**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SUMINISTRO AISLADORES**

ENE\_LLTT\_0220\_SUM.AISLADORES

**ÍNDICE**

1. [CAMPO DE APLICACIÓN 4](#_bookmark0)
2. [LISTADO DE COMPONENTES – LISTADO COMÚN 4](#_bookmark1)
3. [NORMAS Y LEYES DE REFERENCIA 5](#_bookmark2)
   1. [Leyes 5](#_bookmark3)
   2. [Normas Internacionales 5](#_bookmark4)
   3. [Normas Locales 6](#_bookmark5)
   4. Normas Locales Reemplazadas 6
4. [CONDICIONES DE SERVICIO 6](#_bookmark6)
5. [REQUISITOS TÉCNICOS 8](#_bookmark7)
   1. [Definiciones 8](#_bookmark8)
      1. [Aislador Compuesto de Alta Tensión (HVCI) 8](#_bookmark9)
      2. [Cadena de aislador compuesto 8](#_bookmark10)
      3. [Nivel de aislación (IL) 8](#_bookmark11)
   2. [Designación 9](#_bookmark12)
6. [CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN 9](#_bookmark13)
   1. [Diseño y material de las cadenas del aislador compuesto 9](#_bookmark14)
      1. [Núcleo aislador dieléctrico 9](#_bookmark15)
      2. [Carcasa aislante hidrófuga 10](#_bookmark16)
      3. [Zona de conexión (punto de unión triple) 11](#_bookmark17)
      4. [Terminales/Acoplamientos 11](#_bookmark18)
      5. [Anillos de Graduación 12](#_bookmark19)
   2. [Características eléctricas 12](#_bookmark20)
   3. [Dimensiones principales de cadenas de aislador compuesto 13](#_bookmark21)
   4. [Temas de calidad 14](#_bookmark22)
      1. [Perfiles de aislador de polímero 15](#_bookmark23)
   5. [Marcado 17](#_bookmark24)
7. [ENSAYOS 17](#_bookmark25)
   1. [Ensayos de Diseño 17](#_bookmark26)
      1. [Ensayos de interfaces y conexiones de terminales 19](#_bookmark27)
      2. [Ensayos sobre el material de la campana y de la carcasa 19](#_bookmark28)
      3. [Ensayos en el material del núcleo 20](#_bookmark29)
      4. [Ensayo de tiempo de carga del núcleo ensamblado 20](#_bookmark30)
      5. [Ensayo de resistencia de los núcleos de FRP contra la corrosión bajo tensión 20](#_bookmark31)
   2. [Ensayos de Tipo 22](#_bookmark32)
      1. [Ensayos eléctricos 22](#_bookmark33)
      2. [Ensayo de límite de daños y ensayo de estanqueidad de la interfaz entre los terminales y la carcasa del](#_bookmark34)  [aislador 22](#_bookmark34)
      3. [Ensayo de radio interferencia 23](#_bookmark35)
      4. [Ensayos adicionales en anillos de graduación 23](#_bookmark36)
   3. [Ensayos de muestreo 23](#_bookmark37)
   4. [Ensayos de Rutina 24](#_bookmark38)
8. [CONFORMIDAD TÉCNICA 24](#_bookmark39)
9. [REQUISITOS DE SUMINISTRO 25](#_bookmark40)

[ANEXO A - AISLADOR COMPUESTO (AISLADOR DE TENSIÓN/SUSPENSIÓN SB) 26](#_bookmark41)

[ANEXO B – ENSAYOS DE AISLADOR COMPUESTO DE A.T. 27](#_bookmark42)

[ANEXO C – TABLA 1 DE IEC 61109:2008. ENSAYOS A REPETIR DESPUÉS DE LOS CAMBIOS DE DISEÑO 28](#_bookmark43)

# CAMPO DE APLICACIÓN

El propósito de este documento abarca los requerimientos técnicos para el suministro de Aisladores Compuestos de Alta Tensión (HVCI) a utilizarse en líneas aéreas (OHL) con tensión nominal superior a 36 kV y frecuencias de 50 - 60 Hz.

La presente norma aplica a cadenas de aisladores compuestos (suspensión/tensión) de exterior del tipo de varilla larga, así como a los accesorios utilizados con dichos aisladores.

El objetivo de esta especificación es definir las dimensiones y especificaciones de los aisladores compuestos de A.T., definir los tipos de acoplamientos para permitir el montaje de aisladores suministrados por diferentes fabricantes y permitir, siempre que sea posible, la intercambiabilidad con las instalaciones existentes, mostrar los ensayos necesarios y las condiciones de diseño, fabricación y suministro de los aisladores compuestos de A.T. Esta estandarización proporcionará una lista de aisladores para las compras globales del grupo, lo que se traduce en una oportunidad de altos volúmenes y buenos precios.

# LISTADO DE COMPONENTES – LISTADO COMÚN

En este proceso de estandarización, 4 grupos de aisladores se han considerado (BIL – 325/550/650/1050):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Designación (HVCI)*** | **SML** | **EFT** | **EFC** | **BIL** | **MAD** | **MCD** | **NIL** | **Código del EG** |
| CS 120 SB-325/1.815 | 120 | S-16 | B-16 | 325 | 570 | 1.815 | 762 | GSCH004/1 |
| CS 120 SB-325/2.250 | 120 | S-16 | B-16 | 325 | 570 | 2.250 | 762 | GSCH004/2 |
| CS 120 EB-325/1.815 | 120 | E-24 | B-16 | 325 | 570 | 1.815 | 762 | GSCH004/3 |
| CS 120 EB-325/2.250 | 120 | E-24 | B-16 | 325 | 570 | 2.250 | 762 | GSCH004/4 |
| CS 120 SS-550/3.075 | 120 | S-16 | S-16 | 550 | 1.005 | 3.075 | 1.280 | GSCH004/5 |
| CS 120 SS-550/3.813 | 120 | S-16 | S-16 | 550 | 1.005 | 3.813 | 1.280 | GSCH004/6 |
| CS 160 SS-550/3.813 | 160 | S-20 | S-20 | 550 | 1.005 | 3.813 | 1.330 | GSCH004/7 |
| CS 120 SB-650/3.625 | 120 | S-16 | B-16 | 650 | 1.195 | 3.625 | 1.380 | GSCH004/8 |
| CS 120 SB-650/4.500 | 120 | S-16 | B-16 | 650 | 1.195 | 4.500 | 1.380 | GSCH004/9 |
| CS 120 EB-650/3.625 | 120 | E-24 | B-16 | 650 | 1.195 | 3.625 | 1.380 | GSCH004/10 |
| CS 120 EB-650/4.500 | 120 | E-24 | B-16 | 650 | 1.195 | 4.500 | 1.380 | GSCH004/11 |
| CS 210 SB-650/4.500 | 210 | S-20 | B-20 | 650 | 1.195 | 4.500 | 1.380 | GSCH004/12 |
| CS 120 SB-1.050/6.125 | 120 | S-16 | B-16 | 1.050 | 1.970 | 6.125 | 2.336 | GSCH004/13 |
| CS 120 SB-1.050/7.595 | 120 | S-16 | B-16 | 1.050 | 1.970 | 7.595 | 2.336 | GSCH004/14 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Designación (HVCI)*** | **SML** | **EFT** | **EFC** | **BIL** | **MAD** | **MCD** | **NIL** | **Código del EG** |
| CS 160 SB-1.050/7.595 | 160 | S-20 | B-20 | 1.050 | 1.970 | 7.595 | 2.391 | GSCH004/15 |

**Tabla 2 –** Listado de componentes – Información y códigos del EG

|  |  |
| --- | --- |
| *Carga Mecánica Especificada (kN)* | **SML** |
| *Herraje Terminal Lado Torre (tipo mm)* | **EFT** |
| *Herraje Terminal Lado Conductor (tipo mm)* | **EFC** |
| *Tensión máxima de funcionamiento (kV) - Tensión de impulsos tipo rayo* | **BIL** |
| *Distancia de Arco Mínima (mm - flashover)* | **MAD** |
| *Línea de Fuga Mínima (mm)* | **MCD** |
| *Longitud Nominal del Aislador (mm)* | **NIL** |

**Tabla 3 –** Listado de componentes – Clave.

# NORMAS DE REFERENCIA

Bajo cualquier duda o discrepancia prevalece la indicación de las normas de referencia. Asimismo, cualquier cambio en las Normas de referencia actualiza este documento.

## Normas Internacionales

Las siguientes normas y documentos técnicos son necesarios para la aplicación de este Estándar Global y/o están referenciados en este documento:

* CIGRE 33-204. Consideraciones sobre el diseño de aisladores de suspensión compuestos basados en la experiencia de ensayos de envejecimiento natural y cálculos de campo eléctrico.
* EN 61006:2004. Materiales aislantes eléctricos. Métodos de ensayo para la determinación de la temperatura de transición vítrea.
* IEC 60060-1. Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo.
* IEC 60071-1. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas
* IEC 60071-2. Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
* IEC 60120. Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units.
* IEC 60372. Dispositivos de enclavamiento para las uniones entre los elementos de las cadenas de aisladores mediante rótula y alojamiento de rótula. Dimensiones y ensayos.
* IEC 60383-1. Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V - Part 1: Ceramic or glass insulator units for a.c. systems - Definitions, test methods and acceptance criteria. (Zinc Coating Test).
* IEC 60383-2. Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V - Part 2: Insulator strings and insulator sets for a.c. systems - Definitions, test methods and acceptance criteria.
* IEC 60437. Ensayos de perturbaciones radioeléctricas de aisladores para alta tensión.
* IEC 60471. Dimensiones de los acoplamientos con horquilla y lengüeta de los elementos de las cadenas de aisladores.
* IEC 60507. Ensayos de contaminación artificial de aisladores de cerámica y vidrio para alta tensión destinados a redes de corriente alterna.
* IEC 60587. Materiales aislantes eléctricos utilizados en condiciones ambientales severas. Métodos de ensayo para evaluar la resistencia a la descarga superficial y a la erosión.
* IEC 60695-11-10. Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 11-10: Llamas de ensayo. Métodos de ensayo horizontal y vertical a la llama de 50 W.
* IEC 60815-1. Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados para su utilización en condiciones de contaminación. Parte 1: Definiciones, información y principios generales.
* IEC 60815-3. Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados para su utilización en condiciones de contaminación. Parte 3: Aisladores poliméricos para redes de corriente alterna.
* IEC 61109. Aisladores para líneas aéreas. Aisladores compuestos para la suspensión y anclaje de líneas aéreas de corriente alterna de tensión nominal superior a 1 000 V. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
* IEC 61284. Líneas eléctricas aéreas. Requisitos y ensayos para herrajes.
* IEC 61466-1. Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1000 V. Parte 1: Clases mecánicas y acoplamientos de extremos normalizados.
* IEC 61466-2. Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas.
* IEC 61621. Materiales aislantes sólidos secos. Ensayo de resistencia a las descargas de arco en alta tensión y baja intensidad.
* IEC 62217. Aisladores poliméricos de alta tensión para uso interior y exterior. Definiciones generales, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
* IEC 62631. Propiedades dieléctricas y resistivas de materiales aislantes sólidos.
* IEC TR 62662. Requisito Técnico: Guía para la fabricación, ensayo y diagnóstico de aisladores poliméricos respecto a la rotura frágil de los materiales del núcleo.
* IEC TR 62039. Requisito Técnico: Selection guide for polymeric materials for outdoor use under HV stress.
* IEC TS 62073. Especificación Técnica: Guidance on the measurement of wettability of insulator surfaces.
* ISO 1172. Plásticos reforzados con vidrio textil. Preimpregnados, compuestos de moldeo y laminados. Determinación del contenido en vidrio textil y en carga mineral. Métodos de calcinación.
* ISO 1461. Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.
* ISO 34-1. Elastómeros. Caucho, vulcanizado o termoplástico. Determinación de la resistencia al desgarro. Parte 1: Probetas tipo pantalón, angular y de media luna.
* Proyecto 36-6-2 de CEI WG 36-07. Requisitos mínimos de ensayo para cubrir la rotura frágil de la línea de aisladores compuestos.

# CONDICIONES DE SERVICIO

Los aisladores compuestos que se suministren con arreglo a esta especificación deberán ser adecuados para un funcionamiento continuo satisfactorio en las siguientes condiciones:

* Temperatura ambiente máxima: + 40 °C.
* Temperatura ambiente mínima: - 40 °C.
* Humedad relativa máxima: 95% **(\*)**. Para valores superiores véase la norma IEC 60071-1 y la norma IEC 60071- 2.
* Altitud máxima sobre el nivel medio del mar: 1.000 m **(\*)**. Para valores superiores véase la norma IEC 60071-1 y la norma IEC 60071-2.
* Radiación solar máxima: 1.000 W/m2

**(\*)** La resistencia del aislamiento aumenta con la humedad absoluta hasta el punto en que se forma condensación en las superficies del aislador. La resistencia del aislamiento disminuye con la disminución de la densidad del aire. La selección de un valor Um igual o superior al siguiente valor estándar de Um puede surgir cuando el equipo tiene que instalarse a una altitud superior a 1.000 m para compensar la disminución de la tensión soportada del aislamiento externo.

La tabla a continuación muestra las características generales de la red DSO para los aisladores que considera este documento:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Tensión Nominal**  Un (kV) | **Tensión Máxima (Vmáx)**  Um (kV) | **Tensión soportada de impulsos tipo rayo (BIL)**  **(1,2/50** **s, seco)**  Ui (kV) | **Tensión soportada a frecuencia industrial (45-65 Hz, 1 min, húmedo)**  Uf (kV) |
| **PROPIETARIO** | *110*  220 | *145*  245 | *650*  1.050 | *230*  460 |

**Tabla 4 –** Características generales de las líneas de los DSO para aisladores

La siguiente tabla asigna la tensión nominal, tensión máxima y grado de contaminación para cada aislador que se enlista:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Designación (HVCI)* Vn (kV) Vmáx (kV) Nivel de**  **contaminación** | | | |
| CS 120 SB-325/1.815 | 57,5/60/66/69 | 72,5 | Ligero → Fuerte |
| CS 120 SB-325/2.250 | 57,5/60/66/69 | 72,5 | Muy Fuerte |
| CS 120 EB-325/1.815 | 57,5/60/66/69 | 72,5 | Ligero → Fuerte |
| CS 120 EB-325/2.250 | 57,5/60/66/69 | 72,5 | Muy Fuerte |
| CS 120 SS-550/3.075 | 110 | 123 | Ligero → Fuerte |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CS 120 SS-550/3.813 | 110 | 123 | Muy Fuerte |
| CS 160 SS-550/3.813 | 110 | 123 | Ligero → Muy Fuerte |
| CS 120 SB-650/3.625 | 110/115/132/138 | 145 | Ligero → Fuerte |
| CS 120 SB-650/4.500 | 110/115/132/138 | 145 | Muy Fuerte |
| CS 120 EB-650/3.625 | 110/115/132/138 | 145 | Ligero → Fuerte |
| CS 120 EB-650/4.500 | 110/115/132/138 | 145 | Muy Fuerte |
| CS 210 SB-650/4.500 | 110/115/132/138 | 145 | Ligero → Muy Fuerte |
| CS 120 SB-1.050/6.125 | 220/230 | 245 | Ligero → Fuerte |
| CS 120 SB-1.050/7.595 | 220/230 | 245 | Muy Fuerte |
| CS 160 SB-1.050/7.595 | 220/230 | 245 | Ligero → Muy Fuerte |

**Tabla 5 –** HVCI - Tensión nominal y máxima - Nivel de contaminación

# REQUISITOS TÉCNICOS

## Definiciones

Además de los conceptos definidos en IEC 60303-1, en este documento se presentan las definiciones para el uso de esta norma:

## Aislador Compuesto de Alta Tensión (HVCI)

En este caso, un HVCI se refiere a un aislador compuesto caucho de silicona/polímero de tipo varilla larga para uso en líneas de más de 36 kV y que consiste en una envolvente de caucho de silicona, varilla de fibra de vidrio y herrajes terminales (Anexo A).

## Cadena de aislador compuesto

Conjunto formado por el aislador compuesto, los acoplamientos de los extremos y los anillos equipotenciales si se precisan.

## Nivel de aislamiento (IL)

Se considera el nivel estándar mínimo de aislamiento necesario para soportar las sobretensiones (valor de punta, frecuencia, tiempo o duración, etc.).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tensión (kV)** | | **IL (kV)** | |
| **Tensión Nominal**  Un | **Tensión Máxima**  Um | **Tensión soportada a impulsos tipo rayo (BIL) (1,2/50** **s, seco)**  Ui | **Tensión soportada a frecuencia industrial (45-65 Hz,**  **1 min, húmedo)**  Uf |
| 45 | 52 | 250 | 95 |
| 57,5 | 72,5 | 325 | 140 |
| 60 | 72,5 | 325 | 140 |
| 66 | 72,5 | 325 | 140 |
| 69 | 72,5 | 325 | 140 |
| 110 | 123 | 550 | 230 |
| 115 | 123 | 550 | 230 |
| 132 | 145 | 650 | 275 |
| 138 | 145 | 650 | 275 |
| 220 | 245 | 1.050 | 460 |
| 230 | 245 | 1.050 | 460 |

**Tabla 6** – Niveles de Aislamiento Estandarizados vs Voltajes Nominales y Máximos de la Red

## Designación

Cada HVCI es designado según la norma IEC 61466-2:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CS |  | **SLM** |  | **EFT** | **EFC** | **-** | **BIL** | **/** | **MCD** |  | |
|  |  | 120 |  | S | B |  | 325 |  | 1.815 | ***Clave:*** |  |
|  |  | 160 |  | E | S |  | 650 |  | 2.250 | **SLM** | Carga Mecánica Especificada (kN) |
|  |  | 210 |  |  |  |  | 1.050 |  | 3.625 | **EFT** | Herraje Terminal Lado Torre (tipo) |

4.500

6.125

7.595

**EFC** Herraje Terminal Lado Conductor (tipo)

**BIL** Nivel de aislamiento básico (kV)

**MCD** Línea de fuga mínima (mm)

Ejemplo: **CS 120 SB-650/3.625** se refiere al HVCI con una carga mecánica especificada de 120 kN, acoplamiento de rotula en el lado de la torre, acoplamiento de bola en el lado del conductor, 650 kV de tensión soportada de impulsos tipo rayo (1,2/50 s, seco) y una línea de fuga mayor o igual a 3.625 mm.

# CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN

## Diseño y material de las cadenas del aislador compuesto

Cuatro bloques forman la cadena de aislador compuesto:

* Núcleo aislador dieléctrico
* Envolvente aislante hidrófuga
* Zona de conexión (punto de unión triple)
* Herrajes Terminales/Acoplamientos
* Anillos equipotenciales

Además, los núcleos, la envolvente y los herrajes terminales deben diseñarse y montarse de forma que la humedad, el agua o las sustancias externas no lleguen a la superficie del núcleo. El diseño debe proporcionar un rendimiento superior al evitar la penetración de humedad entre el caucho de silicona y la interfaz del herraje terminal. El diseño se basa en sellados redundantes que proporcionan una protección incomparable a la varilla central de fibra de vidrio (zona de conexión completamente encapsulada). También es importante abordar el proceso de crompresión para crear una distribución de tensiones más uniforme y asegurar la integridad mecánica del aislador.

Los aisladores deben mantener un rendimiento eléctrico y mecánico satisfactorio durante toda su vida útil, que debe ser de 40 años.

## Núcleo aislador dieléctrico

Transmitirá las tensiones mecánicas producidas por los conductores a la torre y proporcionará el aislamiento eléctrico necesario.

* + - 1. *Material del núcleo*

El núcleo del HVCI será una varilla dieléctrica de fibra de vidrio ECR resistente a la corrosión (vidrio de grado eléctrico, resistente a la corrosión) libre de boro (Br), y reforzada con resina epoxi (varilla FRP). Las varillas de fibra de vidrio deben tener una resistencia extremadamente alta a la hidrólisis y a los ácidos para evitar el riesgo de la llamada rotura frágil. La temperatura de transición vítrea de las fibras debe ser superior a 100 °C según EN 61006. La distribución de las fibras de vidrio en la sección transversal del núcleo debe ser uniforme y libre de espacios, para que el núcleo esté libre de burbujas de aire, sustancias extrañas o defectos de fabricación, así como para mantener una forma cilíndrica.

El valor de la resistividad volumetrica del núcleo deberá ser superior a 1010 ·m (IEC 62631).

## Envolvente aislante hidrófuga

La envolvente aislante hidrófuga, tanto en el revestimiento como en las campanas, debe proteger el núcleo de los agentes externos proporcionando sellado e impidiendo la formación de una película continua de agua. El espesor mínimo del revestimiento se fijará en 3 mm, de modo que el núcleo resistente quede protegido de los agentes externos. La forma del revestimiento debe proporcionar la línea de fuga necesaria para que se alcance el aislamiento requerido de la superficie.

El revestimiento y las campanas deberán ser de caucho siliconado (VMQ - Vinil-Metil-Polisiloxano, con aditivos de relleno) libre de EPDM y otros cauchos orgánicos. Las campanas pueden tener distintos diámetros y su forma debe estar diseñada según las recomendaciones de IEC TS 60815-3.

El color del caucho siliconado debe facilitar la integración con el medio ambiente, de preferencia en color gris.

* + - 1. *Caucho siliconado*

Los cauchos siliconados consisten en polisiloxanos de cadena larga y varios aditivos de relleno, como la sílice pirogénica. Se convierten en elastómeros de silicona por vulcanización y se clasifican según el método de curado, la viscosidad del polímero base y si curan a temperatura alta o ambiente. Los tipos de cauchos siliconados que se permiten en esta norma son:

* + - * 1. **HTV (Vulcanizado de Alta Temperatura – caucho siliconado sólido):** El núcleo de los cauchos siliconados sólidos se cura a temperatura elevada (200 °C aprox.), ya sea por medio de peróxidos orgánicos o con catalizador de platino. El caucho curado se compone de rellenos reforzados para proporcionar firmeza mecánica.
        2. **LSR (Caucho de Silicona Líquida):** Los cauchos de silicona líquida también son miembros del grupo de cauchos vulcanizantes para altas temperaturas (100 - 200 °C). Estos tipos de cauchos siliconados se caracterizan por una baja viscosidad al compararlos con cauchos siliconados sólidos (HTV). Los cauchos de silicona líquida son compuestos de dos partes mezclados para ser vulcanizados.

El núcleo del aislador compuesto estará completamente cubierto por una envolvente continua formada por una capa impermeable y aislante. La envolvente de los aisladores, es decir, las campanas y el revestimiento de la varilla central, será de una sola pieza con una sola interfaz interna en todo el aislador, a saber, la interfaz límite entre la envolvente y la varilla central de FRP.

Proceso de fabricación de moldeo:

El proceso de moldeo (caucho de silicona inyectado en un molde) se lleva a cabo en un sistema cerrado para evitar el contacto con el aire y asegurar que el caucho de silicona no contenga burbujas. La superficie del caucho de silicona estará exenta de rebabas, incluso en el borde de las campanas, la rebaba máxima admitida deberá ser inferior a 3 mm.

Proceso de fabricación de ensamblaje:

Los aisladores compuestos también pueden fabricarse montando en un conjunto los distintos elementos. Las campanas prefabricadas se instalan y pegan sobre una varilla de FPR recubierta de HTV. Estas campanas deben ser vulcanizadas para obtener una carcasa de una sola pieza.

* + - 1. *Características físicas del caucho*

Los cauchos de silicona de los aisladores tendrán una resistencia a la descarga superficial y a la erosión eléctrica con una clasificación de Clase 1A 4,5 de acuerdo con la norma IEC 60857 y resistirán los efectos de las descargas de corona y del ozono. Deberá soportar un arco eléctrico de baja intensidad durante más de 180 segundos en las condiciones indicadas en la norma IEC 61621.

La resistencia al desgarro (cohesión) del caucho siliconado debe ser superior a 8 N/mm en base a la norma ISO 34-1. En cada interfaz existente del aislador compuesto, la fuerza de adherencia de la interfaz (resistencia de la interfaz) deberá ser superior a la resistencia al desgarro de la silicona (tensión de ruptura del caucho de silicona).

El caucho siliconado debe ser del tipo V0 según IEC 60695-11-10. Si la resistencia al fuego se evalúa bajo las especificaciones de la norma ASTM D2863, su LOI debe ser superior al 25%. Al mismo tiempo, el caucho de silicona debe tener características altamente hidrófugas y debe ser clasificado tipo WC1 según se especifica en IEC TS 62073.

El valor de la resistividad del volumen del caucho siliconado deberá ser superior a 1010 ·m (IEC 62631).

## Zona de conexión (punto de unión triple)

El punto de unión triple es el punto donde el núcleo se encuentra con el acoplamiento metálico y donde termina el revestimiento de caucho siliconado (herraje terminal, núcleo y carcasa de caucho).

Se debe tener especial cuidado en ese punto/zona porque es un punto muy singular para el campo eléctrico (donde normalmente se concentra la mayor intensidad de campo eléctrico) y una interfaz crítica de penetración de humedad-agua.

La zona de conexión debe ser absolutamente estanca al agua y al aire durante la fabricación y a lo largo de la vida útil del aislador (no se permiten espacios entre la goma y el metal). El diseño garantizará un sellado total de la parte más sensible de un aislador de silicona.

Los sistemas de estanquidad deben proporcionar un rendimiento superior al evitar la penetración de humedad entre el caucho de silicona y la interfaz del terminal. El diseño puede estar basado en sellos redundantes que proporcionan una protección inigualable a la varilla del núcleo de fibra de vidrio o basado en una envolvente de silicona HTV de una sola pieza sobre la varilla de núcleo FRP combinado con sistemas de diseño de sobre-moldeo que se incrustan completamente en la envolvente de silicona que alberga la zona de conexión, así como otros sistemas para asegurar ese punto crítico.

Los herrajes terminales deben fijarse directamente a la varilla central de FRP mediante un proceso de crompresión radial (al menos 8 puntos de compresión) o circunferencial (la compresión completa atenúa la salida de humedad en la conexión).

No se admiten herrajes terminales ensamblados por terceros, excepto por el fabricante del aislador, durante el proceso de fabricación.

## Herrajes Terminales/Acoplamientos

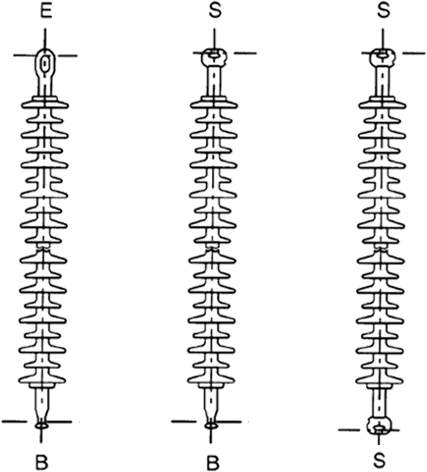
Los terminales, fabricados en acero forjado galvanizado en caliente, deben aplicar la norma IEC 61284 y se fijarán mecánica y directamente a la varilla central de FRP. Las tensiones deberán transmitirse desde el conductor a la torre.

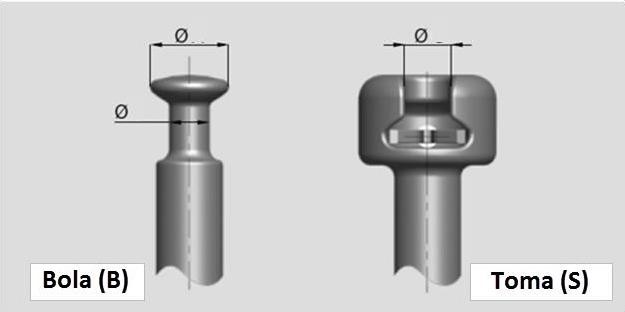
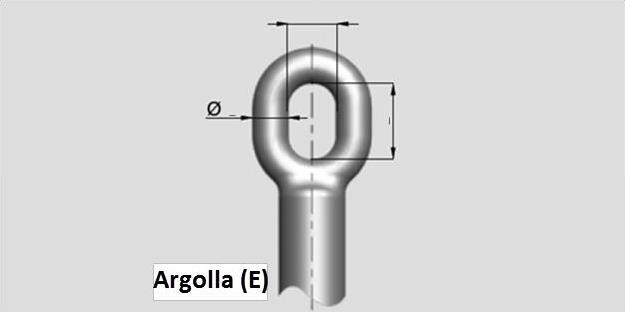
Los revestimientos aplicados por galvanización en caliente se realizarán según la norma ISO 1461 con un espesor mínimo del revestimiento local igual o superior a 75 m.

* + - 1. *Tipos de herrajes terminales*

Los herrajes terminales que se considerarán en esta norma serán:

* Herrajes Terminales del Lado Torre (EFT) - terminales superiores: Rotula (S) y Anilla (E).
* Herrajes Terminales del Lado Conductor (EFC): Bola (B) y Anilla (S).





**Imagen 1** – Tipos de Aisladores Compuestos y Acoplamientos

* + - 1. *Características mecánicas de los acoplamientos*

La carga mecánica especificada (SML) se fijará en función de la tensión nominal del conductor.

Los valores específicos relativos a los tamaños de los acoplamientos deberán estar en conformidad con IEC 61466-1:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***SML***  ***(kN)*** | **Rotula & Bola**  **IEC 60120** | **Anilla**  **IEC 61466** |
| 70 | 16 | 17 |
| 100 | 16 | 24 |
| 120 | 16 | 24 |
| 160 | 20 | 25 |
| 210 | 20 | 25 |

**Tabla 7** – SML estandarizado vs tamaños de acoplamientos

## Anillos equipotenciales

Los anillos equipotenciales distribuyen la tensión en el extremo del aislador junto al conductor. Serán necesarios para tensiones nominales iguales o superiores a 220 kV.

Las dimensiones de los anillos dependen de las características geométricas y eléctricas de la cadena. El fabricante de los aisladores compuestos suministrará, además, los anillos equipotenciales.

## Características eléctricas

Las unidades de cadenas aisladores de compuestas se estandarizan por el nivel estándar de tensión soportada de impulso tipo rayo / Nivel básico de aislamiento. La tensión soportada a la frecuencia industrial bajo lluvia será la indicada en la norma IEC 60071-1.

Los valores de estos parámetros se dan en la tabla de Nivel de Aislamiento (IL) en función de Vmax.

## Dimensiones principales de cadenas de aislador compuesto

Las dimensiones principales de los aisladores se definen por:

* **Línea de fuga:** La línea de fuga mínima (MCD) es la distancia más corta a lo largo de la superficie del material de aislamiento sólido entre las dos partes conductoras (Conductor (fase)

- Torre (tierra)). Depende de la tensión máxima (Vmax) y del nivel de contaminación. La influencia de los grados de contaminación del medio ambiente en el dimensionamiento de las distancias de fuga se considera en la norma IEC 60071-2 (las líneas de fuga específicas se establecen en mm/kV dependiendo del grado de contaminación).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Nivel de contaminación***  ***(IEC 6815-1)*** | **Línea de Fuga Específica**  **SCD (mm/kV)** | **Línea de Fuga Específica Unificada - USCD (mm/kV)** |
| I Ligero | 16 | 27,8 |
| II Medio | 20 | 34,7 |
| III Fuerte | 25 | 43,3 |
| IV Muy Fuerte | 31 | 53,7 |

**Tabla 8** – Línea de fuga específica estandarizada y Línea de fuga específica unificada vs nivel de contaminación

En casos especiales de contaminación extrema, se pudieran considerar líneas de fuga específicas de 35 mm/kV.

* **Distancia de arco o distancia de arco en seco:** La Distancia Mínima de Arco (MAD) es la distancia más corta en aire externa al aislador, entre las dos partes conductoras que normalmente tienen la tensión de operación entre ellas (Conductor (fase) - Torre (tierra)). El espacio libre se dimensionará en función de la tensión soportada a los impulsos que se requiera. La norma IEC 61466-2 + ADM1 especifica las distancias de arco y la tensión de impulso tipo rayo.

|  |  |
| --- | --- |
| **Tensión soportada a impulsos tipo rayo (BIL) (1,2/50** **s, seco)** Ui (kV) | **Distancia de Arco Mínima**  MAD (mm) |
| 250 | 435 |
| 325 | 570 |
| 450 | 815 |
| 550 | 1.005 |
| 650 | 1.195 |
| 950 | 1.775 |
| 1.050 | 1.970 |

**Tabla 9** – Distancia de Arco Mínima para diferentes valores de tensión soportada de impulsos tipo rayo

* **Longitud Nominal del Aislador:** Esta longitud se establece como parámetro para coordinar las distancias mínimas fase-tierra en las torres pero manteniendo el MAD requerido. Se le ha dado el nombre de "nominal" debido a las diferencias de longitud en función de los herrajes terminales de la cadena de aisladores compuestos. Se permiten pequeñas tolerancias.
* **Diámetro de la parte aislante (campanas):** Los diámetros de la campana son generalmente de interés en condiciones de acumulación de mucho hielo o acumulación de nieve. Debido a que la acumulación circular en el lado opuesto al viento de la campana aumenta todo el diámetro del aislador. El diámetro de las campanas no excederá el valor presentado en IEC 61466-2 + ADM1 (< 200 mm).

Como revisión de los datos mostrados anteriormente, los valores dimensionales mínimos de los aisladores

que se requieren son:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tensión Nominal**  Un | **Tensión Máxima**  Um | **Tensión soportada de impulsos de iluminación (BIL) (1,2/50** **s, seco)**  Ui | **Distancia Mínima de Arco**  MAD | **Diámetro máx. del aislador**  Dmax | **Distancia de Fuga Mínima (MCD)**  **vs Nivel De Contaminación - Longitud Total**  Ligero Medio Alto Muy Alto | | | |
| (kV) | (kV) | (kV) | (mm) | (mm) | MCD  (mm) | MCD  (mm) | MCD  (mm) | MCD  (mm) |
| 45 | 52 | 250 | 435 | 200 | 832 | 1.040 | 1.300 | 1.615 |
| 57,5 | 72,5 | 325 | 570 | 200 | 1.160 | 1.450 | 1.815 | 2.250 |
| 60 | 72,5 | 325 | 570 | 200 | 1.160 | 1.450 | 1.815 | 2.250 |
| 66 | 72,5 | 325 | 570 | 200 | 1.160 | 1.450 | 1.815 | 2.250 |
| 69 | 72,5 | 325 | 570 | 200 | 1.160 | 1.450 | 1.815 | 2.250 |
| 110 | 123 | 550 | 1.005 | 200 | 1.970 | 2.460 | 3.075 | 3.815 |
| 110/115 (\*) | 145 | 650 | 1.195 | 200 | 2.320 | 2.900 | 3.625 | 4.495 |
| 132 | 145 | 650 | 1.195 | 200 | 2.320 | 2.900 | 3.625 | 4.495 |
| 138 | 145 | 650 | 1.195 | 200 | 2.320 | 2.900 | 3.625 | 4.495 |
| 220 (\*\*) | 245 | 1.050 | 1.970 | 200 | 3.920 | 4.900 | 6.125 | 7.595 |
| 230 (\*\*) | 245 | 1.050 | 1.970 | 200 | 3.920 | 4.900 | 6.125 | 7.595 |

**Tabla 10** – Valores dimensionales mínimos de los aisladores

(\*) Consideraciones para Chilectra/Codensa.

(\*\*) Los valores mostrados en la tabla deben considerar el bloque completo (HVCI + Anillos de graduación) ensamblado.

## Temas de calidad

La conformidad técnica de un diseño particular de cadenas de aisladores compuestos se determinará mediante la realización de ensayos de diseño, ensayos de tipo, ensayos por muestreo y ensayos de rutina relacionados en el presente documento. Adicionalmente, se recomienda que los fabricantes consideren las conclusiones dadas en el documento CIGRÉ 33-204.

* **Líneas de desmoldeo.** Las líneas de desmoldeo son líneas a lo largo de la superficie del caucho aislante y contenidas en el plano en el que se encuentran las dos mitades del molde. Es una parte muy importante del diseño del aislador porque es una línea de testigo, resultado inevitable de la unión de dos partes del molde y una debilidad para el aislador. Estas líneas, en caso de ser paralelas al campo eléctrico, causan erosión y degradación del aislamiento y distorsión en el campo eléctrico.

En la medida de lo posible, el diseño y el proceso de moldeo deben proporcionar una línea de desmoldeo perpendicular a las líneas del campo eléctrico.

* **Distancia entre la última campana y el herraje terminal metálico del lado del conductor.** El diseño del área cercana al herraje inferior y la distancia entre la última aleta y el herraje inferior debe basarse en consideraciones estáticas y dinámicas sobre el campo eléctrico, y no en las necesidades específicas de la línea de fuga y de la distancia mínima de cebado.

Consideraciones electrostáticas aconsejan geometrías en las que la aleta inferior esté, o bien separada más de 40 mm. del herraje inferior, o bien integrada en el mismo. Consideraciones electrodinámicas aconsejan geometrías que faciliten el contorneo directo entre herrajes ante los impulsos de frente de onda escarpado.

El fabricante se asegurará de que su diseño presenta el equilibrio adecuado entre ambos comportamientos (electrostático y electrodinámico).

* **Punto de unión triple (zona de conexión).** En este punto el diseño del aislador tiene que proporcionar un sistema de control para la distribución del campo eléctrico.

El diseño especial de este punto debe minimizar la intensidad de campo eléctrico, los fenómenos de

corona y las descargas parciales dentro de la zona de unión, así como en la superficie de la envolvente de silicona. Esto previene de forma confiable la corrosión del material aislante y elimina el riesgo de fallos posteriores del aislador.

El proceso de fabricación del aislador deberá proteger la interfaz con un diseño que separe el componente tangencial de campo eléctrico del punto triple y mejore la distribución del campo eléctrico dentro y alrededor del punto de sellado.

Las reflexiones anteriores se deben hacer en conjunto con la consideración de la distancia de la última campana, ya que su proximidad al punto de unión debe considerarse en el diseño general.

## Perfiles del aislador polimérico

La forma de las campanas deberá cumplir los requisitos necesarios para garantizar su correcto funcionamiento en diferentes condiciones ambientales, como la lluvia, nieve, hielo o la contaminación. Por esta razón, algunos de los parámetros/relaciones definidos en la norma IEC TS 60815-3 deben satisfacer los siguientes criterios:

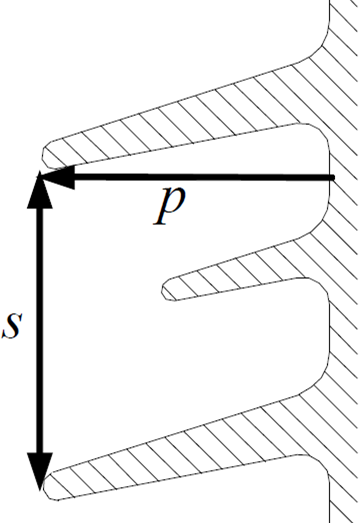
* Espaciado versus proyección de la campana: Donde:

𝑠

 > 0,75

𝑝

* *s*: Espaciado de campana a campana (campanas iguales, campanas del mismo diámetro).
* *p*: Proyección de la campana.



**Imagen 2** – Parámetros *s* y *p* para el perfil alterno de la campana.

* Línea de fuga versus espacio libre: 𝑙

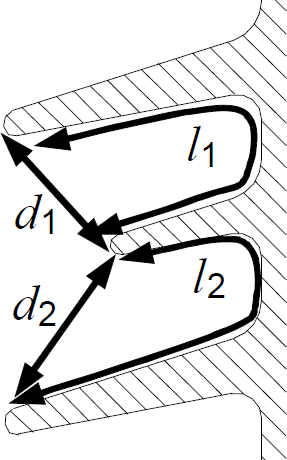
encontrada en cualquier sección).

< 4,5 en cualquier punto del aislador (la relación más

𝑑 alta

Donde:

* *l*: La parte de la distancia de fuga medida entre los dos puntos anteriores.
* *d*: Distancia de aire recta entre dos puntos de la parte aislante o entre un punto de la parte aislante y otro de la parte metálica.



**Imagen 3** – Parámetros *l* y *d* para el perfil alterno de la campana.

* Factor de fuga: 𝐿 < 4,75.

𝐴

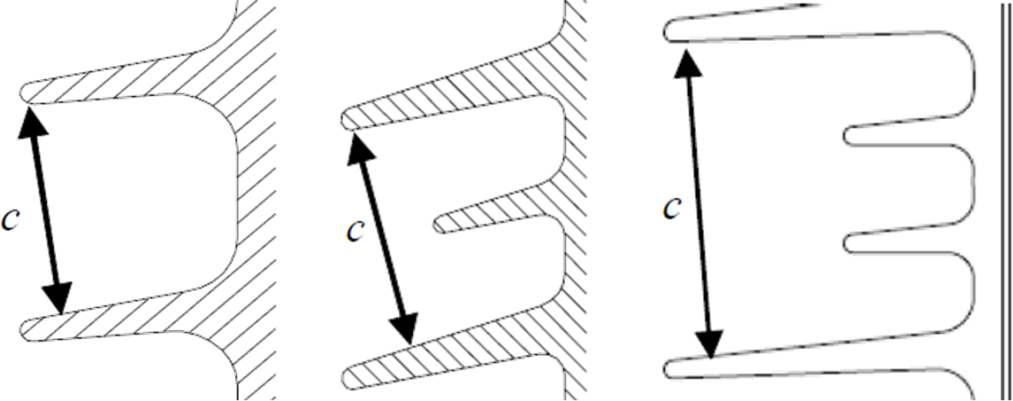
Donde:

* + L: Línea de fuga total del aislador.
  + *A*: Distancia de arco del aislador.
* Distancia mínima entre campanas:

*c* > 25 mm en el caso de perfiles de campanas con el mismo diámetro (campanas uniformes).

*c* > 40 mm para perfiles alternados de campana.

* + *c:* La distancia mínima entre campanas adyacentes del mismo diámetro, medidos trazando una perpendicular desde el punto más bajo del borde de la campana superior hasta la siguiente campana inferior del mismo diámetro.

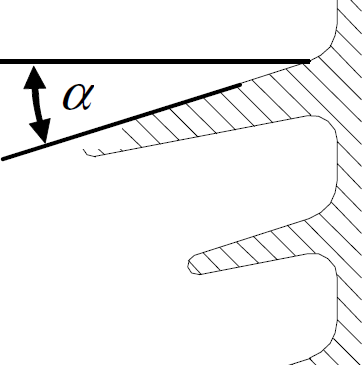


**Imagen 4** – Varios perfiles de campanas.

* Ángulo de la campana: *5º <* 

< 20º. Donde:

* + *:* El ángulo entre la superficie superior de la campana y la línea horizontal. Para campanas redondeadas  se mide en el punto medio.



**Imagen 5** – Ángulo de la campana.

## Marcado

Cada aislador estará marcado de forma clara e indeleble, tal como se especifica en la norma IEC 61466- 1, con:

* Nombre del fabricante o marca;
* Año de fabricación;
* La carga mecánica especificada (SML) – kN.
* Referencias de elementos que permiten identificar cada una de las partes del componente.

# ENSAYOS

Esta Norma se aplicará tal como se describe en IEC 61109 para los criterios de clasificación, implementación y ensayo. Para ello, los ensayos se dividen en los siguientes cuatro grupos:

* Ensayos de diseño
* Ensayos de tipo
* Ensayos de muestreo
* Ensayos de Rutina

Los métodos de ensayo prescritos no incluyen requisitos relativos a la elección de aisladores para condiciones de funcionamiento específicas o especiales.

## Ensayos de Diseño

Estos ensayos tienen por objeto verificar la idoneidad de los diseños, materiales y métodos de fabricación (tecnología). El diseño de un aislador compuesto de suspensión se define por:

* Los materiales del núcleo, revestimiento y su método de fabricación.
* El material de los herrajes de los extremos, su diseño y método de fijación (excluido el acoplamiento).
* Espesor de la capa del revestimiento sobre el núcleo (incluida una cubierta cuando se utilice).
* Diámetro del núcleo.

Cuando un HVCI para la suspensión se someta a los ensayos de diseño, estos comienzan con un aislador original para un diseño dado, y los resultados se deben considerar válidos sólo para ese diseño. Este aislador original sometido a ensayo define un diseño particular de los aisladores que tienen todos

ellos las siguientes características:

* Los mismos materiales para el núcleo y el revestimiento, así como el mismo método de fabricación.
* Diámetro transversal del núcleo igual o mayor.
* Tensión igual o menor sometida a cargas mecánicas.
* El mismo material de los herrajes, el mismo diseño de la zona de conexión, los mismos procesos de montaje y fijación y la misma geometría de la interfaz entre el revestimiento y el herraje.
* El mismo o mayor espesor de la capa mínima del revestimiento sobre el núcleo (incluida una cubierta cuando se utilice).
* Parámetros equivalentes del perfil del revestimiento (véase ANEXO C - Tabla 1 de las consideraciones de a) y b) de IEC 61109:2008).

Cuando se produzcan cambios en el diseño, se realizarán de nuevo los ensayos de acuerdo con la Tabla 1 de IEC 61109:2008 (véase Anexo C).

Los ensayos de diseño consisten en ensayos prescritos en la norma IEC 62217, que se enumeran a continuación, y un ensayo específico de tiempo-carga del núcleo ensamblado. Estos ensayos se realizan una sola vez y los resultados se registran en un informe de ensayos.

|  |
| --- |
| **Ensayos sobre las interfaces y las conexiones de los herrajes de los extremos** |
| Prefatiga – Prefatiga por supresión brusca de la carga  – Prefatiga termicomecánica |
| Prefatiga por inmersión en agua |
| Ensayos de verificación: |
| Inspección visual |
| Ensayo de tensión a impulso de frente escarpado |
| Ensayo de tensión de frecuencia industrial en seco |
| **Ensayos sobre el material de la aleta y del revestimiento** |
| Ensayo de dureza |
| Ensayo climático acelerado |
| Ensayo de formación de los caminos conductores y erosión |
| Ensayo de inflamabilidad |
| **Ensayos sobre el material del núcleo** |
| Ensayo de penetración de colorante |
| Ensayo de difusión del agua |
| **Ensayo carga-tiempo del núcleo ensamblado** |
| Determinación de la carga de ruptura media del núcleo del aislador montado |
| Control de la pendiente de la curva de resistencia-tiempo del aislador |
| **Ensayo de resistencia de los núcleos de FRP contra la corrosión bajo tensión** |

**Tabla 11** – Ensayos de Diseño

Cada parte se puede realizar de forma independiente en nuevas muestras de ensayo, cuando sea necesario. El HVCI de un diseño particular sólo se calificará cuando todos los aisladores o muestras de ensayo satisfagan los ensayos de diseño.

## Ensayos de interfaces y conexiones de terminales

Se probarán tres aisladores montados en la línea de producción. La longitud del aislamiento (distancia entre los herrajes metálicos) no será inferior a 8001 mm. Ambos herrajes de los extremos deben ser los mismos que en los aisladores de producción estándar. Los herrajes de los extremos se montarán de forma que la parte aislante entre los herrajes y la campana más cercana sea idéntica a la del aislador de la línea de producción. Si en el diseño del aislador se utilizan separadores, anillos de unión u otras características (especialmente en el caso de aisladores más largos), la muestra incluirá todos estos dispositivos en una posición típica.

De acuerdo con la cláusula 9.2 de IEC 62217:2012, la secuencia del ensayo consiste en:

* Ensayo a frecuencia industrial en seco de referencia
* Pre-fatiga
* Ensayo de verificación (examen visual, ensayo de tensión de impulso de frente escarpado, ensayo de tensión a frecuencia industrial en seco)
  + - 1. *Ensayos de referencia a frecuencia industrial en seco*

Según la cláusula 9.2.4 de IEC 62217:2012.

* + - 1. *Supresión brusca de la carga*

Según la cláusula 10.3.1 de IEC 61109:2008.

* + - 1. *Pretensado termomecánico*

Según la cláusula 10.3.2 de IEC 61109:2008.

* + - 1. *Prefatiga por inmersión en agua*

Según la cláusula 9.2.6 de IEC 62217:2012.

* + - 1. *Examen visual*

Según la cláusula 9.2.7.2 de IEC 62217:2012.

* + - 1. *Ensayo de tensión de impulso de frente escarpado*

Según la cláusula 9.2.7.3 de IEC 62217:2012.

* + - 1. *Ensayo de tensión a frecuencia industrial en seco*

Según la cláusula 9.2.7.4 de IEC 62217:2012.

El intervalo de tiempo entre los tres últimos ensayos sobre interfaces y terminales (examen visual, ensayo de tensión de impulso de frente escarpado, ensayo de tensión a frecuencia industrial en seco) deberá ser tal que los ensayos de verificación se concluyan en un plazo máximo de 48 horas.

## Ensayos sobre el material de la aleta y el revestimiento

Para evaluar la dureza, vida útil, erosión y resistencia al fuego.

* + - 1. *Ensayo de dureza*

Según la cláusula 9.3.1 de IEC 62217:2012.

1 Si el fabricante sólo dispone de instalaciones para fabricar aisladores de menos de 800 mm, los ensayos de diseño podrán realizarse en aisladores de las longitudes de que disponga, pero los resultados sólo serán válidos hasta las longitudes sometidas a ensayo.

* + - 1. *Ensayo climático acelerado*

Según la cláusula 9.3.2 de IEC 62217:2012.

* + - 1. *Ensayo de formación de caminos conductores y erosión (ensayo de niebla salina de 1.000 h)*

Según las cláusulas 10.2.2 de IEC 61109:2008 y 9.3.3 de IEC 62217:2012.

* + - 1. *Ensayo de inflamabilidad*

Según la cláusula 9.3.4 de IEC 62217:2012.

## Ensayos del material del núcleo

Para comprobar el rendimiento del material del núcleo frente a la penetración de agua, se realizarán los siguientes ensayos. Estos ensayos pueden realizarse en muestras con o sin material de revestimiento, de acuerdo con las prescripciones de la norma de producto correspondiente.

* + - 1. *Ensayo de porosidad (ensayo de penetración de colorante)*

Según la cláusula 9.4.1 de IEC 62217:2012.

* + - 1. *Ensayo de la difusión del agua*

Según la cláusula 9.4.2 de IEC 62217:2012.

## Ensayo carga-tiempo del núcleo ensamblado

Según la cláusula 10.4 de IEC 61109:2008. Este ensayo consta de dos partes/sub-ensayos:

* Determinación de la carga de ruptura media del núcleo del aislador ensamblado - *MAV*:

Según la cláusula 10.4.2.1 de IEC 61109:2008.

* Verificación de la carga soportada de 96 h: Según la cláusula 10.4.2.2 de IEC 61109:2008.

## Ensayo de resistencia de los núcleos de FRP contra la corrosión bajo tensión

Este ensayo surgió a mediados de los años 80, sin embargo no evalúa la idoneidad de un diseño de aislador (envolvente) contra la rotura frágil. Se trata puramente de un ensayo de pantalla que mide la resistencia a los ácidos de las varillas descubiertas (materiales del núcleo y diseño). Se debe seleccionar un ensayo de la longitud libre del aislador para evitar la interferencia de las tensiones superpuestas en la zona de compresión.

La resistencia a la tracción en compuestos de fibra unidireccionales es típicamente un fenómeno dominado por la fibra. Las fallas transversales ocurren mediante grupos de fibras, normalmente con resistencia a la tracción máxima del material compuesto. Esta falla, llamada rotura frágil, ocurre en cargas inusualmente bajas de la cadena, cuando el compuesto queda expuesto a ambientes químicos adversos y se le denomina rotura frágil por ataque de ácido.

Durante el ensayo, la varilla se somete a una carga de tracción constante mientras se sumerge una parte de la sección del manómetro en una solución de Ácido Nítrico 1N (HNO3) durante un período de 96 horas. Este ensayo se realizará a temperatura ambiente para confirmar la resistencia mecánica contra la corrosión de los núcleos de FRP y seguirá las indicaciones del Proyecto IEC 36-6-2 de WG 36-07.

* + - 1. *Espécimen de ensayo*

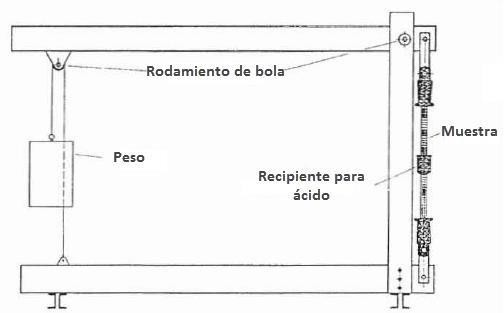
Se utiliza un aislador de la línea de producción o una muestra. El espécimen deberá tener una longitud entre los terminales de al menos 10 veces el diámetro del núcleo. Los terminales deberán ser idénticos a los que se utilizan en la producción.

El ensayo es aplicable a la parte descubierta de la varilla, de manera que la envolvente del aislador se retire en la parte central del mismo en una longitud de al menos 150 mm. La superficie visible del núcleo debe alisarse con un paño abrasivo fino (tamaño de grano 180). Los restos de la envolvente deben retirarse totalmente. Se colocará un recipiente de ácido de polietileno alrededor de la superficie visible del núcleo de manera que el líquido pueda verterse simplemente en el recipiente y que el ácido no entre en contacto con los herrajes terminales. El tamaño del depósito de ácido se adaptará de tal forma que el núcleo de FRP esté rodeado de un espesor del líquido no inferior a 1 cm y un nivel de líquido no inferior a 4 cm. El recipiente deberá cubrirse para evitar que el líquido se evapore a más del 5% de su volumen durante el período del ensayo.

* + - 1. *Realización del ensayo*

El aislador se somete a una carga de tracción aplicada entre las partes metálicas. Dicha carga de tracción aumentará rápidamente pero con suavidad, desde cero hasta un 67% de la carga mecánica especificada (SML) y posteriormente este valor se mantendrá durante 96 h. Inmediatamente después de aplicar la carga, se agregará ácido nítrico en concentración de 1N (es decir 1N = 63 g conc. de HNO3 agregados a 937 g de agua) al recipiente del ácido. El ácido no debe entrar en contacto con los herrajes.

Las solución de 1N es la recomendada por las normas de la industria y presenta un PH de 0. El ácido nítrico puro se utiliza normalmente para disolver la matriz polimérica, pero no se espera que exista una concentración superior a 1N incluso en los entornos eléctricos elevados de los conductores aéreos.



**Imagen 6** – Montaje para ensayos de resistencia a la corrosión de núcleos de FRP

* + - 1. *Evaluación del ensayo*

El ensayo se supera si no se produce ninguna fractura del núcleo durante el ensayo de 96 horas (no se producen fallas y la inspección macroscópica no revela ningún daño o cambio en el material compuesto después de la exposición). Si no se detectan fallas o daños, los resultados indican que el compuesto de polímero utilizado es inmune a la rotura frágil en las condiciones especificadas en los protocolos de ensayo estándar de la industria y en entornos ácidos más agresivos.

## Ensayos de Tipo

Los ensayos de tipo tienen por objeto verificar las principales características de un aislador polimérico, que dependen principalmente de su forma y tamaño. Los ensayos de tipo se aplicarán a los aisladores poliméricos que pertenezcan a una clase de diseño ya cualificada. Los ensayos de tipo se repetirán únicamente cuando se cambie el tipo de aislador polimérico. Los parámetros que definen un tipo de aislador polimérico y los ensayos de tipo aplicables figuran en la norma de producto correspondiente.

|  |
| --- |
| **Ensayos eléctricos (Um < 300 kV)** |
| Ensayo de tensión soportada a impulso tipo rayo en seco |
| Ensayo a frecuencia industrial bajo lluvia |
| **Ensayo de comprobación del límite del deterioro y ensayo de estanqueidad de la**  **interfaz entre los herrajes de los extremos y el revestimiento del aislador** |
| **Ensayo de radio interferencia** |
| **Ensayos adicionales en anillos de graduación** |

**Tabla 12** – Ensayos de Tipo.

Además, la Tabla 1 de IEC 61109 describe las características de diseño del aislador que, cuando se cambian, también requieren una repetición de los ensayos de tipo (véase Anexo B).

## Ensayos eléctricos

Un tipo de aislador se define eléctricamente por la distancia de arco, la línea de fuga, y la inclinación, diámetro y espaciado de las aletas.

Los ensayos eléctricos de tipo (véase el 11.1 de IEC 61109:2008) se realizarán sólo una vez en aisladores que han superado los ensayos de diseño y se realizarán con dispositivos de control de arco o campo (que generalmente son necesarios en aisladores compuestos a tensiones de transmisión) si son parte integrante del tipo de aislador.

Los ensayos eléctricos se realizarán según IEC 60383-2 para confirmar los valores especificados. La interpolación de los resultados de los ensayos eléctricos podrá utilizarse para aisladores de longitud intermedia, siempre que el factor entre las distancias de arco de los aisladores cuyos resultados constituyan los puntos finales de la gama de interpolación sea inferior o igual a 1,5. No se permite la extrapolación.

* + - 1. *Ensayo de tensión soportada de impulso tipo rayo en seco*

Se ensayará un aislador conforme al capítulo 13 de la norma IEC 60383-1.

* + - 1. *Ensayo a frecuencia industrial bajo lluvia*

Se ensayará un aislador conforme al capítulo 14 de la norma UNE-EN 60383- 1:1997 Incluyendo la determinación del valor de la tensión de contorneo bajo lluvia.

## Ensayo de comprobación del límite del deterioro y ensayo de estanqueidad de la interfaz entre los herrajes de los extremos y el revestimiento del aislador

Según el apartado 11.2 de la norma ISO 61109.

Un tipo de aislador se define mecánicamente principalmente por un SML máximo para el diámetro del núcleo, el método de fijación y el diseño de acoplamiento dados.

Los ensayos mecánicos de tipo se realizarán una sola vez en aisladores que cumplan los criterios para cada tipo, según la cláusula 10.2 de IEC 61109:2008.

## Ensayo de radio interferencia

Según IEC 60437.

## Ensayos adicionales sobre los anillos equipotenciales

Se realizarán los siguientes ensayos adicionales en los anillos equipotenciales/corona, cuando existan:

* Inspección visual
* Conformidad dimensional (verificación de las dimensiones)
* Determinación del espesor de la capa de zinc

El Fabricante/Proveedor proporcionará los siguientes valores eléctricos del aislador compuesto con anillos de gradiente instalados:

* Tensión soportada a impulsos tipo rayo (1,2/50 s, seco, ambas polaridades)
* Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia

## Ensayos de muestreo

Los ensayos de muestreo tienen por objeto verificar otras características de los aisladores compuestos, incluidas las que dependen de la calidad de la fabricación y de los materiales utilizados. Se realizan sobre aisladores tomados al azar de los lotes presentados a recepción.

|  |
| --- |
| **Verificación de las dimensiones (E1 + E2)** |
| **Verificación del dispositivo de acoplamiento (E2)** |
| **Verificación de la estanqueidad de la interfaz entre los herrajes de los extremos y el revestimiento del aislador (E2)** |
| **Verificación de la carga mecánica especificada (E1)** |
| **Ensayo de galvanización (E2)** |

**Tabla 13** – Ensayos de Muestreo.

Para los ensayos de muestreo, se utilizan dos muestras, E1 y E2. Los tamaños de estas muestras se presentan a continuación. Si se trata de más de 10.000 aisladores, se dividirán en un número óptimo de lotes de entre 2.000 y 10.000 aisladores. Los resultados de los ensayos se evaluarán por separado para cada lote.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tamaño del Lote**  **N** | **Tamaño de la Muestra** | |
| **E1** | **E2** |
| N < 300 | Sujeto a acuerdo | |
| 300 < N < 2.000 | 4 | 3 |
| 2.000 < N < 5.000 | 8 | 4 |
| 5.000 < N < 10.00 | 12 | 6 |

**Tabla 14** – Tamaño de las muestras para los Ensayos de Muestreo.

Los aisladores se seleccionarán del lote aleatoriamente. El comprador tiene el derecho de hacer la selección. Las muestras se someterán a las pruebas de muestreo aplicables.

En caso de que la muestra no satisfaga un ensayo, se aplicará el procedimiento de nuevo ensayo prescrito en el punto 12.6 de IEC 61109:2008.

Solamente los aisladores del muestreo E2 se pueden utilizar y sólo si el ensayo de galvanización se efectúa según el método magnético.

* + - 1. *Verificación de las dimensiones*

Según la cláusula 12.2 de IEC 61109:2008

* + - 1. *Verificación del dispositivo de*

*acoplamiento*

Según la cláusula 12.3 de IEC 61109:2008.

* + - 1. *Verificación de la estanqueidad de la interfaz entre los herrajes de los extremos y el revestimiento del aislador*

Según la cláusula 12.4 de IEC 61109:2008.

* + - 1. *Verificación de la carga mecánica especificada*

Según la cláusula 12.4 de IEC 61109:2008.

* + - 1. *Ensayo de galvanización*

Según las cláusulas 12.5 de IEC 61109:2008 y 26 de IEC 60383-1:1993.

## Ensayos individuales

El objetivo de estos ensayos es eliminar los aisladores compuestos con defectos de fabricación. Se realizan a todos los aisladores compuestos que se ofrecen para su aceptación.

|  |
| --- |
| **Ensayo mecánico individual** |
| **Identificación del aislador compuesto** |
| **Inspección visual** |

**Tabla 15** – Ensayos de Muestreo.

* + - 1. *Ensayo mecánico de rutina*

Según la cláusula 13.1 de IEC 61109:2008.

* + - 1. *Identificación del aislador compuesto*

Además de los requisitos de la norma IEC 62217, cada aislador deberá estar marcado con su SML. Se recomienda que cada aislador sea marcado o etiquetado por el fabricante para indicar que ha pasado el ensayo mecánico de rutina.

* + - 1. *Inspección visual*

Según la cláusula 13.2 de IEC 61109:2008.

# CONFORMIDAD TÉCNICA

El suministro de los componentes y equipos requiere de un proceso de Evaluación de Conformidad Técnica (TCA). Dicho proceso debe realizarse según es estándar del PROPIETARIO.

La Conformidad Técnica debe ser emitida por el PROPIETARIO y debe estar respaldada por la realización de todos los ensayos de Diseño, de Tipo y de Muestreo en cada tipo de aislador a acreditar. Los ensayos de diseño y de tipo se realizarán una vez, durante el proceso de TCA. Por el contrario, se deben realizar ensayos de muestreo y ensayos de rutina en cada uno de los lotes comprados, como ensayos de aceptación.

Todas los ensayos en aisladores deben llevarse a cabo como se especifica en esta norma. El Fabricante/Proveedor comunicará con suficiente antelación (14/21 días hábiles para viajes locales/internacionales) la fecha de los ensayos a los efectos de que Enel asista, si se considera necesario.

# REQUISITOS DE SUMINISTRO

Los fabricantes de los aisladores suministrarán instrucciones adecuadas e información que abarque las condiciones generales durante el traslado, almacenamiento e instalación de los aisladores. Dichas instrucciones deberán incluir las recomendaciones de manejo, limpieza y mantención.

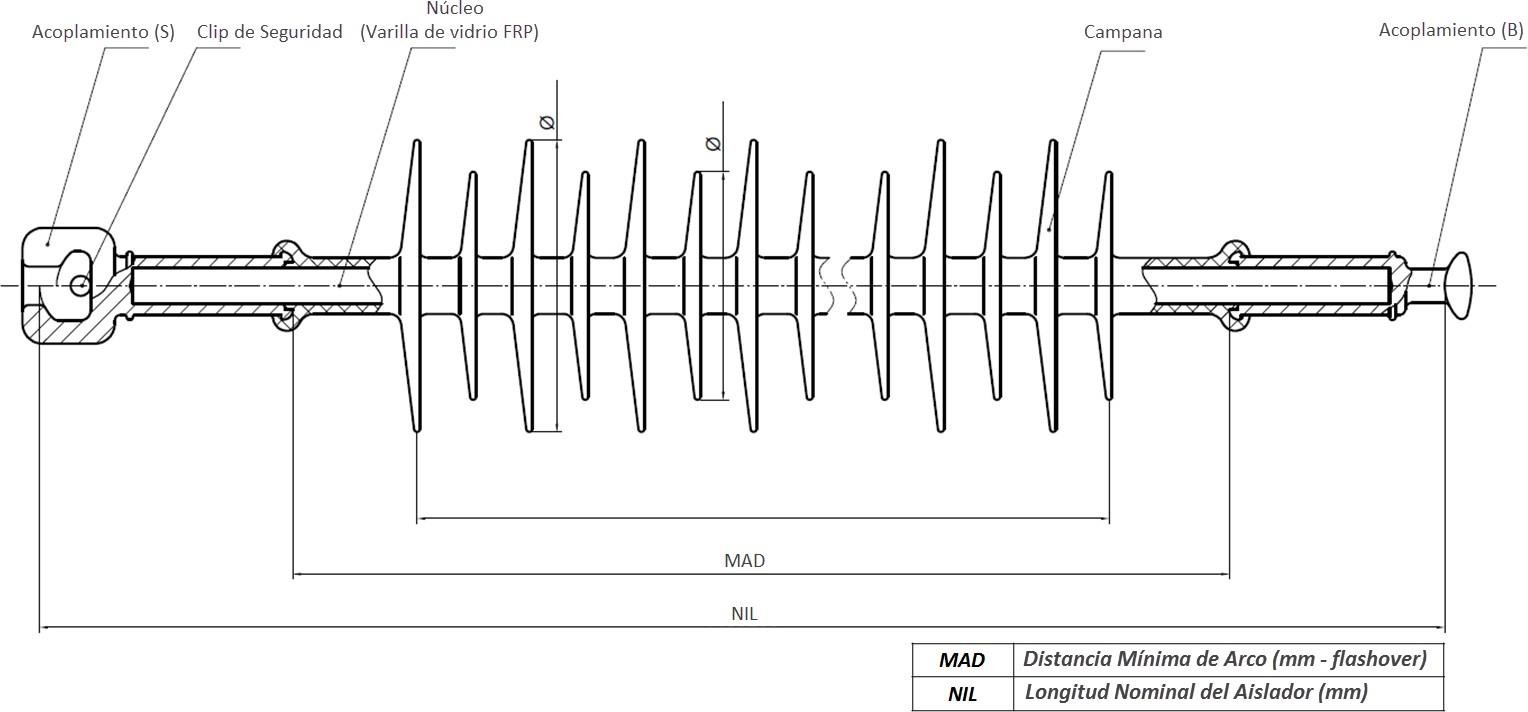
Los aisladores del mismo lote deben ser embalados en cajas de madera o en cajas de cartón duro. Cada caja se marcará con un código seleccionado por el fabricante con el fin de identificar el lote de fabricación y el tipo de aislador (marcas en el aislador, según se describe en el presente documento).

Deben estar bien embalados para evitar que los terminales se apoyen en el material del revestimiento para intemperie de polímero, así como para garantizar que las campanas no se toquen entre sí ni con las paredes de la caja. En toda la longitud del aislador, las cajas deberán tener piezas con agujeros apropiados para apoyar las varillas (evitando que se doblen y entren en contacto entre campanas y con la pared de la campana) y para sujetar los terminales metálicos. Se garantizará que no se produzcan daños en las campanas durante el almacenamiento, carga y traslado.

No se embalarán más de 60 aisladores en una sola caja y deberán ser del mismo tipo.

Las características de consistencia de las cajas deberán permitir un almacenamiento/transporte de tres capas y deberán estar preparadas para su manejo con grúas horquilla y grúas pluma. También deben ser tratados para evitar que se degraden con el tiempo.

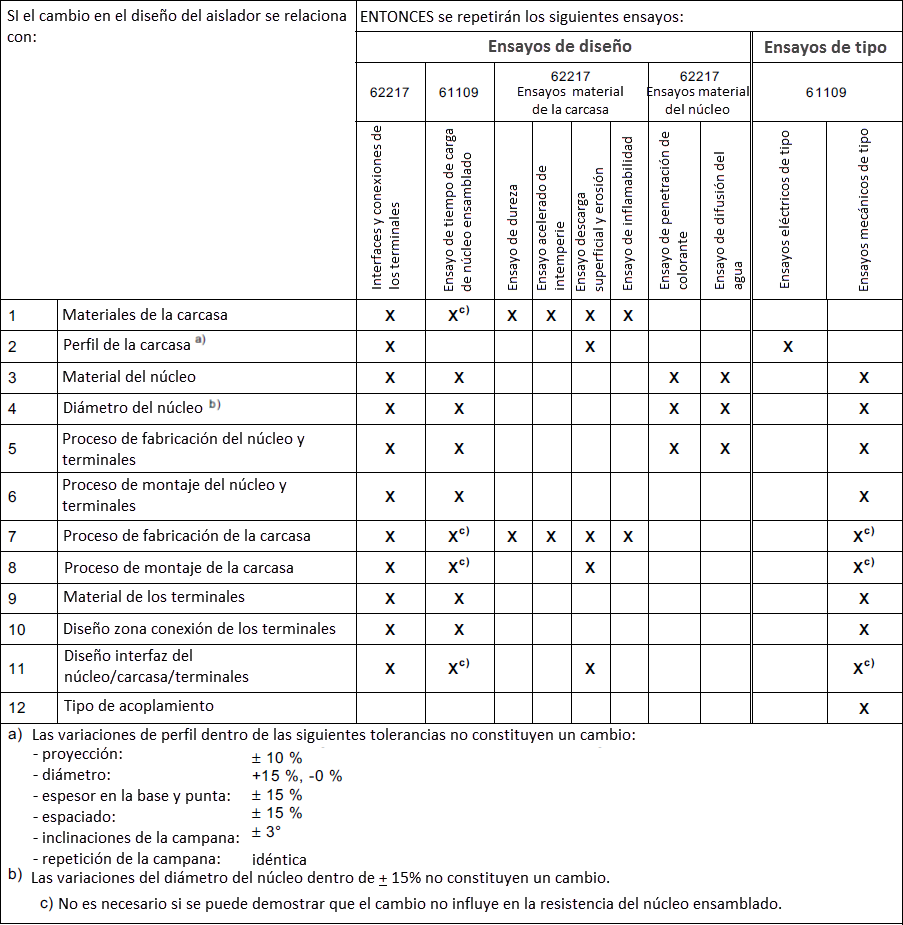
# ANEXO A - AISLADOR COMPUESTO (AISLADOR DE TENSIÓN/SUSPENSIÓN SB)

****

# ANEXO B – ENSAYOS DE AISLADOR COMPUESTO DE A.T.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **N** | **Ensayo** | **Ensayo de Tipo** | **Proceso de TCA** |
| 1 | Pre-tensión – Prefatiga por supresión brusca de la carga | Diseño | X |
| 2 | Pre-tensión – Prefatiga termomecánica | Diseño | X |
| 3 | Prefatiga por inmersión en agua | Diseño | X |
| 4 | Ensayos de verificación | Diseño | X |
| 5 | Inspección visual | Diseño | X |
| 6 | Ensayo de tensión a impulso de frente escarpado | Diseño | X |
| 7 | Ensayo de tensión de frecuencia industrial en seco | Diseño | X |
| 8 | Ensayo de dureza | Diseño | X |
| 9 | Ensayo climático acelerado | Diseño | X |
| 10 | Ensayo de formación de los caminos conductores y erosión | Diseño | X |
| 11 | Ensayo de inflamabilidad | Diseño | X |
| 12 | Ensayo de penetración de colorante | Diseño | X |
| 13 | Ensayo de difusión del agua | Diseño | X |
| 14 | Determinación de la carga de ruptura media del núcleo del aislador montado | Diseño | X |
| 15 | Control de la pendiente de la curva de resistencia-tiempo del aislador | Diseño | X |
| 16 | Ensayo de resistencia de los núcleos de FRP contra la corrosión bajo tensión | Diseño | X |
| 17 | Ensayo de tensión soportada de impulso tipo rayo en seco (Ensayo eléctrico) | Tipo | X |
| 18 | Ensayo a frecuencia industrial bajo lluvia (Ensayo eléctrico) | Tipo | X |
| 19 | Ensayo de estanqueidad de la interfaz entre los herrajes y la envolvente del aislador | Tipo | X |
| 20 | Ensayo de comprobación del límite del deterioro | Tipo | X |
| 21 | Ensayo de radio interferencia | Tipo | X |
| 22 | Ensayos adicionales sobre los anillos equipotenciales | Tipo | X |
| 23 | Verificación de las dimensiones | Muestra | X |
| 24 | Verificación del dispositivo de acoplamiento | Muestra | X |
| 25 | Verificación de la estanqueidad de la interfaz entre los herrajes de los extremos y el revestimiento del aislador | Muestra | X |
| 26 | Verificación de la carga mecánica especificada | Muestra | X |
| 27 | Ensayo de galvanización | Muestra | X |
| 28 | Ensayo mecánico individual | Rutina |  |
| 29 | Identificación del aislador compuesto | Rutina |  |
| 30 | Inspección visual | Rutina |  |

# ANEXO C – TABLA 1 DE IEC 61109:2008. ENSAYOS A REPETIR DESPUÉS DE LOS CAMBIOS DE DISEÑO

****