630 V.
^e Por encima de 1 250 V utilizar los valores de las columnas 4 a 11, según corresponda.
 NOTA Se permite interpolar.

Tabla 20. Líneas de fuga (mm). [6]

Recubrimiento:

Se puede hacer uso de recubrimientos para proporcionar aislamiento, proteger contra la contaminación y permitir la reducción de las líneas de fuga y distancias de aislamiento.

3.5.5 Compatibilidad con dispositivos de Detección (RCD) y Vigilancia (RCM) de corriente residual.

Los dispositivos RCD y RCM se utilizan para proporcionar protección contra fallos de aislamiento en los circuitos de alimentación, además del uso de otros dispositivos.

Un ECP enchufable tipo A se debe diseñar de modo que, en condiciones de falta normal y simple, cualquier componente de CC de la corriente residual no exceda los límites establecidos por las Normas IEC 60755 e IEC 62020.

Para ECP enchufable tipo B o equipos fijos, pueden tener un componente de CC en exceso a soportar, especificada en las Normas IEC 60755 e IEC 62020.

3.5.5.1 Caso de un crecimiento continuo de la corriente diferencial residual con componentes de corriente continua.

El ensayo se debe realizar según el circuito de la Figura 31.

Los interruptores S_1 y S_2 deben estar cerrados. El tiristor debe estar controlado de tal forma que se puedan obtener ángulos de retardo de corriente α de 0° , 90° y 135° . Cada polo del RCM debe ensayarse 2 veces para cada ángulo de retardo para la posiciones I y II del interruptor S_3 .

En cada ensayo, la corriente debe aumentarse de forma continua con una tasa de crecimiento aproximadamente de $1,4 I_{\Delta n}/30$ A/s donde $I_{\Delta n}$ es superior a 0,01 A y con una tasa de crecimiento de $2 I_{\Delta n}/30$ A/s para los RCM donde $I_{\Delta n}$ es inferior o igual a 0,01 A. La corriente de actuación viene dada por al Tabla 21.

Angulo α	Corriente de actuación	
	A	
	Límite inferior	Límite superior
0°	$0,35 I_{\Delta n}$	} $1,4 I_{\Delta n}$ ó $2 I_{\Delta n}$ (apartado 5.2.6)
90°	$0,25 I_{\Delta n}$	
135°	$0,11 I_{\Delta n}$	

Tabla 21. Valor de la corriente de actuación. [8]

3.5.5.2 Caso de aparición súbita de corrientes diferenciales residuales con componentes de corriente continua.

El ensayo se debe realizar según el circuito de la Figura 31.

Estando el circuito sucesivamente calibrado a los valores de $I_{\Delta n}$, $2 I_{\Delta n}$ y $5 I_{\Delta n}$ y el interruptor auxiliar S_1 en posición cerrado, la corriente residual se establece súbitamente cerrando el interrupto S_2 .

Se efectúan dos ensayos para cada valor de corriente residual, multiplicando por 1,4 para los RCM con $I_{\Delta n}$ superior a 0,01 A, y multiplicando por 2 para los RCM con $I_{\Delta n}$ inferior o igual a 0,01 A, con un ángulo de retardo de corriente $\alpha = 0^\circ$, estando el interruptor auxiliar S_3 en posición I para el primer ensayo y en posición II para el segundo ensayo.

El RCM debe funcionar en cada uno de los ensayos en 10s o menos.

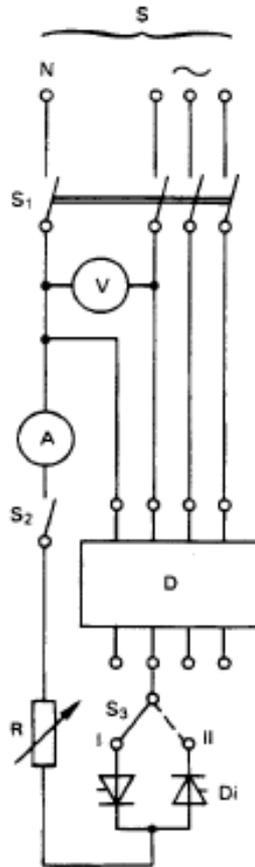


Figura 31. Circuito de ensayo para la verificación del funcionamiento correcto de los RCM en caso de corriente residual diferencial pulsante. [8]

S = Alimentación	V = Voltímetro	A = Amperímetro (valores eficaces)
D = RCM en ensayo	D _i = tiristores	R = Resistencia variable
S ₁ = interruptor multipolar	S ₂ = Interruptor unipolar	S ₃ Interruptor de dos vías

3.5.6 Protección contra los peligros de la energía.

3.5.6.1 Determinación del nivel de energía peligrosa.

Se considera que existe un nivel de energía peligrosa sí:

- la tensión disponible es de 2 V o más y la potencia disponibles después de 60 s excede los 240 VA.
El cumplimiento se verifica por cálculos o por el siguiente ensayo:
Con el funcionamiento del equipo en condiciones normales, se conecta una carga resistiva variable y se ajusta para obtener 240 VA. Si la tensión es de 2 V o más, la potencia de salida está a un nivel peligroso, a menos que el dispositivo contra sobrecorriente se abra, o si por cualquier razón no se pudiera mantener la potencia a 240 VA durante 60 s.
- la energía se almacena en un condensador a una tensión U de 2 V o más y la energía almacenada E calculada es mayor a 20 J.
$$E = 0,5CU^2$$

donde: E es energía en Julios.
C es la capacidad en Culombios.
U es la tensión en Voltios.

3.5.7 Pruebas eléctricas relacionadas con el choque eléctrico.

3.5.7.1 Ensayo de impulso de tensión (ensayo de tipo).

Se realiza con una tensión que tiene forma de onda 1,2/50 μ s (véase Figura 32), y está destinado a simular sobretensiones. Véase la Tabla 22 para las condiciones de ensayo.

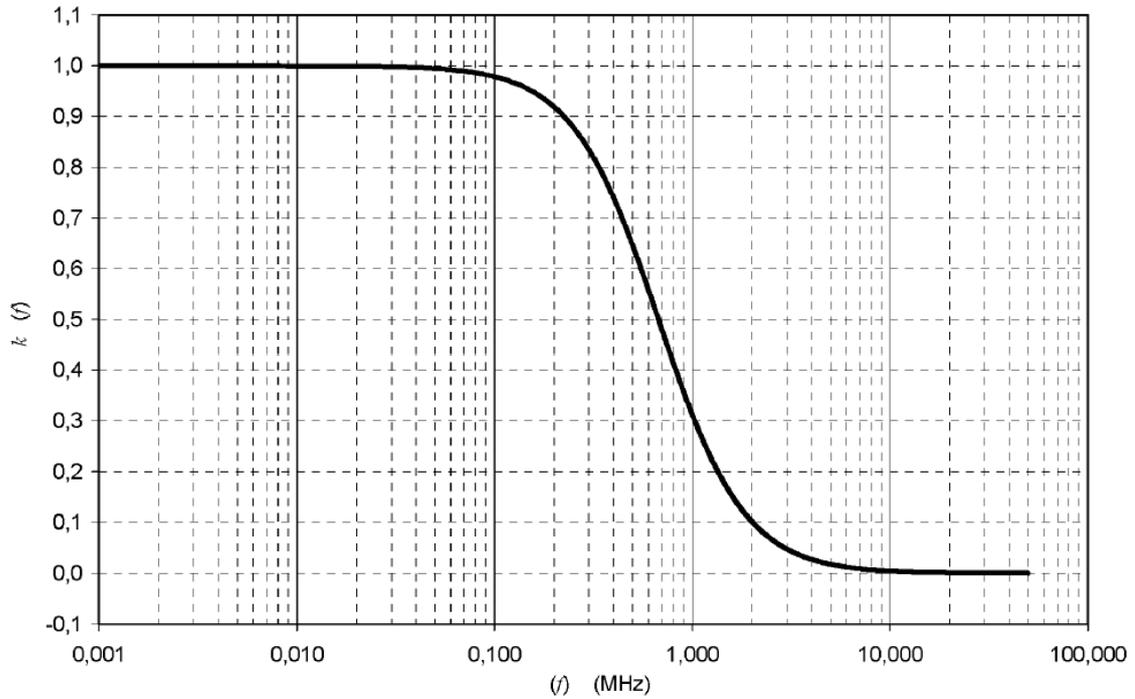


Figura 32. Función de la tensión de ensayo. [10]

Las tensiones de ensayo vienen especificadas en la Tabla 23.

Sujeto	Condiciones de ensayo	
Ensayo de referencia	Capítulo 19, apartado 20.1.1 y figura 6 de la Norma IEC 60060-1; apartado 6.1.2.2.1 de la Norma IEC 60664-1	
Requisito de referencia	De acuerdo con los apartados 7.3.4.3, 7.3.5.3 y 7.3.7	
Preacondicionamiento	Las <i>partes en tensión</i> que pertenecen al mismo circuito, deben conectarse entre sí. Las impedancias de protección deben desconectarse a menos que se requiera su ensayo. La tensión de impulso a ser aplicada 1) entre el circuito bajo ensayo y el entorno y 2) entre los circuitos a ensayar. No se aplica potencia a los circuitos bajo ensayo.	
Medidas iniciales	De acuerdo a las especificaciones del ECP, componente o dispositivo	
Equipo de ensayo	Generador de impulso 1,2/50 μ s con una impedancia interna efectiva no superior a 2 Ω para los ensayos de distancias y 500 Ω para los ensayos de aislamiento sólido y componentes.	
Medidas y verificación	a) Distancias de aislamiento más pequeñas que las requeridas por la tabla 7 Distancias de aislamiento reducidas por medios de limitación de la sobretensión o por características del circuito Aislamiento sólido básico o suplementario	b) Aislamiento sólido reforzado Distancias de aislamiento, componentes y dispositivos para separación de protección
	Tres impulsos de 1,2/50 μ s de cada polaridad en intervalos \geq 1 s, tensión de pico (\pm 5%) de acuerdo con: columna 2 o columna 4 de la tabla 16	columna 3 o columna 5 de la tabla 16 Cuando el ensayo se lleva a cabo en un espacio libre, a una altura inferior a 2 000 m, el ensayo de tensión debe incrementarse de acuerdo a la tabla F.5 de la Norma IEC 60664-1, la cual se reproduce como la tabla F.2 de esta norma internacional.

Tabla 22. Ensayo de impulso de tensión. [6]

Columna 1	2	3	4	5
Tensión del sistema (véase 7.3.7.2.1)	Tensión de impulso soportado para aislamiento entre circuitos no conectados directamente a la alimentación y su entorno de acuerdo con la categoría de sobretensión II		Tensión de impulso soportado para aislamiento entre circuitos conectados directamente a la alimentación y su entorno de acuerdo con la categoría de sobretensión III	
	Básica o suplementario	Reforzado	Básica o suplementario	Reforzado
V eficaz	V	V	V	V
≤ 50	500	800	800	1 500
100	800	1 500	1 500	2 500
150	1 500	2 500	2 500	4 000
300	2 500	4 000	4 000	6 000
600	4 000	6 000	6 000	8 000
1 000	6 000	8 000	8 000	12 000
–	Se permite interpolar		No se permite interpolar	
	NOTA Las tensiones de ensayo para sobretensiones de categorías I y III pueden derivarse de una manera similar a partir de la tabla 12.		NOTA Tensiones de ensayo para sobretensiones de categorías II y IV se pueden derivar de una manera similar a partir de la tabla 12.	

Tabla 23. Tensión del ensayo de impulso. [6]

Se considera válido si no se produce perforación, contorneamiento o cebado.

3.5.7.2 Prueba de rigidez eléctrica (ensayo de tipo e individual).

El ensayo se utiliza para verificar que la distancia de aislamiento y el aislamiento sólido tienen suficiente resistencia dieléctrica.

Los valores y tipo de ensayo se determinan a partir de la Tabla 24 o Tabla 25, dependiendo de si el circuito sometido a ensayo está o no conectado a red.

La columna 2 se utiliza para circuitos con aislamiento básico. Entre los circuitos con una distancia de separación de protección (aislamiento doble o reforzado), la tensión de ensayo de la columna 3 debe aplicarse también a los ensayos de tipo. Para los ensayos individuales entre circuitos con separación de protección deben aplicarse los valores de tensión de la columna 2.

El ensayo de tensión se realizará con una tensión senoidal de 50 Hz o 60 Hz. Si el circuito contiene condensadores se puede realizar aplicando una tensión CC de valor igual a la de pico de CA.

Columna 1	2 ^b		3 ^b	
	Tensión para los circuitos de ensayo de tipo con aislamiento básico, y para todos los ensayos individuales		Tensión para los circuitos de ensayo de tipo con protección de separación, y entre circuitos y superficies accesibles (no conductoras o conductoras pero no conectadas a tierra de protección, de clase de protección II de acuerdo con el 7.3.6.4)	
	Valor eficaz ^a c.a.	c.c.	Valor eficaz c.a.	c.c.
V	V	V	V	V
≤ 50	1 250	1 770	2 500	3 540
100	1 300	1 840	2 600	3 680
150	1 350	1 910	2 700	3 820
300	1 500	2 120	3 000	4 240
600	1 800	2 545	3 600	5 090
1 000	2 200	3 110	4 400	6 220

NOTA Se permite la interpolación.

^a Correspondiente a 1 200 V + tensión del sistema.

^b Para este ensayo se utiliza una fuente de tensión con una corriente de corto circuito de al menos 0,1 A de acuerdo con el apartado 5.2.2.2 de la Norma IEC 61180-1.

Tabla 24. Tensión de ensayo CA o CC para circuitos conectados directamente a la red. [6]

Columna 1	2 ^a		3 ^a	
	Tensión para los circuitos de ensayo de tipo con aislamiento básico, y para todos los ensayos individuales		Tensión para los circuitos de ensayo de tipo con protección de separación, y entre circuitos y superficies accesibles (no conductoras o conductoras pero no conectadas a tierra de protección, de clase de protección II de acuerdo con el 7.3.6.4)	
	Valor eficaz c.a.	c.c.	Valor eficaz c.a.	c.c.
V	V	V	V	V
≤ 71	80	110	160	220
141	160	225	320	450
212	240	340	480	680
330	380	530	760	1 100
440	500	700	1 000	1 400
600	680	960	1 400	1 900
1 000	1 100	1 600	2 200	3 200
1 600	1 800	2 600	2 900	4 200

NOTA 1 Se permite la interpolación.

NOTA 2 Las tensiones de ensayo de esta tabla se basan en un 80% de la tensión soportada por la correspondiente distancia de aislamiento de la tabla 12 según lo previsto en el tabla A.1 de la IEC 60664-1.

^a Para este ensayo se utiliza una fuente de tensión con una corriente de corto circuito de al menos 0,1 A de acuerdo con el apartado 5.2.2.2 de la Norma IEC 61180-1.

Tabla 25. Tensión de ensayo CA o CC para circuitos no conectados directamente a la red. [6]

Realización del ensayo de tensión:

- a) Ensayo (1) entre las partes accesibles conductoras (conectado a tierra) y cada circuito (excepto DVC-A). Tensión de acuerdo a la columna 2 de las Tabla 24 y Tabla 25.
Ensayo (2) entre las superficies accesibles (no conductoras o conductoras sin conexión a tierra) y cada circuito (excepto DVC-A). Tensión de acuerdo a las columnas 2 (ensayo individual) y 3 (ensayo de tipo) de las Tabla 24 y Tabla 25.
- b) Análisis entre el circuito considerado y los adyacentes. Tensión de acuerdo a la columna 2 de las Tabla 24 y Tabla 25.
- c) Ensayo entre el circuito DVC-A y cada circuito adyacente. Tensión de acuerdo a las columnas 2 (ensayo individual) y 3 (ensayo de tipo) de las Tabla 24 y Tabla 25.

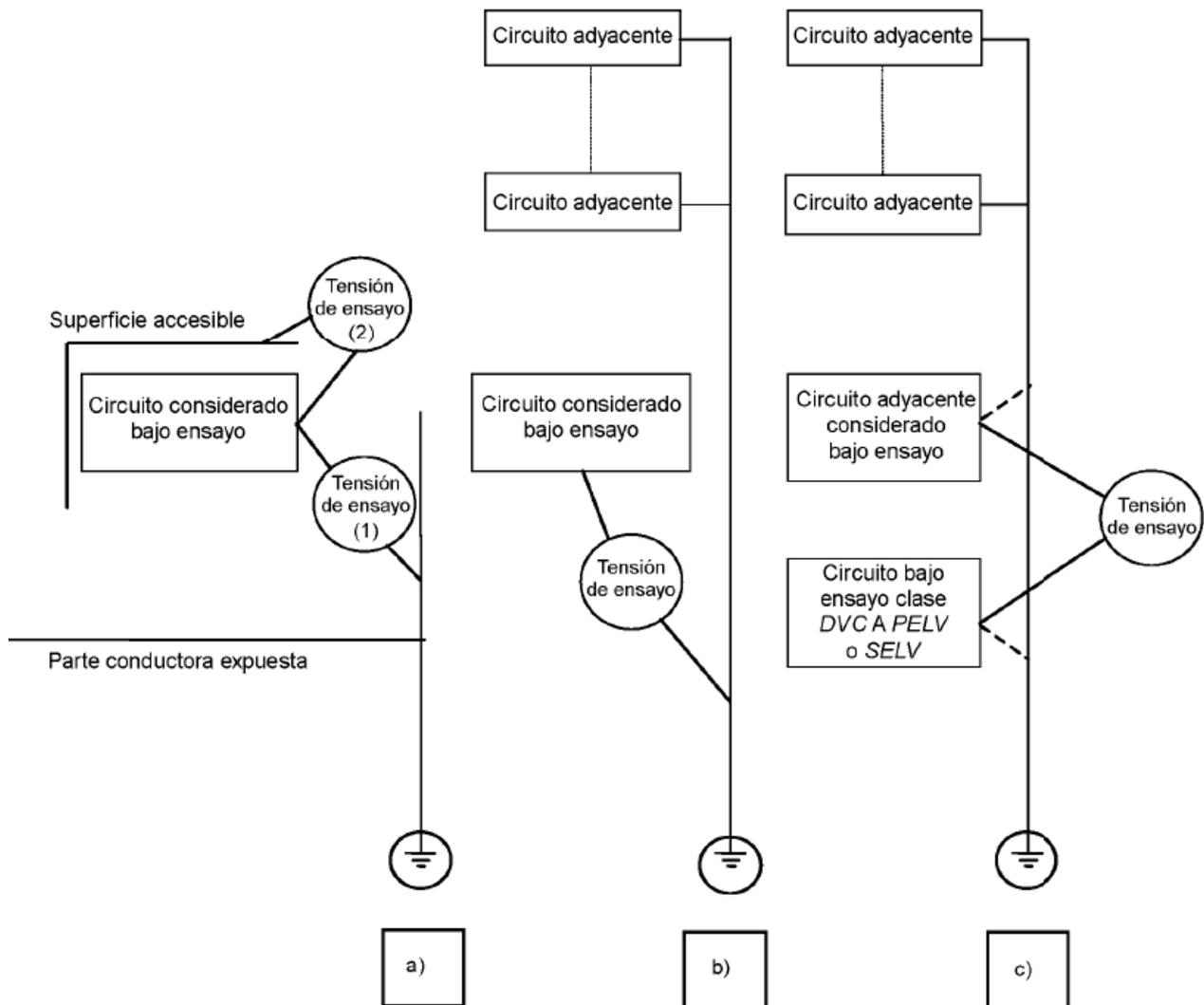


Figura 33. Procedimientos de ensayo de tensión. [6]

Los ensayos se realizarán con el ECP completamente montado. Los dispositivos de protección que no estén diseñados para soportar las sobretensiones del ensayo deben desconectarse.

La duración del ensayo será de al menos 60 s.

El ensayo se considera válido si no se produce interrupción eléctrica y no hay circulaciones anormales de corriente durante el ensayo.

3.5.7.3 Ensayo de descargas parciales (ensayo de tipo o por muestreo).

Objeto	Condiciones del ensayo
Referencia del ensayo	Apartado 6.1.3.5 de la Norma IEC 60664-1
Requisito de referencia	Apartado 7.3.7.8
Preacondicionamiento	Las muestras deben preconditionarse de acuerdo al apartado 6.1.3.2 de la Norma IEC 60664-1 Las partes en tensión que pertenecen al mismo circuito, deben conectarse entre sí Se recomienda que el ensayo de descargas parciales se realice después del ensayo de tensión de impulso (véase 7.5.1) a fin de que cualquier daño causado por el ensayo de tensión de impulso sea evidente. Es recomendable que el ensayo de descargas parciales se realice antes de insertar los componentes o dispositivos en el equipo porque los ensayos de descargas parciales no suelen ser posibles cuando el equipo está montado.
Medición inicial	De acuerdo a las especificaciones del componente o dispositivo.
Equipo de ensayos	Dispositivo calibrado de medición de carga o medidor de interferencia de radio sin filtros de ponderación
Circuito de ensayo	Capítulo C.1 de la Norma IEC 60664-1
Tensión de ensayo	El valor máximo de corriente alterna de 50 Hz o 60 Hz
Método de ensayo	Apartado 6.1.3.5 de la Norma IEC 60664-1: $F_1 = 1,2$; $F_2, F_3 = 1,25$. Procedimiento de ensayo del apartado 6.1.3.5.3 de la Norma IEC 60664-1
Calibración de equipos de ensayo	Capítulo C.4 de la Norma IEC 60664-1
Medida	A partir de una tensión inferior a la tensión nominal de descarga U_{PD}^* , la tensión debe incrementarse linealmente hasta 1,875 veces la U_{PD} y mantenerse durante un tiempo máximo de 5 s La tensión debe ser a continuación disminuida de forma lineal hasta 1,5 veces la U_{PD} ($\pm 5\%$) y mantenerse durante un tiempo máximo de 15 s, durante el cual se miden las descargas parciales
Verificación	Debe considerarse que el ensayo se ha superado con éxito si las descargas parciales son menores que $10 \mu C$ durante el período de medida
<p>* La tensión asignada de descarga es la suma de las tensiones pico repetitivas en cada uno de los circuitos separados por el aislamiento.</p>	

Tabla 26. Ensayo de descargas parciales. [6]

3.5.7.4 Medida de corriente de contacto (ensayo de tipo).

La corriente de contacto debe medirse si se requiere y no debe superar los 3,5 mA de CA o 10 mA de CC.

El cumplimiento del ensayo se verifica de la siguiente manera: El ECP se debe configurar sin ningún tipo de conexión a tierra y debe funcionar bajo condiciones del ensayo de referencia del apartado 3.2.1. En estas condiciones se debe medirse entre los medios de conexión del conductor de puesta a tierra externo y el mismo conector de puesta a tierra de protección externo.

- Para un ECP que se conecte a un sistema de neutro a tierra, el neutro de la red debe estar conectado directamente al conductor de puesta a tierra del conductor externo.
- Para un ECP que se conecte a un sistema aislado o un sistema conectado a tierra mediante impedancia, el neutro debe conectarse a tierra mediante una impedancia de $1k\Omega$ al conductor de puesta a tierra de protección externo, que debe estar conectado a su vez a cada fase de entrada.
- Para un ECP que se conecte en sistema TN con una fase a tierra, el conductor de puesta a tierra de protección externo debe conectarse a cada fase de entrada.
- Para un ECP de con un sistema de conexión a tierra particular, debe funcionar según lo previsto.
- Si el ECP está diseñado para conectarse a más de un sistema eléctrico, realizar el ensayo con el más desfavorable.

3.5.8 Protección contra riesgos de incendio.

3.5.8.1 Resistencia al fuego.

Para el equipo completo o una parte, hay dos métodos alternativos para la prestación de protección contra la ignición y propagación de las llamas.

3.5.8.1.1 Método 1.

Selección y aplicación de los componentes, cableado y materiales que reducen la posibilidad de ignición y la propagación de la llama.

3.5.8.1.2 Método 2.

La aplicación de todos los ensayos de falta simulados en los apartados 3.2.6.2 a), b) y c).

Tanto el uso de envolturas como los materiales se especifican conforme a la normativa correspondiente.

3.5.8.2 Fuentes de energía limitadas.

Una fuente de energía limitada debe cumplir con uno de los siguientes:

- La salida de potencia este limitada según la Tabla 27.
- Una impedancia limita la salida según la Tabla 27.
- Se utiliza un dispositivo de protección contra sobreintensidad que limita la energía según la Tabla 28.
- Una red de regulación limita la salida en conformidad con la Tabla 27.

Tensión de salida ¹⁾ U_{oc}		Intensidad de salida ²⁾ I_{sc}	Potencia aparente ³⁾ S
V c.a.	V c.c.	A	VA
≤ 20	≤ 20	$\leq 8,0$	$\leq 5 \cdot U_{oc}$
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$	$\leq 8,0$	≤ 100
–	$30 < U_{oc} \leq 60$	$\leq 150/U_{oc}$	≤ 100

1) U_{oc} : Tensión de salida medida con todos los circuitos de carga desconectados. Las tensiones son para c.a. substancialmente sinusoidal y c.c. libre de rizado. Para c.a. no sinusoidal y c.c. con un rizado superior al 10% de la tensión de pico, la tensión de pico no debe ser superior a 42,4 V.

2) I_{sc} : Intensidad máxima de salida con cualquier carga no capacitiva, incluyendo un corto circuito, medida después de 60 s de aplicación de la carga.

3) S (VA): salida máxima de VA con cualquier carga no capacitiva medida 60 s después de la aplicación de la carga.

Tabla 27. Límites de las fuentes de energía inherentemente limitada. [6]

Tensión de salida ¹⁾ U_{oc}		Intensidad de salida ²⁾ I_{sc}	Potencia aparente ³⁾ S	Intensidad asignada del dispositivo de protección de sobreintensidad ⁴⁾
Vca	Vcc	A	VA	A
≤ 20	≤ 20	$\leq 1\,000/U_o$	≤ 250	≤ 5
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$			$\leq 100/U_{oc}$
–	$30 < U_{oc} \leq 60$			$\leq 100/U_{oc}$

1) U_{oc} : Tensión de salida medida de acuerdo con el apartado 7.3.2 con todos los circuitos de carga desconectados. Las tensiones son para c.a. substancialmente sinusoidal y c.c. libre de rizado. Para c.a. no sinusoidal y c.c. con un rizado superior al 10% de la tensión de pico, la tensión de pico no debe ser superior a 42,4 V.

2) I_{sc} : Intensidad máxima de salida con cualquier carga no capacitiva, incluyendo un corto circuito, medida después de 60 s de aplicación de la carga. Las impedancias limitadoras de corriente en el equipo permanecen en el circuito durante la medición, pero los dispositivos de protección contra sobreintensidad se eliminan.

3) S (VA): salida máxima de VA con cualquier carga no capacitiva medida 60 s después de la aplicación de la carga. Las impedancias limitadoras de corriente en el equipo permanecen en el circuito durante la medición, pero los dispositivos de protección contra sobreintensidad se eliminan.

NOTA La razón para hacer las mediciones con los dispositivos de protección contra sobreintensidad eliminados es para determinar la cantidad de energía que está disponible a causa de un posible sobrecalentamiento durante el tiempo de funcionamiento de los equipos de protección contra sobreintensidad.

4) Las especificaciones de intensidad de los dispositivos de protección contra sobreintensidad se basan en los fusibles e interruptores automáticos que abren el circuito en menos de 120 s con una intensidad igual al 210% de la corriente asignada especificada en la tabla.

Tabla 28. Límites para fuentes de energía no inherentemente limitados. [6]

3.5.8.2.1 Corto circuito y protección contra sobreintensidad.

El ECP no debe suponer un peligro, en condiciones de cortocircuito o sobreintensidad en ninguno de sus puertos, y debe proporcionarse la información adecuada para permitir una selección adecuada del cableado y de los dispositivos de protección.

Debe proporcionarse protección contra cortocircuito y sobreintensidad para todos los circuitos de entrada y salida que no se ajusten a los requisitos de las fuentes de energía limitadas.

3.6 Requisitos físicos.

3.6.1 Disposición para las conexiones externas.

Las conexiones externas hechas durante el montaje de la instalación deben cumplir los siguientes principios básico:

- deben cumplir con los requisitos expuestos en la normativa.
- los cables de circuitos DVC-B y C estarán separados de los cables desnudos y las partes en tensión en circuitos DVC-A.
- las conexiones y cables flexibles deben estar bien terminados y provistos con liberación de tensión.
- las disposiciones para el cableado conectado permanentemente de ser clasificada para y ser adecuada para el tamaño y tipo de devanado.
- deben proporcionarse medios de desconexión para cada circuito de la fuente en el equipo.
- el espacio para cableado debe ser el suficiente para las conexiones e inspecciones a realizar.

Los tamaños de conductores deben cumplir con la Tabla 29.

Intensidad asignada del equipo	Tamaño mínimo del conductor			
	A	Área transversal nominal		AWG o kcmil [área transversal en mm ²]
		mm ²		véase la nota 2
Hasta e incluyendo 6		0,75 ¹⁾	18	[0,8]
Más de 6 hasta e incluido 10	(0,75) ²⁾	1,00	16	[1,3]
Más de 10 hasta e incluido 13	(1,0) ³⁾	1,25	16	[1,3]
Más de 13 hasta e incluido 16	(1,0) ³⁾	1,5	14	[2]
Más de 16 hasta e incluido 25		2,5	12	[3]
Más de 25 hasta e incluido 32		4,0	10	[5]
Más de 32 hasta e incluido 40		6,0	8	[8]
Más de 40 hasta e incluido 63		10	6	[13]
Más de 63 hasta e incluido 80		16	4	[21]
Más de 80 hasta e incluido 100		25	2	[33]
Más de 100 hasta e incluido 125		35	1	[42]
Más de 125 hasta e incluido 160		50	0	[53]
Más de 160 hasta e incluido 190		70	000	[85]
Más de 190 hasta e incluido 230		95	0000	[107]
Más de 230 hasta e incluido 260		120	250 kcmil	[126]
Más de 230 hasta e incluido 300		150	300 kcmil	[152]
Más de 300 hasta e incluido 340		185	400 kcmil	[202]
Más de 340 hasta e incluido 400		240	500 kcmil	[253]
Más de 400 hasta e incluido 460		300	600 kcmil	[304]
1) Para intensidades asignadas hasta 3 A, en algunos países se permite un área transversal nominal de 0,5 mm ² siempre que la longitud del cable no exceda 2 m.				
2) El valor entre paréntesis se aplica a cables de alimentación retirables suministrados con los conectores de intensidad asignada 10 A de acuerdo con la Norma IEC 60320 (tipos C13, C15, C15A y C17) siempre que la longitud del cable no exceda 2 m.				
3) El valor entre paréntesis se aplica a cables de alimentación retirables suministrados con los conectores de intensidad asignada 16 A de acuerdo con la Norma IEC 60320 (tipos C19, C21 y C23) siempre que la longitud del cable no exceda 2 m.				
NOTA 1 La Norma IEC 60320 especifica las combinaciones adecuadas de acopladores de equipos y cables flexibles, incluyendo aquellos que están cubiertos por los puntos 1), 2) y 3). Sin embargo, algunos países han indicado que no aceptan todos los valores listados en la tabla 38, particularmente aquellos cubiertos por las condiciones 1), 2) y 3).				
NOTA 2 Los tamaños AWG y kcmil se aportan únicamente para información. Las áreas transversales asociadas, en corchetes, se han redondeado para mostrar únicamente cifras significativas. AWG se refiere a "American Wire Gage" y el término "cmil" se refiere a mils circulares, donde una milla circular es el área de un círculo que tiene el diámetro de un mil (una milésima de pulgada). Estos términos son utilizados normalmente para designar tamaños de cables en Norteamérica.				

Tabla 29. Tamaño de los conductores. [6]

3.6.2 Cableado interno y conexiones.

El cableado y las conexiones del equipo deben estar protegidos contra daños mecánicos durante la instalación. El aislamiento y conductores deben ser adecuados para las condiciones eléctricas, mecánicas, térmicas y ambientales de uso.

Se deberá tener en cuenta:

- enrutamientos.

- código de colores.
- empalmes.
- interconexiones dentro del ECP.

Otras cuestiones como los requisitos mecánicos de las envolventes, resistencia mecánica a flexión, impacto o caída o el uso de materiales poliméricos están especificados en la norma correspondiente.

3.7 Otros Peligros y requisitos.

3.7.1 Protección contra riesgos mecánicos.

La operación no debe concluir a un riesgo mecánico en condiciones normales o de fallo simple.

3.7.1.1 Partes móviles.

Las partes móviles no deben ser capaces de aplastar, perforar o cortar partes del cuerpo del operador que previsiblemente pueda entrar en contacto con ellos.

Si durante el mantenimiento, es inevitable por razones técnicas el acceso del operario a partes móviles que podrían causar un peligro, se permite su acceso si se toman las medidas de seguridad siguientes:

- El acceso no es posible sin el uso de una herramienta.
- Un entrenamiento previo del operario en cuestión.
- Hay marcas de alerta que prohíben el acceso de operarios no entrenados.

3.7.1.2 Estabilidad.

Los equipos que no estén asegurados a la estructura del edificio deben ser físicamente estables en condiciones de uso normal.

3.7.2 Protección contra riesgos de presión sonora.

El equipo debe proporcionar una protección contra los efectos de la presión sonora. Su cumplimiento se verifica mediante la medición y cálculo del nivel de presión sonora máxima de conformidad con las Normas ISO 3746, ISO 9614-2 o ISO 9614-3.

3.7.3 Protección contra los riesgos de líquidos.

Los componentes del sistema de contención de líquidos deben ser compatibles con el líquido a utilizar. No debe haber ninguna fuga de líquido en las partes de baja tensión como resultado de:

- Operación manual.
- Mantenimiento.
- Aflojamientos accidentales o desprendimiento de mangueras u otros equipos.

El manual de instrucciones del ECP debe incluir procedimientos para evitar mojar las partes de baja tensión durante el mantenimiento.

3.7.4 Peligros químicos.

Se debe proveer medios para reducir de lesiones causadas por el contacto con o exposición a productos químicos peligrosos o de la inhalación de sus vapores y humos.

Si algún producto utilizado se encuentra en forma líquida, se aplicarán además los requisitos del apartado 3.7.3.

3.7.5 Componentes.

Cuando afecte a la seguridad, los componentes deben utilizarse según sus características especificadas a menos que se haga una excepción específica.

Los componentes como optoacopladores, condensadores, transformadores y relés conectados a través de un aislamiento básico, complementario, reforzado o doble deben cumplir con los requisitos aplicables de aislamiento. En caso de no estar certificado se debe someter al ensayo de tensión del apartado 3.5.7.2.

3.7.5.1 Portafusibles.

Los portafusibles con fusibles que sean reemplazables por el operador no deben permitir el acceso a piezas que estén bajo tensión peligrosa durante el remplazo de fusibles.

3.7.5.2 Dispositivos de selección de la tensión de alimentación.

Los dispositivos deben estar contruidos de manera que un cambio de una tensión o un tipo de suministro a otro no puedan ocurrir accidentalmente.

3.7.5.3 Baterías.

Los equipos que contienen baterías deben estar diseñados para reducir el riesgo de incendio, explosión, y filtraciones de productos químicos en condiciones normales y después de un fallo simple.

4 Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red. Inversores.

Se ha leído y extraído la información relevante respecto a inversores fotovoltaicos del correspondiente Pliego.

4.1 Campo de aplicación.

Este Pliego es aplicable a las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de distribución, estando exentos los sistemas aislados.

4.2 Componentes.

4.2.1 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.

La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

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 micro-cortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

5 Revisión de comerciales.

5.1 Inversor SUN2000 de Huawei. Series 90KTL, 95KTL, 100KTL, 105KTL.

Se trata de un inversor para conexión a red. El certificado de conformidad se encuentra en el Anexo 8.1.

5.1.1 Especificaciones del modelo.

El documento hace referencia a los siguientes modelos del producto:

- SUN2000-90KTL-H0
- SUN2000-90KTL-H1
- SUN2000-90KTL-H2
- SUN2000-95KTL-INH0
- SUN2000-95KTL-INH1
- SUN2000-100KTL-H0
- SUN2000-100KTL-H1
- SUN2000-100KTL-H2
- SUN2000-105KTL-H1

Se emplea a modo de ejemplo el SUN2000-90KTL-INH0.



Figura 34. Inversor SUN2000. [11]

SUN2000-90K TL-IN HO

1 2 3 4 5

- 1: Modelo de inversor. SUN2000
 - 2: Nivel de potencia nominal de salida. 90 kW
 - 3: Topología. **Sin transformador**. [Aplicable al/los apartado/s 2.2]
 - 4: Región. IN-India.
 - 5: Código de diseño. H0/H1/H2: tensión de entrada 1500 V CC.
- Tensión de entrada máxima: **1500 V CC**. [Aplicable al/los apartado/s 2.1, 3.1]

- Tensión de salida nominal: **800V CA, 3W + PE**. [Aplicable al/los apartado/s 2.1, 3.1]
- El inversor SUN2000 se trata de un inversor **ON GRID**. [Aplicable al/los apartado/s 2.1, 3.1]
- Temperatura de funcionamiento: **-25°C a +60°C**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 3.4, Tabla 10]
- Humedad relativa de funcionamiento: **0% a 100% HR**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 3.4, Tabla 10]
- Nivel de sobre tensión: **II(CC)/III(CA)**. (Véase Figura 30) [Aplicable al/los apartado/s 3.5.4.2.1, 3.5.4.2]
- Grado de polución: **III**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 3.4, Tabla 10]
- Nivel de protección: **I**. [Aplicable al/los apartado/s 3.5.4.1]

Cuenta con 6 circuitos independientes **MPPT**, SPD de continua y alterna, una **Unidad de detección de corriente residual integrada (desconexión automática)** y protección **IP-65**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.3, 3.4, 4.2.1]

5.1.1.1 Indicadores.

Cuenta con un total de 4 indicadores limosos:

- Indicador 1: Entrada CC.
- Indicador 2: Conexión a red.
- Indicador 3: Comunicaciones.
- Indicador 4: Alarmas/Mantenimiento.

5.1.1.2 Diagrama de conexión.

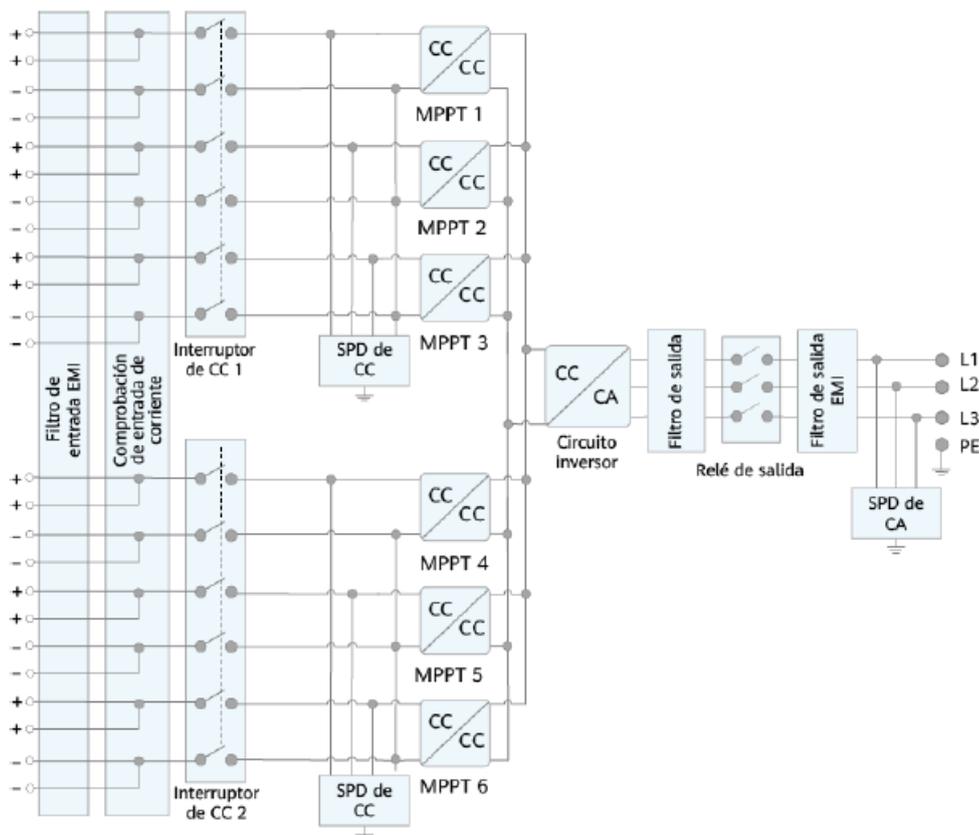


Figura 35. Diagrama conceptual. [11]

5.1.1.3 Modos de funcionamiento.

El SUN2000 puede operar en modos de espera, funcionamiento y apagado.

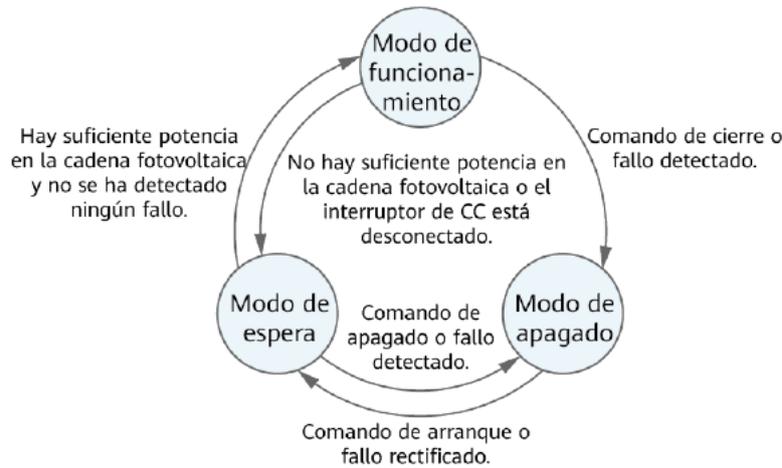


Figura 36. Modos de operación. [11]

[Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.4, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7, 2.3.8]

5.1.1.4 Conexión del cable de protección a tierra.

Cable de cobre monoconductor para exteriores y terminal OT/DT M8 de diámetro mayor o igual a 16 mm².

[Cumpliendo con el/los apartado/s 3.5.4.1, 3.6.1, Tabla 29]

5.1.2 Funcionalidad hombre-maquina.

El inversor cuenta con una aplicación SUN2000 o FusionSolar. Es una aplicación de teléfono móvil que se comunica con el SUN2000 a través de un módulo WLAN/ Bluetooth o un cable de datos USB para permitir la consulta de alarmas, la configuración de parámetros y la realización de mantenimiento de rutina como plataforma de mantenimiento de fácil uso.

Esta permite el ajuste de distintos parámetros en el funcionamiento del inversor.

5.1.2.1 Funcionales.

Entre los distintos parámetros funcionales, resultan de interés:

- **Mejora en RCD:** Para garantizar la seguridad personal y del dispositivo, el RCD debe limitarse al valor especificado en el estándar. [Cumpliendo con el/los apartado/s]
- Si un interruptor de CA con función de detección de corriente residual está instalado fuera del inversor, esta función debe habilitarse para reducir la corriente residual generada cuando el inversor está funcionando, lo cual evita así operaciones erróneas del interruptor de CA.
- **Duración para determinar la desconexión de la red durante un periodo breve (ms):** Los estándares de determinados países y regiones requieren que el inversor no se desconecte de la red eléctrica si esta última tiene un fallo de tiempo corto. Una vez rectificado el fallo, la potencia de salida del inversor se debe restaurar rápidamente. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.5]
- **Protección activa contra islas eléctricas:** Especifica si se debe habilitar la función de protección de isla eléctrica activa. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.5]

5.1.2.2 De red.

Entre los distintos parámetros de red, resultan de interés:

- **Arranque automático ante recuperación de la red:** Especifica si se permite que el inversor se inicie automáticamente después de la recuperación de la red. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.5]

- **Tiempo de recuperación de la conexión ante fallos de la red (s):** Especifica el tiempo de espera para que el inversor se reinicie después de la recuperación de la red eléctrica. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.4]

5.1.2.3 De protección.

Entre los distintos parámetros de protección, resultan de interés:

- **Umbral de protección contra sobretensión de 10 minutos (V):** Especifica un umbral de protección de 10 minutos contra la sobretensión.
- **Duración de protección contra sobretensión de 10 minutos (ms):** Especifica la duración de protección contra la sobretensión de 10 minutos.

5.1.3 Códigos de alarma.

Entre las distintas alarmas pertenecientes al inversor, resultan de interés:

ID	Nombre de la alarma	Causa	Medidas
2031	Cortocircuito de cable de fase a PE. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.2]	La impedancia del cable de fase de salida a PE es baja o el cable de fase de salida entra en cortocircuito en la conexión PE.	Compruebe la impedancia del cable de fase de salida a PE, ubique la posición de menor impedancia y rectifique el fallo.
2040	Exceso del componente de CC de salida. [Aplicable al/los apartado/s 2.3.1] ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.	La componente de CC de la corriente de salida del SUN2000 supera el umbral superior especificado.	Si la excepción se debe a un fallo externo, el SUN2000 se recupera automáticamente cuando se rectifica el fallo.
2051	Corriente residual anómala. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.2,]	La impedancia de aislamiento del lado de entrada a PE disminuye cuando el SUN2000 está funcionando.	Si la alarma se activa accidentalmente, es posible que el funcionamiento del cable de alimentación externo presente anomalías temporalmente. Una vez rectificado el fallo, el SUN2000 se recupera automáticamente. Si la alarma se activa frecuentemente o persiste, compruebe si la impedancia entre la cadena fotovoltaica y la conexión a tierra no se encuentra por debajo del umbral inferior.
2061	Puesta a tierra anómala.	El cable PE del SUN2000 no está conectado. El lado de salida del SUN2000 no se conecta al transformador de aislamiento cuando se conecta a tierra la salida de la cadena fotovoltaica.	Compruebe que el cable PE del SUN2000 esté conectado correctamente. Si la salida de la cadena fotovoltaica está conectada a tierra, compruebe que la salida del SUN2000 esté

			conectada a un transformador de aislamiento.
2062	Baja resistencia de aislamiento. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.2,]	<p>La cadena fotovoltaica entra en cortocircuito con PE.</p> <p>La cadena fotovoltaica ha estado instalada en un ambiente húmedo durante mucho tiempo y el cable de alimentación no está bien aislado a tierra.</p>	<p>Compruebe la impedancia entre la cadena fotovoltaica y el cable PE. Si se produce un cortocircuito, rectifique el fallo.</p> <p>Compruebe que el cable PE del SUN2000 esté conectado correctamente.</p> <p>Si está seguro de que la impedancia es inferior al valor predeterminado en un ambiente nublado o lluvioso, restablezca protección de resistencia de aislamiento.</p>

Tabla 30. Alarmas SUN2000.

5.2 Inversor Fronius Primo 3.0-1/3.5-1/3.6-1/4.0-1/4.6-1/5.0-1 AUS/5.0-1/5.0-1SC/6.0-1/8.2-1.

Se trata de un inversor de conexión a red. El certificado de conformidad se encuentra en el Anexo 8.2.

5.2.1 Especificaciones del modelo.

- Tensión de entrada máxima: **1000 V CC**. [Aplicable al/los apartado/s 2.1, 3.1]
- Tensión y corriente de salida nominal: **220V/230V/240V CA, NPE** con una corriente máxima de **37,5 A**. [Aplicable al/los apartado/s 2.1, 3.1]
- El inversor Fronius Primo de trata de un inversor **ON GRID**. [Aplicable al/los apartado/s 2.1, 3.1]
- Temperatura de funcionamiento: **-40°C a +55°C**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 3.4, Tabla 10]
- Humedad relativa de funcionamiento: **0% a 100% HR**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 3.4, Tabla 10]
- Nivel de sobre tensión: **II(CC)/III(CA)**. (Véase Figura 30) [Aplicable al/los apartado/s 3.5.4.2.1, 3.5.4.2]
- Topología **con transformador sin aislamiento**. [Aplicable al/los apartado/s 2.2]
- Clasificación de tensión definitiva (DVC):
 - AC→DVC-C.
 - CC→DVC-C. [aplicable a/los apartado/s 3.5.1, Tabla 12]
 - COMS→DVC-A.

Cuenta 2 **MPPT**, SPD de continua, método **anti-formación de red de isla**, Medición del aislamiento $CC \rightarrow R_{ISO} < 1 \text{ M}\Omega$ (Resistencia de aislamiento a tierra) y protección **IP-65**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.2, 2.3.6, 3.4, 3.2.8, 4.2.1]

“El inversor monitoriza automáticamente la red de corriente pública. El inversor detiene inmediatamente el servicio en caso de situaciones anómalas de la red e interrumpe la alimentación a la red de corriente (por ejemplo, en caso de desconexión de la red, interrupción, etc.)” [Cumpliendo con el/los apartados 2.3.4]



Figura 37. Inversor Fronius Primo. [12]

5.2.1.1 Indicadores.

Cuenta con una pantalla y 3 indicadores luminosos:

- Indicador de estado general: interrupción de suministro en la red o durante la solución de errores.

- Indicador de arranque: LED auxiliar.
- Indicador de estado de servicio: Funcionamiento normal.

5.2.2 Nivel de menú.

El inversor viene provisto, junto con los indicadores, de una pantalla en la que se puede acceder a distintos menús referentes a aspectos generales del inversor como su estado o su configuración. Entre los distintos menús y sus opciones destacan las siguientes.

5.2.2.1 Menú CONFIG.

- Relé(contacto de conmutación de libre potencial): Mediante la “función de alarma - GAF”, el relé se conecta. Si la etapa de potencia comunica un error, se abre el relé. Esta función resulta útil cuando se están usando varios inversores y se quiere aislar uno o varios de ellos en caso de fallo.

5.2.2.2 Menú INFORM.

- Valores de medición: Aporta distinta información del inversor y sus parámetros, entre los que destacan PV-Iso (Resistencia de aislamiento de la instalación fotovoltaica). [Aplicable al/los apartado/s 2.3.2, 3.2.8]
- Estado de la etapa de potencia: Muestra, entre otras cosas, los últimos 5 errores de red que se han producido.
- Información del equipo: Muestra distintos parámetros de seguridad y ajustes del inversor. Destacan:
 - UMax (Tensión de red interior y exterior superior).
 - UMin (Tensión de red interior y exterior inferior).
 - FOLMax (Frecuencia de red exterior superior).
 - FOLMin (Frecuencia de red exterior inferior).

5.2.3 Códigos de alarma.

Entre las distintas alarmas pertenecientes al inversor, resultan de interés:

ID	Nombre de la alarma	Causa	Medidas
102	Tensión CA excesiva.	Anormalidades en la red.	Si después de una comprobación detallada, las condiciones de la red se vuelven a encontrar dentro de la gama admisible, el inversor reanuda el suministro de energía a la red. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.4, 2.3.5]
103	Tensión CA insuficiente.		
105	Frecuencia excesiva.		
106	Frecuencia insuficiente.		
107	Red CA no disponible.		
112	Error de monitorización de corriente de falta. [Aplicable al/los apartado/s 2.3.2, 2.3.3]		
301	Exceso de corriente (CA).	Breve interrupción del suministro de energía a la red debido a un exceso de corriente en el inversor. El inversor vuelve a comenzar con la fase de arranque.	El error se elimina automáticamente.
302	Exceso de corriente (CC).		
459	-	Error durante la captación de la señal de medición para la prueba de aislamiento.	El inversor no suministra corriente a la red. [Cumpliendo

460	-	La fuente de tensión de referencia para el procesador digital de señales (DSP) trabaja fuera de los límites tolerados.	con el/los apartado/s 2.3.4, 3.5]
474	Sensor de monitorización de corriente de falta defectuoso. [Aplicable al/los apartado/apartados 2.3.3]	-	El inversor no suministra corriente a la red. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.2, 2.3.3]
475	Puesta a tierra del módulo fotovoltaico, fallo de aislamiento (conexión entre el módulo solar y puesta a tierra). [Aplicable al /los apartado/s 2.3.2]	-	
502	Fallo de aislamiento en los módulos solares.	-	Se muestra un mensaje de advertencia en la pantalla.

Tabla 31. Alarmas FRONIUS PRIMO.

5.3 Inversor SMA STP 100-60 y 110-60.

Se trata de un inversor de conexión a red. El certificado de conformidad se encuentra en el Anexo 8.3

5.3.1 Especificaciones del modelo.

- Tensión de entrada máxima: **1100 V CC**. [Aplicable al/los apartado/s 2.1, 3.1]
- Tensión y corriente de salida nominal: **400 V CA, 3 fases + PE** con una corriente máxima de **158,8 A**. [Aplicable al/los apartado/s 2.1, 3.1]
- El inversor STP 100-60/110-60 se trata de un inversor **ON GRID**. [Aplicable al/los apartado/s 2.1, 3.1]
- Temperatura de funcionamiento: **-25°C a +60°C**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 3.4, Tabla 10]
- Humedad relativa de funcionamiento: **0% a 100% HR**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 3.4, Tabla 10]
- Nivel de sobre tensión: **II(CC)/III(CA)**. (Véase Figura 30) [Aplicable al/los apartado/s 3.5.4.2.1,]
 - Topología **sin transformador**. [Aplicable al/los apartado/s 2.2]
- Clase de protección: **I** [Aplicable al/los apartado/s 3.5.4.1].
- Índice de contaminación de toda la carcasa: **2** [Aplicable al/los apartado/s 3.4].

Cuenta 12 entradas **MPPT independientes**, protección contra sobre tensión en CC y CA, regulador de corriente, monitorización de fallo a tierra: $R_{ISO} > 36 \text{ k}\Omega$ (Resistencia de aislamiento a tierra), unidad de monitorización de corriente residual integrada y protección **IP-66**. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.2, 2.3.6, 3.4, 3.2.8, 4.2.1]



Figura 38. Inversor STP 100-60 SMA. [13]

5.3.1.1 Indicadores.

Cuenta con 3 indicadores luminosos:

- LED verde: Led de funcionamiento del inversor.
- LED azul: Led de comunicaciones.
- LED rojo: Indicador de alarmas.

5.3.2 Códigos de alarma.

ID	Nombre de la alarma	Causa	Medidas
002	Sobretensión de red.	La tensión de red es superior al valor de protección configurado.	El inversor se desconecta de la red y se reconecta automáticamente cuando las condiciones lo permiten. [Cumpliendo con el/los apartado/s 2.3.2, 2.3.4, 2.3.8, 2.3.9]
003	Sobretensión de red momentánea.	La tensión de red transitoria es superior al valor estándar.	
004	Subtensión de red.	La tensión de red es inferior al valor de protección configurado.	
005	Baja tensión.	La tensión de red es inferior al valor de protección configurado.	
008	Sobrefrecuencia de red.	La frecuencia de red excede el límite superior permitido por el inversor.	
009	Subfrecuencia de red.	La frecuencia de red está por debajo del límite superior permitido por el inversor.	
014	Sobretensión de red durante 10 min.	La tensión de red supera la tensión de corriente alterna preconfigurada del inversor durante un largo periodo de tiempo.	
015	Sobretensión de red.	La tensión de red es superior al valor de red configurado.	
017	Carga desequilibrada de la tensión de red.	El inversor detecta una tensión de red trifásica asimétrica.	
012	Corriente de fuga excesiva. [Aplicable al/los apartado/s 3.5.2.2]	Deficientes condiciones ambientales o fallo del inversor.	Comprobar que los cables CC y CA están aislados correctamente. El inversor se desconecta de la red y se reconecta automáticamente cuando las condiciones lo permiten.
039	Baja resistencia de aislamiento del sistema. [Aplicable al/los apartado/s 3.2.8, 3.5]	Suele deberse a un mal aislamiento del módulo/cable a tierra por un entorno lluvioso y húmedo.	Comprobar el valor de la resistencia ISO y que cumple con la normativa local.
106	Cable de puesta a tierra averiado.		Asegurarse de que el aislamiento entre el cable de puesta a tierra y el cable de CA sea correcto.

6 Conclusiones y vías de trabajos futuros.

6.1 Conclusiones.

Como ya se menciona al principio de este trabajo, el presente trabajo busca llevar a cabo un análisis de la normativa sobre inversores fotovoltaicos en conexión a red de distribución. Se puede concluir que se ha logrado este objetivo ya que, se ha realizado un resumen exhaustivo de la normativa relevante en este campo, así como un estudio de como distintos inversores fotovoltaicos de grandes marcas cumplen con esta normativa.

Durante el trabajo se ha prestado especial atención a los requisitos sobre la seguridad y los peligros de la energía. De este modo resultan de gran importancia los distintos ensayos descritos en el trabajo para garantizar la seguridad del equipo de conversión de potencia, las condiciones de su uso y la clasificación de distintos parámetros del equipo para determinar aspectos como un correcto aislamiento.

Aun mencionado todo lo anterior, se han cumplido objetivos referentes a la adquisición de competencias en el campo de la electrónica de potencia, así como también en el campo de la generación eléctrica mediante el uso de energías renovables.

Se espera que este trabajo sirva para el estudio continuado de otra normativa también relevante en este campo y para poder llevar a cabo el diseño de un inversor comercial fotovoltaico para la conexión a red de distribución.

6.2 Vías de avance futuras.

Tras la realización de este trabajo fin de grado resulta de interés llevar a cabo un trabajo similar con el resto de la normativa además de la de seguridad, expuesta en el trabajo. De esta manera se podría comprobar se el inversor, cumpliendo con la normativa UNE, cumple con el resto de normativa internacional y que otras exigencias debe cumplir un inversor que, diseñado en España, pudiera comercializarse en otros países.

También resultaría interesante ampliar el campo de estudio no solo al inversor fotovoltaico, si no también a otros elementos de una instalación fotovoltaica como pueden ser los módulos fotovoltaicos. Esto consistiría en estudiar las distintas tecnologías fotovoltaicas como pueden ser Silicio cristalino, película fina o uniones tándem. Que ventajas y desventajas supone el uso de una u otra tecnología, así como las distintas topologías de las que se puede hacer uso en una instalación de generación fotovoltaica.

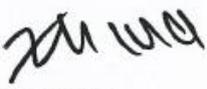
7 Referencias bibliográficas.

- [1] «ESTADÍSTICAS DE CAPACIDAD RENOVABLE 2021,» Irena.org, 2021.
- [2] S. d. d. e. -. Peninsula, «Red Eléctrica de España,» 10 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://www.ree.es/es>.
- [3] D. W.Hart, Electrónica de potencia, MADRID: Pearson education, S.A., 2001.
- [4] J. M. V. Mañas, «Inversores no modulados y modulados, temas 9 y 10.,» Cartagena, Murcia., 2020.
- [5] M. E. d. J. Bonillas, «Tema 4. Topologías fotovoltaicas.,» UPCT, Cartagena. Murcia, 2021.
- [6] AENOR, «UNE-EN 62109-1. Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos. Parte 1: Requisitos generales.,» Génova 6, 28004-Madid, España, JUL-2011.
- [7] AENOR, «UNE-EN 206007-1 IN. Parte 1: Inversores para conexión a la red de distribución.,» Génova 6, 28004, Madrid, España, MAY-2013.
- [8] AENOR, «UNE-EN 62109-2. Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos particulares para inversores.,» Génova 6, 28004-Madrid, España, MAR-2013.
- [9] AENOR, «UNE-EN 60990:2016. Métodos de medición de la corriente de contacto y de la corriente en el conductor de protección.,» Génova 6, 28004-Madrid, España., OCT-2016.
- [10] AENOR, «UNE-EN 60060-1. Técnicas de ensayo de alta tensión, Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo.,» Génova 6. 28004, Madrid-España, Marzo 2013.
- [11] L. Huawei Technologies CO., «Series 90.95,100,105KTL. Manual de usuario.,» Edición 10, 2020-12-18.
- [12] F. I. GmbH, «Manual de usuario Fronius Primo 3.0-1/3.5-1/3.6-1/4.0-1/4.6-1/5.0-1 AUS/5.0-1/5.0-1 SC/6.0-1/8.2-1.,» A-4643 Pettenbach, Austria.
- [13] S. S. t. AG, «Instrucciones de funcionamiento Sunny Tripower Core2,» 34266 Niestetal, Alemania , 07/09/220.
- [14] AENOR, «UNE-EN 61400-21. Parte 21: Medida y evaluación de las características de la calidad de suministro de los aerogeneradores conectados a la red.,» Génova 6, 28004-Madrid, España, SEP-2009.
- [15] AENOR, «UNE-EN 62020,» Génova 6,28004-Madrid, España, SEP-2001.
- [16] AENOR, «UNE-EN 62020:2001/A1. Controladores de aislamiento por corriente diferencial residual (RCM) para usos domésticos y análogos.,» Génova 6, 28004-Madid, España, ABR-2006.
- [17] IDAE, «Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a RED,» C/Madera,8 E-28004-Madrid, España, JUL-2011.

[18] AENOR, «UNE-EN 50438.» Génova 6, 28004 Madrid-España, Requisitos para la conexión de microgeneradores en paralelo con redes generales de distribución en baja tensión.

8 Anexos.

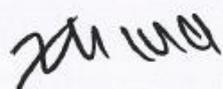
8.1 Anexo I. Certificado de conformidad SUN2000.

	Ref. Certif. No. DE 3 - 9120																																																						
IEC SYSTEM FOR MUTUAL RECOGNITION OF TEST CERTIFICATES FOR ELECTRICAL EQUIPMENT (IECEE) CB SCHEME																																																							
<h3>CB TEST CERTIFICATE</h3>																																																							
Product Name and address of the applicant Name and address of the manufacturer Name and address of the factory Ratings and principal characteristics	Converter SOLAR INVERTER Huawei Technologies Co., Ltd. Administration Building Headquarters of Huawei Technologies Co., Ltd. Bantian, Longgang District 518129 Shenzhen PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA Huawei Technologies Co., Ltd. Administration Building, Headquarters of Huawei Technologies Co., Ltd., Bantian, Longgang District, 518129 Shenzhen, PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA Huawei Machine Co., Ltd. No. 2 City Avenue, Songshan Lake Sci. & Tech. Industry Park, 523808 Dongguan, Guangdong, PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA																																																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="font-size: small;">Model</th> <th style="font-size: x-small;">SUN2000-90KTL-H0</th> <th style="font-size: x-small;">SUN2000-90KTL-H1</th> <th style="font-size: x-small;">SUN2000-95KTL-INH0</th> <th style="font-size: x-small;">SUN2000-100KTL-H0</th> <th style="font-size: x-small;">SUN2000-100KTL-H1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: x-small;">d.c. Max. Input Voltage:</td> <td colspan="5">1500 V</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">d.c. Max. Input Current:</td> <td colspan="5">22 A /22 A /22 A /22 A/22 A /22 A</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Isc PV:</td> <td colspan="5">33 A /33 A /33 A /33A /33 A /33 A</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">MPP Voltage Range:</td> <td colspan="5">600 V – 1500 V</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">a.c. Output Nominal Voltage:</td> <td colspan="5">3~, 800 V</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">a.c. Nominal Operating Frequency:</td> <td colspan="5">50/60 Hz</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">a.c. Max. Output Current:</td> <td>72,9 A</td> <td>72,9 A</td> <td>72,9 A</td> <td>80,2 A</td> <td>80,2 A</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">a.c. Rated Output Power:</td> <td>90 kW</td> <td>90 kW</td> <td>90 kW</td> <td>100 kW</td> <td>100 kW</td> </tr> </tbody> </table>	Model	SUN2000-90KTL-H0	SUN2000-90KTL-H1	SUN2000-95KTL-INH0	SUN2000-100KTL-H0	SUN2000-100KTL-H1	d.c. Max. Input Voltage:	1500 V					d.c. Max. Input Current:	22 A /22 A /22 A /22 A/22 A /22 A					Isc PV:	33 A /33 A /33 A /33A /33 A /33 A					MPP Voltage Range:	600 V – 1500 V					a.c. Output Nominal Voltage:	3~, 800 V					a.c. Nominal Operating Frequency:	50/60 Hz					a.c. Max. Output Current:	72,9 A	72,9 A	72,9 A	80,2 A	80,2 A	a.c. Rated Output Power:	90 kW	90 kW	90 kW	100 kW	100 kW
Model	SUN2000-90KTL-H0	SUN2000-90KTL-H1	SUN2000-95KTL-INH0	SUN2000-100KTL-H0	SUN2000-100KTL-H1																																																		
d.c. Max. Input Voltage:	1500 V																																																						
d.c. Max. Input Current:	22 A /22 A /22 A /22 A/22 A /22 A																																																						
Isc PV:	33 A /33 A /33 A /33A /33 A /33 A																																																						
MPP Voltage Range:	600 V – 1500 V																																																						
a.c. Output Nominal Voltage:	3~, 800 V																																																						
a.c. Nominal Operating Frequency:	50/60 Hz																																																						
a.c. Max. Output Current:	72,9 A	72,9 A	72,9 A	80,2 A	80,2 A																																																		
a.c. Rated Output Power:	90 kW	90 kW	90 kW	100 kW	100 kW																																																		
This CB Test Certificate is issued by the National Certification Body																																																							
CB 041829 3327 Rev. 00 Date, 2018-10-01	 (Zhengdong Ma) TÜV SÜD Product Service GmbH • Certification Body • Ridlerstraße 65 • 80339 Munich • Germany																																																						
Page 1 of 3 TÜV SÜD Product Service GmbH • Certification Body • Ridlerstraße 65 • 80339 Munich • Germany	 Product Service																																																						

CB-1 03.06

		Ref. Certif. No. DE 3 - 9120
---	--	--

Model	SUN2000-100KTL-H2	SUN2000-90KTL-H2	SUN2000-95KTL-INH1	SUN2000-105KTL-H1
a.c. Output Nominal Voltage:	3~, 800 V			
a.c. Nominal Operating Frequency:	50/60 Hz			
a.c. Max. Output Current:	80,2 A	72,9 A	80,2 A	84,6 A
a.c. Rated Output Power:	100 kW	90 kW	90 kW	105 kW
a.c. Max. Output Power:	110 kVA	100 kVA	110 kVA	116 kVA
Power Factor:	0,8 leading ... 0,8 lagging			
Protection Class:	Class I			
Ingress Protection:	IP65			
Overvoltage Category:	II(PV), III(MAINS)			
Operating Temperature Range:	-25°C ... +60°C			
Pollution degree:	III			
Altitude:	4000 m			

CB 041829 3327 Rev. 00 Date, 2018-10-01	 (Zhengdong Ma)	 Product Service
Page 3 of 3 TÜV SÜD Product Service GmbH • Certification Body • Ridlerstraße 65 • 80339 Munich • Germany		

CB 2 03 18

8.2 Anexo II. Certificado de conformidad Fronius Primo.



EU-DECLARATION OF CONFORMITY 2021
DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ UE, 2021
DECLARACIÓN UE DE CONFORMIDAD, 2021

Wels-Thalheim, 2021-02-09

Manufacturer

Costruttore

La empresa

FRONIUS INTERNATIONAL GMBH
 Froniusstraße 1, A-4843 Pettenbach

Hereby certifies on its sole responsibility that the following product:

Con la presente certifica dichiara la sua esclusiva responsabilità che il seguente prodotto:

declara bajo su exclusiva responsabilidad que el siguiente producto:

Fronius Primo 3.0-1 / 3.5-1 / 3.6-1 / 4.0-1 / 4.6-1 / 5.0-1 / 5.0-1 AUS / 5.0-1 SC / 6.0-1 / 8.2-1
 Photovoltaic inverter

Fronius Primo 3.0-1 / 3.5-1 / 3.6-1 / 4.0-1 / 4.6-1 / 5.0-1 / 5.0-1 AUS / 5.0-1 SC / 6.0-1 / 8.2-1
 Inverter solare

Fronius Primo 3.0-1 / 3.5-1 / 3.6-1 / 4.0-1 / 4.6-1 / 5.0-1 / 5.0-1 AUS / 5.0-1 SC / 6.0-1 / 8.2-1
 Inversor solar

which is explicitly referred to by this Declaration meet the following directives and standard(s):

al quale è esplicitamente riferita questa dichiarazione, è conforme alle seguenti direttive e agli seguenti standard:

al que se refiere la presente declaración está conforme con las siguientes directivas y normas:

Directive 2014/53/EU
 Radio equipment
 Directive 2011/65/EU
 RoHS
 European Standards including relevant amendments
 EN 62109-1:2010
 EN 62109-2:2011
 EN 62368-1:2018
 EN 62311:2008
 ETSI EN 303 446-1 V1.2.1 (2019-10)
 ETSI EN 300 328 V2.2.2 (2019-07)
 ETSI EN 301 489-1 V2.2.3 (2019-11)
 ETSI EN 301 489-17 V3.2.4 (2020-09)

Direttiva 2014/53/UE
 Apparecchiature radio
 Direttiva 2011/65/UE
 RoHS
 Norme europee e rispettive modifiche
 EN 62109-1:2010
 EN 62109-2:2011
 EN 62368-1:2018
 EN 62311:2008
 ETSI EN 303 446-1 V1.2.1 (2019-10)
 ETSI EN 300 328 V2.2.2 (2019-07)
 ETSI EN 301 489-1 V2.2.3 (2019-11)
 ETSI EN 301 489-17 V3.2.4 (2020-09)

Directiva 2014/53/UE
 Equipos radioeléctricos
 Directiva 2011/65/UE
 RoHS
 Normas europeas incluidas las modificaciones correspondientes
 EN 62109-1:2010
 EN 62109-2:2011
 EN 62368-1:2018
 EN 62311:2008
 ETSI EN 303 446-1 V1.2.1 (2019-10)
 ETSI EN 300 328 V2.2.2 (2019-07)
 ETSI EN 301 489-1 V2.2.3 (2019-11)
 ETSI EN 301 489-17 V3.2.4 (2020-09)

Documentation evidencing conformity with the requirements of the Directives is kept available for inspection at the above Manufacturer.

La documentazione attestante la conformità alle richieste delle direttive sarà tenuta a disposizione per ispezioni presso il sopraccitato costruttore.

La empresa mencionada anteriormente tiene a disposición para inspección los documentos que confirman el cumplimiento de los objetivos de seguridad y los requisitos de protección esenciales.

CE marking date: **2021**

ppa. H. Langeder
 Member of Board
 Chief Technical Officer

EN English

English

IT Italian

Italiano

ES Spanish

Español

8.3 Anexo III. Certificado de conformidad SMA STP 100-60 y 110-60.

C E R T I F I C A T E of Conformity		 TÜVRheinland [®]
Registration No.:	AK 50488273 0001	
Report No.:	CN207PAR 001	
Holder:	SMA Solar Technology AG Sonnenallee 1 34266 Niestetal Deutschland	
Product:	<u>PV-Inverter</u> (Grid-connected PV Inverter)	
Identification:	Type Designation : STP 110-60 Serial Number : Engineering Samples Firmware version : 1.00.00.R Remark(s) : Refer to report CN207PAR 001 for details.	
Tested acc. to:	RD 1699:2011 RD 661:2007 RD 413:2014 UNE 206006 IN:2011 UNE 206007-1 IN:2013	
<p>The certificate of conformity refers to the above mentioned product. This is to certify that the specimen is in conformity with the assessment requirement mentioned above. This certificate does not imply assessment of the production of the product and does not permit the use of a TÜV Rheinland mark of conformity.</p>		
Date	<u>03.12.2020</u>	 Weichun Li
TÜV Rheinland LGA Products GmbH - Tillystraße 2 - 90431 Nürnberg		

TÜV Rheinland LGA Products GmbH - Tillystraße 2 - 90431 Nürnberg

ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ 認證證書 ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT



Product Service

CERTIFICATE

No. B 070122 0010 Rev. 00

Holder of Certificate: SMA Solar Technology AG

Sonnenallee 1
34266 Niestetal
GERMANY

Certification Mark:



Product:

**Converter
SUNNY TRIPOWER**

The product was tested on a voluntary basis and complies with the essential requirements. The certification mark shown above can be affixed on the product. It is not permitted to alter the certification mark in any way. In addition, the certification holder must not transfer the certificate to third parties. This certificate is valid until the listed date, unless it is cancelled earlier. All applicable requirements of the testing and certification regulations of TÜV SÜD Group have to be complied. For details see: www.tuvsud.com/ps-cert

Test report no.: 704092001827-00

Valid until: 2025-06-15

Date, 2020-06-16

(Zhengdong Ma)



Product Service

CERTIFICATE

No. B 070122 0010 Rev. 00

Model(s): STP 110-60

Parameters:

$V_{DC\ max}$	1100 V
$V_{DC\ MPP}$	500 – 800 V
$I_{DC\ max}$	12 x 28 A
$I_{SC\ PV}$	12 x 40 A
$V_{AC, r}$	3~, 400 V
$f_{AC, r}$	50 Hz
$P_{AC, r}$	110000 W
S_{max}	110000 VA
$I_{AC\ max}$	158,8 A
$\cos(\varphi)$:	0,8(overexcited)...1...0,8(underexcited)
Protective class:	I
Ingress protection:	IP68
Overvoltage category:	II(PV), III(Mains)

Tested according to: IEC 62109-1:2010
EN 62109-1:2010
IEC 62109-2:2011
EN 62109-2:2011

Production Facility(ies): 108493

