



Máster Universitario en
Sistemas Ferroviarios

Proceso de Verificación del cumplimiento de los requisitos de la norma en los Aisladores Eléctricos de Apoyo montados en el material rodante ferroviario

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO: 2019-2020

Master Universitario en Sistemas Ferroviarios
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA ICAI

Autor: Sergio Ballesteros Torres

Directora: D. ^a. Maria Jesús Carnero Miranda

TÍTULO:

“Proceso de Verificación del cumplimiento de los requisitos de la norma en los Aisladores Eléctricos de Apoyo montados en el Material Rodante Ferroviario”

AUTOR: D.Sergio Ballesteros Torres

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S. Ballesteros', with a long horizontal stroke extending to the left.

DIRECTORA: D. ^a. Maria Jesús Carnero Miranda

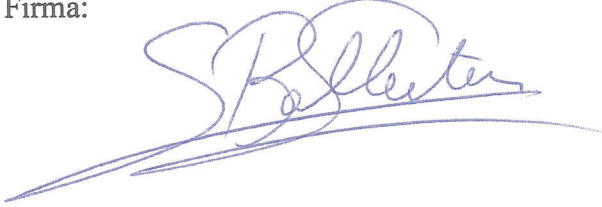
Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Jesús', with a circular flourish at the end.

FICHA TÉCNICA

AUTOR: D. Sergio Ballesteros Torres

Firma:



DIRECTORA: D. ^a. Maria Jesús Carnero Miranda

Firma:



PROGRAMA CURSADO Y CURSO ACADÉMICO:

Master Universitario en Sistemas Ferroviarios. Curso 2019-2020

Título del Trabajo Fin de Máster:

Proceso de Verificación del cumplimiento de los requisitos de la norma en los Aisladores Eléctricos de Apoyo montados en el material rodante ferroviario

Descripción breve:

El trabajo consiste en un estudio y exposición de las condiciones técnicas que deben satisfacer los aisladores eléctricos de apoyo utilizados en el material rodante ferroviario.

Resumen de las principales ideas desarrolladas:

El objetivo del trabajo es la definición de los requerimientos técnicos que deben cumplir los suministros de aisladores eléctricos de apoyo destinados a ser montados en el material rodante ferroviario de modo que quede asegurada la calidad de los repuestos montados en el material rodante de acuerdo a la normativa de aplicación.

Se elabora un trabajo que recoja todos los requisitos y verificaciones necesarios a realizar para asegurar el cumplimiento de la calidad de los aisladores de apoyo de los repuestos del material rodante y poder garantizar que el suministro de materiales se realiza con la suficiente fiabilidad y calidad, de tal manera que no se comprometan ni los procesos de mantenimiento, ni la seguridad y fiabilidad de los trenes a los que se incorporan dichos repuestos.

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	7
3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS	8
4. CAPÍTULOS DE LAS TAREAS DEL TRABAJO DE FIN DE MASTER “Proceso de Verificación del cumplimiento de los requisitos de la norma en los Aisladores Eléctricos de Apoyo montados en el material rodante ferroviario”	9
4.1. Estudio de las normas de aplicación a los aisladores de apoyo montados en el material rodante de las tareas del trabajo de fin de master.....	10
4.2. Establecimiento de una Clasificación de los diferentes tipos de aisladores montados en el material rodante.....	10
4.2.1. <i>Aisladores macizos de apoyo y sus elementos.....</i>	<i>11</i>
4.2.2. <i>Aisladores huecos.....</i>	<i>14</i>
4.3. Ensayos	15
MÉTODOS PARA LOS ENSAYOS ELÉCTRICOS.....	15
4.3.1. <i>Ensayo de tensión soportada de impulso tipo rayo en seco.....</i>	<i>15</i>
4.3.2. <i>Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial en seco</i>	<i>16</i>
4.3.3. <i>Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia</i>	<i>17</i>
4.3.4. <i>Ensayo de perforación</i>	<i>18</i>
4.3.5. <i>Ensayo eléctrico individual en aisladores macizos de apoyo</i>	<i>18</i>
4.3.6. <i>Ensayo eléctrico individual en aisladores huecos</i>	<i>20</i>
MÉTODOS PARA LOS ENSAYOS MECÁNICOS Y OTROS.....	21
4.3.7. <i>Verificación de las dimensiones en aisladores macizos de apoyo</i>	<i>21</i>
4.3.8. <i>Verificación de las dimensiones y de la rugosidad de las superficies de tierra en Aisladores Huecos.....</i>	<i>23</i>
4.3.9. <i>Ensayos mecánicos de rotura sobre aisladores macizos de apoyo</i>	<i>27</i>
4.3.10. <i>Ensayos mecánicos de rotura sobre aisladores huecos</i>	<i>30</i>
4.3.11. <i>Ensayo de resistencia a las variaciones bruscas de temperatura en aisladores macizos de apoyo</i>	<i>33</i>
4.3.12. <i>Ensayo de ciclo de temperaturas sobre aisladores huecos</i>	<i>34</i>
4.3.13. <i>Ensayo individual de choque térmico en aisladores huecos y en aisladores macizos de apoyo aplicable sólo a las partes aislantes de vidrio templado.....</i>	<i>38</i>
4.3.14. <i>Verificación de ausencia de porosidad en aisladores huecos y en aisladores macizos de apoyo (aplicable sólo a los aisladores de apoyo cerámicos)</i>	<i>38</i>

4.3.15. Ensayo de galvanización en aisladores huecos o macizos de apoyo	39
4.3.16. Examen visual individual	41
4.3.18. Ensayo mecánico individual en los aisladores huecos o en los cuerpos de aislador huecos destinados a uso general	45
4.3.19. Ensayo mecánico individual en los aisladores huecos o los cuerpos de aislador huecos en cerámica utilizados bajo presión permanente de gas	46
4.4. Marcado.....	47
4.5. Embalaje.....	47
4.6. Niveles de inspección y registros de calidad.....	47
4.6.1. Nivel de inspección FAI y serie para aisladores macizos de apoyo	48
4.6.2. Niveles de inspección FAI y serie para aisladores huecos	51
4.6.3. Reglas de muestreo y procedimientos para los ensayos por muestreo.	54
4.7. Formato de oferta técnica.....	55
5. CONCLUSIONES Y APORTACIONES DEL TFM.....	58
6. BIBLIOGRAFÍA	58

1. INTRODUCCIÓN

El sector de repuestos del material rodante tiene unas peculiaridades propias que es necesario tener en cuenta para garantizar que el suministro de materiales se realiza con la suficiente fiabilidad y calidad, de tal manera que no se comprometan ni los procesos de mantenimiento del Mantenedor Ferroviario, ni la seguridad y fiabilidad de los trenes a los que se incorporan dichos repuestos.

En general, se deben destacar en relación al párrafo anterior los siguientes aspectos:

- Los repuestos para los trenes son materiales de alta responsabilidad, que deben estar sujetos a controles de calidad muy exigentes para evitar las consecuencias negativas que tendría un fallo de la pieza sobre la seguridad de los equipos y las personas, así como de la fiabilidad de los trenes.
- Las series de fabricación de los repuestos son cortas comparadas con otros sectores industriales o del transporte.
- La vida útil de los trenes es superior a los 30 años, por lo que la documentación de origen con la que se cuenta para la definición de los repuestos, en muchos casos no está actualizada de acuerdo a las normas en vigor. Además, en la mayoría de las ocasiones, la información con la que se cuenta para definir el producto, como son los dibujos constructivos, no contemplan los aspectos relacionados con los controles de calidad necesarios y que deben constituir igualmente las condiciones técnicas del suministro.
- Los distintos componentes que se utilizan en el material ferroviario están sometidos a vibraciones, aceleraciones y sollicitaciones de diverso tipo mucho más exigentes que en otros sectores industriales.

NECESIDAD DEL TRABAJO Y ESTADO DEL ARTE

El Sistema de Calidad de el Mantenedor Ferroviario, basado en la norma ISO 9001:2008, establece que los proveedores de materiales que afecten a la calidad del producto final han de ser cualificados técnicamente.

La validación por parte del Mantenedor Ferroviario de los repuestos adquiridos a los proveedores se realiza de acuerdo a Especificaciones Técnicas de Suministros elaboradas al efecto para cada tipo de repuesto.

Para obtener la cualificación para entregar un determinado producto los Proveedores deberán entregar al Mantenedor Ferroviario la documentación necesaria para acreditar el cumplimiento de la Especificación Técnica de Suministro que aplique al sector considerado.

El Mantenedor Ferroviario en función de los datos aportados, elaborará un informe con la evaluación del Proveedor en la que se podrá cualificar al Proveedor para suministrar el producto siguiendo la Especificación Técnica de Suministro correspondiente.

Actualmente, el Mantenedor Ferroviario no cuenta con ningún documento o especificación técnica específico para los aisladores eléctricos de apoyo. Por lo que existe una necesidad manifiesta de elaborar uno.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo del trabajo es la definición de los requerimientos técnicos que deben cumplir los suministros de aisladores eléctricos (de apoyo o huecos) destinados a ser montados en el material rodante ferroviario de modo que quede asegurada la calidad de los repuestos montados en el material rodante de acuerdo a la normativa de aplicación.

Se elabora un trabajo que recoja todos los requisitos y verificaciones necesarios a realizar para asegurar el cumplimiento de la calidad de los aisladores de apoyo de los repuestos del material rodante y poder garantizar que el suministro de materiales se realiza con la suficiente fiabilidad y calidad, de tal manera que no se comprometan ni los procesos de mantenimiento, ni la seguridad y fiabilidad de los trenes a los que se incorporan dichos repuestos.

3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS

PLANIFICACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL PROCESO DE VERIFICACIÓN

1º -Estudio de las Normas de Aplicación a los aisladores de apoyo montados en el material rodante (Fichas UIC o normas UNE-EN)

2º -Establecimiento de una Clasificación de los diferentes tipos de aisladores de apoyo montados en el material rodante.

3º -Definición de las Características de los aisladores de apoyo montados en el material rodante: geométricas, características mecánicas, eléctricas, de aspecto exterior...

4º -Establecimiento de las condiciones de Fabricación de los aisladores de apoyo montados en el material rodante: materia prima, manufactura, embalaje, marcado...

5º -Definición de la Naturaleza y proporción de los ensayos y pruebas a realizar en los aisladores.

6º -Criterios de aceptación y rechazo de los aisladores de apoyo montados en el material rodante.

7º -Elaboración de un formato de Oferta Técnica que facilite una evaluación rápida de las ofertas de los proveedores.

PLANIFICACIÓN PARA LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE UN AISLADOR OFERTADO POR UN PROVEEDOR

1º- El proveedor rellena y entrega el Formato de Oferta Técnica que se adjunta en este documento

2º- El departamento de Ingeniería del Mantenedor Ferroviario estudia la oferta técnica y, en función de si cumple o no, determina si la oferta es válida o no

3º- Si la oferta ha sido aceptada, el proveedor procede a fabricar tres muestras del aislador a las que somete a los ensayos marcados por este documento correspondientes al tipo de aislador y de su aplicación. Simultáneamente a los ensayos, documenta los mismos y sus resultados en un informe FAI

4º- El proveedor entrega dicho informe FAI al departamento de Ingeniería del Mantenedor Ferroviario. Dicho departamento lo estudia y determina si se aprueba o no.

5º- Si el informe FAI ha sido aprobado, el proveedor procede a la fabricación en serie del aislador realizando los ensayos establecidos en este documento para la fabricación en serie.

4. CAPÍTULOS DE LAS TAREAS DEL TRABAJO DE FIN DE MASTER “Proceso de Verificación del cumplimiento de los requisitos de la norma en los Aisladores Eléctricos de Apoyo montados en el material rodante ferroviario”

A continuación, se desarrollan todos los capítulos necesarios para describir las tareas del TFM

4.1. Estudio de las normas de aplicación a los aisladores de apoyo montados en el material rodante de las tareas del trabajo de fin de master

A continuación, se relacionan las normas técnicas y/o legales de referencia.

Código	Denominación
UNE-EN 60168	Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 000 V
UNE-EN 62155	Aisladores huecos con o sin presión interna, en material cerámico o en vidrio, para la utilización en aparellaje eléctrico de tensiones asignadas superiores a 1000V

4.2. Establecimiento de una Clasificación de los diferentes tipos de aisladores montados en el material rodante.

Los aisladores utilizados en el material rodante ferroviario cubiertos por la presente especificación técnica, se clasifican en las siguientes categorías:

- **AISLADORES MACIZOS DE APOYO** y sus elementos (se regirán por lo establecido en la norma EN 60168), que a su vez se subdividen en los siguientes tipos:
 - Tipo 1**) Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos de núcleo macizo con armaduras metálicas externas y con material aislante sólido a lo largo de toda la altura del aislador de apoyo.
 - Tipo 2**) Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos con cavidad y armadura metálica externa y con una barrera de cerámica integrada en cada elemento del aislador de apoyo.
 - Tipo 3**) Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos con armaduras metálicas internas en donde la distancia más corta para generar una perforación en el material aislante sólido es por lo menos equivalente a la mitad de la distancia de arco entre la armadura metálica externa,
 - Tipo 4**) Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos con armaduras metálicas internas en donde la distancia más corta para generar una perforación en el material aislante sólido es menor de la mitad de la distancia de arco entre la armadura metálica externa.
 - Tipo 5**) Aisladores de apoyo de caperuza y peana, donde cada elemento del aislador de apoyo tiene una armadura metálica con uno o más componentes aislantes y con un espesor de aislante sólido reducido comparado con sus dimensiones externas
 - Tipo 6**) Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos, donde cada elemento del aislador de apoyo tiene armadura metálica con múltiples componentes aislantes y con un espesor de aislante sólido reducido comparado con sus dimensiones externas,

- **AISLADORES HUECOS** (se registrarán por lo establecido en la norma EN 62155), que a su vez se subdividen en los siguientes tipos:
 - Aisladores huecos o cuerpos de aisladores huecos **destinados a un uso general**
 - Aisladores huecos de cerámica utilizados **con presión permanente de gas**

4.2.1. Aisladores macizos de apoyo y sus elementos

Los aisladores macizos de apoyo y los elementos de aisladores de apoyo se agrupan en los siguientes tipos conforme a su construcción.

TIPO 1)

Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos de núcleo macizo con armaduras metálicas externas y con material aislante sólido a lo largo de toda la altura del aislador de apoyo.

Por ejemplo, un aislador a prueba de perforación.



Figura. Aislador de apoyo cilíndrico de núcleo macizo

TIPO 2)

Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos con cavidad y armadura metálica externa y con una barrera de cerámica integrada en cada elemento del aislador de apoyo.

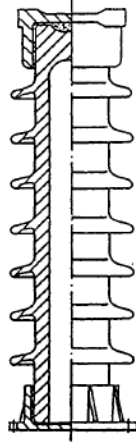


Figura. Aislador de apoyo cilíndrico con cavidad

TIPO 3)

Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos con armaduras metálicas internas en donde la distancia más corta para generar una perforación en el material aislante solido es por lo menos equivalente a la mitad de la distancia de arco entre la armadura metálica externa.

Por ejemplo, un aislador a prueba de perforación (véase figura)

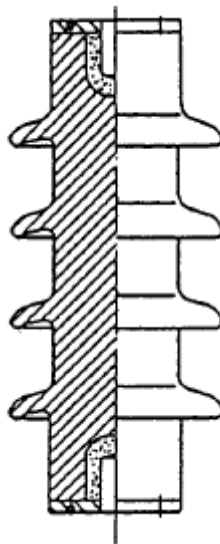


Figura. Aislador de apoyo cilíndrico con armaduras metálicas internas

TIPO 4)

Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos con armaduras metálicas internas en donde la distancia más corta para generar una perforación en el material aislante sólido es menor de la mitad de la distancia de arco entre la armadura metálica externa.

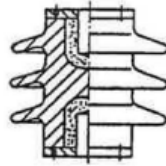


Figura. Aislador de apoyo cilíndrico con armaduras metálicas internas

TIPO 5)

Aisladores de apoyo de caperuza y peana, donde cada elemento del aislador de apoyo tiene una armadura metálica con uno o más componentes aislantes y con un espesor de aislante sólido reducido comparado con sus dimensiones externas.

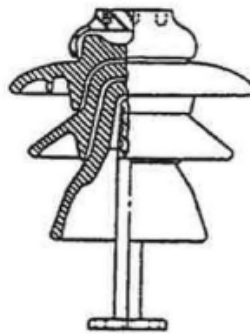


Figura. Aislador de apoyo de caperuza y peana

TIPO 6)

Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos, donde cada elemento del aislador de apoyo tiene armadura metálica con múltiples componentes aislantes y con un espesor de aislante sólido reducido comparado con sus dimensiones externas, también aplicado cuando el conjunto ensamblado es a prueba de perforación.

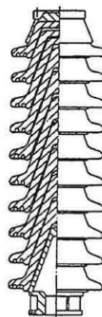


Figura. Aislador de apoyo cilíndrico

4.2.2. Aisladores huecos

Los aisladores huecos se agrupan en los siguientes tipos:

Aisladores huecos o cuerpos de aisladores huecos destinados a un uso general

Aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco en cerámica o en vidrio destinados a un uso general:

-Sin presión

-Con indicador de presión permanente ≤ 50 Kpa

-Con indicador de presión permanente > 50 Kpa en combinación con un volumen interior < 11 (1000cm³)

-Con presión hidráulica permanente

Aisladores huecos de cerámica utilizados con presión permanente de gas

Aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco con sus dispositivos de fijación destinados a una utilización con presión permanente de gas: presión permanente de gas > 50 KPa en el indicador, junto a un volumen interno ≥ 11 (1000 cm³)

4.3. Ensayos

Los ensayos que deben realizarse para verificar la conformidad con los requisitos de esta especificación son descritos a continuación.

MÉTODOS PARA LOS ENSAYOS ELÉCTRICOS

Esta sección cubre los procedimientos de ensayo y los requisitos para llevar a cabo ensayos eléctricos:

4.3.1. Ensayo de tensión soportada de impulso tipo rayo en seco

El aislador de apoyo se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.5. ENSAYO DE TENSIÓN SOPORTADA DE IMPULSO TIPO RAYO EN SECO" de la norma UNE-EN 60168 "Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 000 V"

El aislador de apoyo se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en los apartados 4.1, 4.2, y 4.4. de la norma UNE-EN 60168.

Debe ajustarse el generador de impulsos para generar un impulso de 1,2/50 (véase la Norma CEI 60-1).

Deberán aplicarse impulsos tanto de polaridad positiva como negativa. No obstante, una vez que queda patente cuál de las dos polaridades producirá la tensión de contorno más baja, se aceptará la utilización exclusiva de esa polaridad.

Los dos ensayos más comunes de tensión soportada de impulso tipo rayo son:

- el procedimiento de tensión de contorno al 50%
- el procedimiento de tensión soportada de 15 impulsos;

Nota: Por defecto, el ensayo de tensión soportada de impulso tipo rayo a realizar será el el procedimiento de tensión de contorno al 50%. En caso de no ser posible ejecutar dicho procedimiento, podrá realizarse el procedimiento de tensión soportada de 15 impulsos.

Ensayo de tensión soportada mediante el procedimiento de tensión de contorno al 50%.

La tensión soportada de impulso tipo rayo se calculará mediante la tensión de contorneo de impulso tipo rayo al 50% y el método de subida y bajada descrito en la Norma CEI 60-1. La tensión de contorneo de impulso tipo rayo al 50% debe ser corregida de acuerdo con el apartado 4. 2. 2.de la norma UNE-EN 60168

Criterio de aceptación: Se considerará que el aislador de apoyo ha superado el ensayo si la tensión de contorneo de impulso tipo rayo al 50% no es menor que $(1/(1-1,3\sigma)) = 1,040$ veces de la tensión soportada especificada de impulso tipo rayo, donde σ es la desviación normal (se supone igual al 3%).

Ensayo de tensión soportada mediante el procedimiento de tensión soportada de 15 impulsos

El ensayo de tensión soportada se llevará a cabo a la tensión especificada y con la corrección para las condiciones atmosféricas existentes en el momento del ensayo (véase apartado 4.2.2 de la norma UNE-EN 60168).

Un total de 15 impulsos serán aplicados al aislador de apoyo.

Criterio de aceptación: Se considerará que el aislador de apoyo ha superado el ensayo si la incidencia de los contorneos se limita a un máximo de dos contorneos.

El aislador de apoyo no debe presentar daños causados por los ensayos, aunque es permisible la existencia de leves marcas en la superficie de las piezas aislantes, o el desprendimiento de pequeñas secciones de cemento o de cualquier otro material empleado como unión durante el ensamblaje.

4.3.2. Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial en seco

El aislador de apoyo se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.7. ENSAYO DE TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL EN SECO" de la norma UNE-EN 60168

El circuito de ensayo deberá ajustarse a lo indicado en la Norma CEI 60-1.

El aislador de apoyo debe ensayarse en las condiciones prescritas en los apartados 4.1, 4.2 y 4.4.de la norma UNE-EN 60168

La tensión de ensayo aplicada al aislador de apoyo será la tensión soportada a frecuencia industrial en seco especificada y con la corrección para las condiciones atmosféricas existentes en el momento del ensayo (véase apartado 4.2.2 de la norma UNE-EN 60168). La tensión de ensayo se mantendrá aplicada a dicho valor durante 1 min.

Criterio de aceptación. Se considerará que el aislador de apoyo ha superado el ensayo si no se observa ningún contorneo o perforación durante el ensayo.

Tensión de contorneo a frecuencia industrial en seco. Para ampliar la información disponible y por acuerdo previo entre fabricante y comprador, podrá determinarse la tensión de contorneo a frecuencia industrial en seco al incrementarse la tensión de forma gradual a partir de aproximadamente el 75% de la tensión soportada a frecuencia industrial en seco con una tasa de incremento de cerca del 2% de dicha tensión por segundo. La tensión de contorneo en seco se obtiene de calcular la media aritmética de cinco lecturas consecutivas. El valor obtenido, corregido conforme a las condiciones atmosféricas normalizadas (véase apartado 4.2.2 de la norma UNE-EN 60168), debe registrarse.

4.3.3. Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia

El aislador de apoyo se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.8. ENSAYO DE TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA" de la norma UNE-EN 60168

El circuito de ensayo deberá ajustarse a lo indicado en la Norma CEI 60-1.

El aislador de apoyo debe ensayarse en las condiciones prescritas en los apartados 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4. de la norma UNE-EN 60168.

La tensión de ensayo aplicada al aislador de apoyo será la tensión soportada especificada a frecuencia industrial bajo lluvia y con la corrección de los factores atmosféricos existentes en el momento del ensayo (véase apartado 4.2.2 de la norma UNE-EN 60168). La tensión de ensayo se mantendrá aplicada a dicho valor durante 1 min.

Criterio de aceptación. Se considerará que el aislador de apoyo ha superado el ensayo si no se observa ningún contorneo o perforación durante el ensayo.

Si se produjera un contorneo del aislador bajo ensayo, puede realizarse un segundo ensayo sobre el mismo aislador de apoyo, después de verificar las condiciones de lluvia existentes.

Tensión de contorneo a frecuencia industrial bajo lluvia. Para ampliar la información disponible y por acuerdo previo entre el proveedor y el Mantenedor Ferroviario, podrá determinarse la tensión de contorneo a frecuencia industrial bajo lluvia al incrementarse la tensión de forma gradual a partir de aproximadamente el 75% de la tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia con una tasa de incremento de cerca del 2% de dicha tensión por segundo. La tensión de contorneo bajo lluvia se obtiene de calcular la media aritmética de cinco lecturas consecutivas. El valor obtenido, corregido conforme a las condiciones atmosféricas normalizadas (véase apartado 4.2.2 de la norma UNE-EN 60168), debe registrarse.

4.3.4. Ensayo de perforación

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “4.9. ENSAYO DE PERFORACIÓN” de la norma UNE-EN 60168

Este ensayo solo es aplicable a los aisladores macizos de apoyo que pertenecen a los tipos 4) y 5)

El ensayo de perforación es un ensayo de tensión a frecuencia industrial.

Una vez que el aislador esté limpio y seco, deberá sumergirse en un depósito relleno de un medio aislante adecuado que evite las descargas superficiales. Si dicho depósito es de metal, debe mantener unas dimensiones con espacio suficiente para evitar contorneos. La temperatura del medio aislante deberá aproximarse a la temperatura del recinto.

La tensión de ensayo se aplicará sobre aquellos puntos que normalmente tienen tensiones de servicio entre sí. Durante la inmersión en el medio aislante, hay que evitar la formación de bolsas de aire bajo las aletas del aislador.

La tensión de ensayo debe aumentarse tan rápidamente como lo permita la lectura del instrumento de medida hasta alcanzar la tensión mínima de perforación.

Se considerará que el aislador de apoyo ha superado el ensayo si antes de alcanzar la tensión mínima de perforación no se observa ninguna perforación.

Con el fin de ampliar la información disponible y bajo demanda, la tensión puede aumentarse hasta provocar una perforación. El valor obtenido debe registrarse.

4.3.5. Ensayo eléctrico individual en aisladores macizos de apoyo

- **Aisladores de apoyo cilíndricos con armaduras metálicas internas, del Tipo 4) y aisladores de apoyo de caperuza y peana, del Tipo 5)**

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “4.10.1 ENSAYO ELÉCTRICO INDIVIDUAL en aisladores de apoyo cilíndricos con armaduras metálicas internas, del tipo 4) y aisladores de apoyo de caperuza y peana, del tipo 5)” de la norma UNE-EN 60168

Los aisladores de apoyo, o los elementos de aisladores de apoyo de material cerámico o de vidrio recocido, deberán someterse a una tensión alterna aplicada de forma continua en los puntos que normalmente están sujetos a esfuerzo eléctrico en condiciones de servicio.

La tensión alterna puede ser a frecuencia industrial o a alta frecuencia.

Cuando la tensión de ensayo es a frecuencia industrial, se aplicará por periodos de tiempo de 3 a 5 minutos consecutivos, debiendo ser lo suficientemente alta como para provocar contorneos ocasionales o esporádicos (a intervalos de pocos segundos)

Cuando la tensión de ensayo es a alta frecuencia, debe ser una tensión alterna adecuadamente amortiguada, a una frecuencia del orden de 100 Khz a 500 Khz. La tensión de ensayo se aplicará durante al menos 3s consecutivos, debiendo ser lo suficientemente elevada como para provocar contorneos continuos. Durante el transcurso del ensayo a alta frecuencia o posteriormente, se aplicará una tensión a frecuencia industrial por un intervalo de 2 min, o bien se utilizará cualquier otro método adecuado para detectar la perforación del aislador.

Los aisladores de apoyo que sufran una perforación durante el ensayo serán rechazados.

Salvo indicación en contra, este ensayo se realizará después del ensayo mecánico individual, con el fin de permitir la eliminación de aquellos aisladores que presentan daños parciales causados por el ensayo mecánico.

Nota- existen ciertos tipos de aisladores de apoyo de caperuza y peana (tipo 5) cuyo diseño dificulta la aplicación del ensayo arriba mencionado. Al amparo de un acuerdo entre fabricante y comprador, en el momento del pedido es posible sustituir el ensayo sobre un aislador ensamblado por otro ensayo de los componentes aislados sin ensamblar.

- **Aisladores de apoyo cilíndricos con cavidad, del Tipo 2)**

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “4.10.2. ENSAYO ELÉCTRICO INDIVIDUAL en aisladores de apoyo cilíndricos con cavidad, del tipo 2)” de la norma UNE-EN 60168

Las piezas cerámicas de dichos aisladores serán sometidas a ensayos eléctricos individuales antes de su embalaje. El ensayo a realizar será la aplicación de forma continua de tensión a frecuencia industrial, aplicada a lo largo de la barrera integral de cerámica y utilizando un electrodo colocado en la cavidad en contacto con dicha barrera. La tensión de ensayo se aplicará durante al menos 3 minutos consecutivos y deberá ser lo suficientemente elevada como para producir contorneos ocasionales o esporádicos (con intervalos de unos pocos segundos)

Las piezas cerámicas que sufran una perforación durante este ensayo deberán ser rechazadas.

4.3.6. Ensayo eléctrico individual en aisladores huecos

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "10.4. EXAMEN ELÉCTRICO INDIVIDUAL" de la norma UNE-EN 62155.

Este ensayo está destinado a verificar el buen estado de la pared del cuerpo de aislador hueco.

Los cuerpos de aislador hueco realizados de secciones unidas con epoxi pueden ensayarse solamente en las juntas, siempre que las piezas individuales hayan sido previamente ensayadas.

NOTA Cuando un cuerpo de aislador hueco no contiene ninguna unión efectuada antes o después de una cocción, por ejemplo, cuando es fabricado únicamente por extrusión, el ensayo eléctrico individual puede ser eliminado por acuerdo entre fabricante y comprador.

Procedimiento de ensayo

El buen estado de la pared de un cuerpo de aislador hueco se comprueba por aplicación de una tensión entre dos electrodos internos y externos.

Se debe aplicar, entre el electrodo interno y externo, una tensión alterna de frecuencia comprendida entre 15 Hz y 100 Hz. La tensión aplicada debe ser igual al menos a 1,5 kV de valor eficaz por milímetro de espesor de la pared del cuerpo de aislador hueco en su lugar más fino, con un mínimo de 35 kV de valor eficaz. Esta tensión debe ser mantenida durante 5 min.

Para pequeños cuerpos de aislador hueco, la tensión mínima de 35 kV no siempre se puede aplicar porque puede antes producirse el contorneo. En este caso, se debe aplicar la mínima tensión más alta posible.

NOTA 1 Ejemplos típicos de electrodos internos:

- agua rellenando el cuerpo de aislador hueco, en el que se ha cerrado un extremo;
- un conductor aplicado en el perfil interior.

NOTA 2 Ejemplos típicos de electrodos externos:

- cadenas;
- cables;
- situados sobre la pared externa como se considere necesario y en particular a las juntas efectuadas durante la fabricación.

Criterio de aceptación

Se aceptan todos los cuerpos de aislador hueco que no perforen durante este ensayo.

MÉTODOS PARA LOS ENSAYOS MECÁNICOS Y OTROS

Esta sección cubre los procedimientos de ensayo y los requisitos para llevar a cabo ensayos mecánicos o de otros tipos:

4.3.7. Verificación de las dimensiones en aisladores macizos de apoyo

El aislador se someterá a verificación de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.1. Verificación de las dimensiones" de la norma UNE-EN 60168.

Las dimensiones de los aisladores de apoyo serán comprobadas con los planos correspondientes para asegurar su conformidad. Es preciso prestar especial atención a aquellas cotas que puedan afectar a la posibilidad del intercambio de piezas, donde son de aplicación unas tolerancias especiales (por ejemplo, la altura, conforme a lo especificado en la Norma CEI 273, así como las dimensiones de los taladros roscados o sin rosca).

Requisitos generales.

Salvo acuerdo previo entre fabricante y comprador, aquellas dimensiones donde no se especifique una tolerancia especial, están sujetas a mantener las siguientes tolerancias:

$$\pm (0,04 d + 1,5) \text{ mm cuando } d \leq 300$$

$$\pm (0,025 d + 6) \text{ mm cuando } d > 300$$

donde d es la dimensión comprobada en milímetros.

Tolerancias para la línea de fuga.

La medida de la línea de fuga estará vinculada a las dimensiones de diseño especificadas en el plano del aislador de apoyo, aunque dicha dimensión puede ser mayor que la inicialmente especificada por el comprador.

Las tolerancias para la línea de fuga son las siguientes:

-cuando la línea de fuga está especificada como un valor nominal e incluye un valor mínimo nominal según la Norma CEI 273:

$$\pm (0,04 d + 1,5) \text{ mm}$$

-cuando la línea de fuga está especificada como un valor mínimo, no se admitirá un valor negativo, y para un valor positivo la tolerancia será de:

$$2 \times (0,04 d + 1,5) \text{ mm}$$

Tolerancias especiales.

En todos los aisladores de apoyo, salvo que exista un acuerdo que indique lo contrario, las tolerancias de altura, tamaño de taladros (con o sin rosca), paralelismo de las caras de los extremos, excentricidad y desviación angular de los taladros de montaje deberán estar de acuerdo con los requisitos de la Norma CEI 273.

La flecha de un elemento aislador de apoyo no debe ser mayor que:

$$(1,5 + 0,008 h) \text{ mm}$$

donde h es la altura del aislador de apoyo en milímetros.

Ángulo de las aletas.

El ángulo medio de inclinación de la superficie superior de las aletas del aislador de apoyo deberá medirse cuando el plano del dibujo indica la existencia de una línea recta que conecta los radios en los extremos interiores y exteriores de la aleta. El ángulo medio de inclinación de la aleta está sujeto a una tolerancia de $\pm 3^\circ$.

Las medidas deberán realizarse en cuatro direcciones perpendiculares de tres aletas, aproximadamente situadas en la parte superior, media e inferior del aislador de apoyo.

El valor de la media de las 12 medias será calculado y comparado con el valor especificado en el plano

Criterios de aceptación.

El aislador de apoyo superará el ensayo si todas las dimensiones medidas reúnen los requisitos especificados y sus tolerancias.

Si, durante los ensayos de tipo, la media de la línea de fuga da un valor que excede el valor especificado por las tolerancias positivas, el lote puede ser aceptado mediante un acuerdo entre comprador y fabricante.

4.3.8. Verificación de las dimensiones y de la rugosidad de las superficies de tierra en Aisladores Huecos

El aislador se someterá a verificación de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "7.1. Verificación de las dimensiones y de la rugosidad" de la norma UNE-EN 62155.

Las dimensiones de todos los aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco deben ser conformes a los valores indicados en los planos con el límite de las tolerancias permitidas. Si no están especificadas o si no existe otro acuerdo entre el comprador y el fabricante, se deben aplicar las tolerancias siguientes.

TOLERANCIAS GENERALES DIMENSIONALES

Salvo especificación en diferente sentido, la tolerancia a aplicar sobre cada dimensión debe ser

$\pm(0,04 \times L_d + 1,5)$ mm cuando $L_d \leq 300$ mm;

$\pm(0,025 \times L_d + 6)$ mm cuando $L_d > 300$ mm,

siendo L_d la dimensión controlada en milímetros (mm)

NOTA En el diseño de numerosos equipos, el diámetro interior d_1 es importante. En tal caso se sugiere una tolerancia sobre el diámetro interior $\pm(0,025 \times d_1 + 1,5)$ mm.

TOLERANCIA SOBRE LA LÍNEA DE FUGA

La medida de la línea de fuga debe corresponderse con las dimensiones especificadas en el plano del aislador, aunque esta dimensión puede ser superior a la especificada por el comprador.

La línea de fuga debe respetar las siguientes tolerancias:

-cuando la línea de fuga se especifica como un valor nominal, será aplicada la siguiente tolerancia negativa: $(0,04 \times L_c + 1,5)$ mm donde L_c es el valor nominal de la línea de fuga;

-cuando la línea de fuga se especifica como un valor mínimo, se debe considerar como el mínimo valor obtenido en las medidas sobre los aisladores.

NOTA: El valor de la línea de fuga puede afectar al comportamiento de los aisladores. Así, el valor de la línea de fuga medida sobre el aislador, sometido a los ensayos de tipo, no debería exceder de un valor máximo de $1,04 \times L_c$

TOLERANCIA DE ESPESOR DE PARED

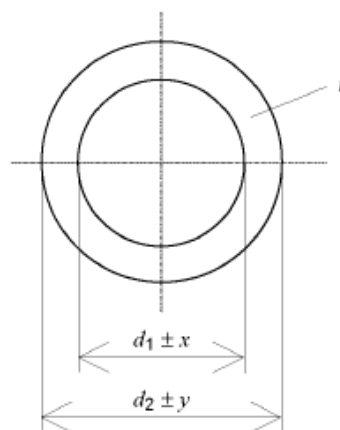


Figura — Tolerancia de espesor de pared

Espesor nominal de pared t mm	Tolerancia de espesor de pared mm
$t < 10$	+ a / - 1,5
$10 \leq t < 15$	+ a / - 2,0
$15 \leq t < 20$	+ a / - 3,0
$20 \leq t < 25$	+ a / - 3,5
$25 \leq t < 30$	+ a / - 4,0
$30 \leq t < 40$	+ a / - 4,5
$40 \leq t < 55$	+ a / - 5,0
$55 \leq t < 70$	+ a / - 6,0

NOTA 1. Estas tolerancias no son aplicables a las paredes de tierra.

NOTA 2 La tolerancia a está determinada aplicando la siguiente ecuación: $a = \frac{x + y}{2}$

x e y son las tolerancias de los diámetros d_1 y d_2

NOTA 3 Espesor nominal de la pared $t = \frac{d_2 - d_1}{2}$

DESVIACIÓN CIRCULAR EN LOS DIÁMETROS INTERIOR O EXTERIOR

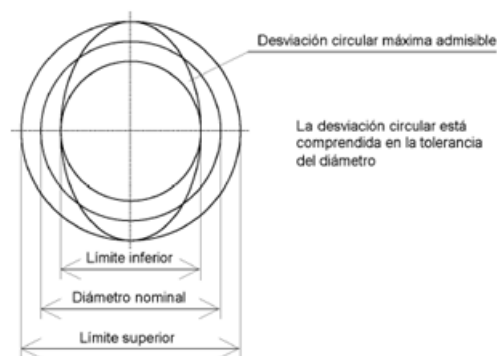


Figura – Desviación circular en los diámetros interior o exterior

FLECHA

La flecha δ de un cuerpo de aislador hueco no debe ser superior a:

- $(0,006 \times h + 1)$ mm cuando $\frac{h}{d_1} \leq 8$

$$- 0,008 \times h \text{ mm} \quad \text{cuando} \quad \frac{h}{d_1} > 8$$

donde

h es la altura del aislador hueco en milímetros (mm);

d₁ es el diámetro interior mayor de un aislador hueco en milímetros (mm)

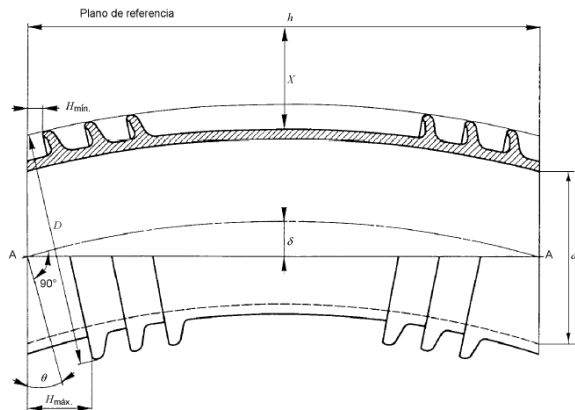


Figura – Efecto de la flecha del cuerpo del aislador hueco

POSICIÓN DE LA ALETA FINAL

Debido a la flecha del cuerpo del aislador hueco, se puede constatar una inclinación de las aletas finales del aislador de porcelana.

La flecha máxima de $0,6\% \frac{h}{d_1} \leq 8$ o $0,8\% \frac{h}{d_1} > 8$ de la longitud del aislador dará un ángulo θ según la figura 4 que

podrá alcanzar el valor de $0,024$ radianes $\frac{h}{d_1} \leq 8$ o $0,032$ radianes $\frac{h}{d_1} > 8$. Por consiguiente, las aletas finales pueden

estarinclinadas a este valor. La distancia H entre la aleta final y el plano de tierra del aislador puede variar alrededor del perímetro del aislador. El valor mínimo autorizado para la dimension H se puede mostrar en el plano.

Para verificar la dimensión H, H_{máx} y H_{mín} deben ser medidos. La posición de las aletas finales es conforme al plano si el valor medio de

$$H = 0,5 \times (H_{\text{máx}} + H_{\text{mín}})$$

y dentro de las tolerancias generales dadas en el apartado 7.1.1. o cualquier tolerancia especial de la dimension H indicada en el plano.

La inclinación máxima de las aletas finales debe ser tal que:

$$(H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}) < (0,024 \times D + 3) \text{ mm} \quad \text{cuando} \quad \frac{h}{d_1} \leq 8$$

$$(H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}) < (0,032 \times D + 3) \text{ mm} \quad \text{cuando} \quad \frac{h}{d_1} > 8$$

donde

D es el diámetro nominal de la aleta expresada en milímetros (mm)

H, $H_{\text{máx}}$ y $H_{\text{mín}}$ están definidos según la figura 4 y son las distancias nominal, máxima y mínima entre la aleta final y la superficie de tierra en milímetros (mm)

TOLERANCIA EN LA ALTURA DEL ENARENADO Y DEL TALÓN FINAL DE PORCELANA

La altura T del enarenado y el talón final de porcelana pueden variar a lo largo de la circunferencia. La variación máxima en la altura de ambos debe ser como se indica a continuación:

$$T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}} < (0,024 \times d_3 + 3) \text{ mm cuando } \frac{h}{d1} \leq 8$$

$$T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}} < (0,032 \times d_3 + 3) \text{ mm cuando } \frac{h}{d1} > 8$$

donde

d_3 es el diámetro nominal en milímetros (mm) del talón final de porcelana o el diámetro nominal sobre el enarenado;

T, $T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$ son las alturas nominal, máxima y mínima en milímetros del talón final de porcelana o del enarenado sobre la circunferencia.

En ciertos diseños de porcelana, se requieren tolerancias más ajustadas para el talón final de porcelana; éstas se deben especificar en el plano.

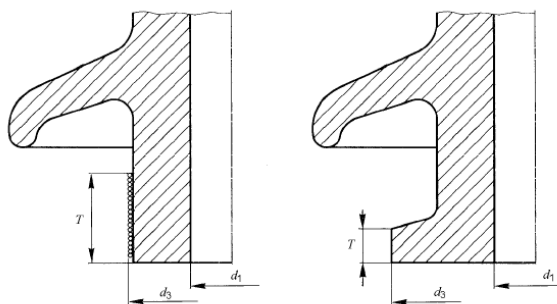


Figura — Tolerancia de la altura del enarenado y del talón final de porcelana

ÁNGULO DE LA ALETA

El ángulo medio de inclinación de la superficie superior de las aletas de un aislador hueco o cuerpo de aislador hueco debe ser medido cuando el plano muestre una línea recta que une el radio en los extremos interior y exterior de la aleta. El ángulo medio de inclinación debe respetar la tolerancia de $\pm 3^\circ$.

Las mediciones deben ser hechas en cuatro direcciones perpendiculares sobre tres aletas situadas aproximadamente en la parte superior, media y baja del aislador hueco o cuerpo de aislador hueco.

El valor medio de 12 medidas debe ser calculado y comparado con el valor especificado en el plano.

NOTA No es posible realizar esta medida cuando el plano del aislador indica que la parte superior de la aleta no es plana.

TOLERANCIAS SOBRE EL PARALELISMO DE LAS CARAS DE LOS EXTREMOS, COAXIALIDAD, EXCENTRICIDAD Y DESVIACIÓN ANGULAR DE LOS AGUJEROS DE FIJACIÓN

Todos los aisladores huecos y cuerpos de aislador hueco deben cumplir las tolerancias de paralelismo de las caras de los extremos, coaxialidad, excentricidad y desviación angular de los agujeros de fijación especificadas en el plano, si existieran:

- Paralelismo de las caras de los extremos: se dan ejemplos de valores de tolerancias en el capítulo A.1. de la Norma UNE-EN 62155
- Coaxialidad y excentricidad: se dan ejemplos de tolerancias en el capítulo A.2. de la Norma UNE-EN 62155
- Desviación angular de los agujeros de fijación: se dan ejemplos de tolerancias en el capítulo A.3. de la Norma UNE-EN 62155

Los ejemplos de métodos de medida se dan en el anexo A. de la Norma UNE-EN 62155

CONTROL DE LA RUGOSIDAD DE LAS SUPERFICIES DE TIERRA

La rugosidad debe ser especificada en el plano pertinente bajo la forma de un valor R_a o R_t (véase la nota) (referirse a la Norma ISO 4287).

Las superficies de tierra en las extremidades de un cuerpo de aislador hueco se deben controlar por medio de un medidor de rugosidad calibrado, en las zonas indicadas sobre el plano.

El aislador supera el ensayo si ninguno de los valores medidos de R_a o R_t supera los valores especificados para la rugosidad o el perfil.

NOTA Debido a las propiedades particulares de los materiales cerámicos, la correlación entre R_a y R_t utilizada para los metales no es aplicable. La proporción entre R_a y R_t para las cerámicas se sitúa aproximadamente entre 1 y 10.

CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Los aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco son aceptados si las medidas de la rugosidad o dimensionales cumplen los requisitos especificados, incluyendo las tolerancias permitidas.

4.3.9. Ensayos mecánicos de rotura sobre aisladores macizos de apoyo

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.2. ENSAYO DE CARGA DE ROTURA MECÁNICA" de la norma UNE-EN 60168.

REQUISITOS GENERALES.

Los ensayos de carga de rotura mecánica tienen como finalidad la evaluación de la resistencia mecánica de un aislador de apoyo sometido a cargas mecánicas de flexión, torsión, tracción y compresión.

El ensayo de resistencia mecánica de un aislador de apoyo deberá incluir uno o más de los cuatro ensayos siguientes:

- ensayo de flexión
- ensayo de tracción

- ensayo de torsión
- ensayo de compresión

Salvo acuerdo particular entre comprador y fabricante, el ensayo de carga de rotura mecánica aplicable será el ensayo de flexión.

Un aislador de apoyo que ha sido sometido a la carga de rotura mecánica especificada, posteriormente, no deberá ser puesto en servicio.

DISPOSITIVOS DE MONTAJE.

El aislador de apoyo deberá montarse sobre una base o bastidor rígido que sea capaz de soportar los esfuerzos mecánicos del ensayo sin que sufra una deformación apreciable. Los tornillos o espárragos usados en el montaje para los ensayos de tipo y por muestreo deberán tener la misma resistencia mecánica. Si estos elementos son desmontables, la resistencia mecánica puede aumentarse en el ensayo de carga de rotura mecánica.

DISPOSICIÓN DE APLICACIÓN DE LAS CARGAS.

La carga será aplicada de forma gradual, iniciando el proceso con una carga que no supere a la mitad de la carga de rotura especificada, incrementándose hasta llegar a la carga de rotura mecánica especificada.

Para obtener más datos y cuando existe una petición específica, la carga será aumentada hasta causar la rotura. El valor de carga alcanzado deberá quedar registrado.

ENSAYO DE FLEXIÓN

-Procedimiento de ensayo.

El aislador de apoyo o elemento de aislador de apoyo, será sometido a una carga de flexión para verificar la carga de rotura mecánica P_0 , P_x o P_{50} conforme a la Norma CEI 273 o según se requiera, del momento de flexión M en la armadura metálica superior.

Cuando la posición de cada elemento del aislador está identificada y definida por separado, es posible llevar a cabo el ensayo sobre el aislador de apoyo completo o sobre los elementos individuales.

En cambio, si un mismo tipo de elemento puede montarse en distintas posiciones del aislador ensamblado, será necesario realizar el ensayo sobre cada elemento individual.

La carga se aplicará de tal forma que la dirección del empuje pase por el eje del aislador de apoyo, siendo perpendicular a este.

-Ensayos de aisladores de apoyo completos.

Para este tipo de ensayo, son aplicables las siguientes condiciones:

-la carga P_0 será verificada mediante la aplicación de una carga sobre la extremidad libre del aislador de apoyo;

-las cargas P_x y P_{50} serán verificadas mediante la utilización de una pieza alargadora suplementaria para aplicar una carga a una distancia de x mm o de 50 mm respectivamente, por encima de la cara superior del aislador.

-Ensayos de elementos individuales.

Para realizar los ensayos con elementos individuales, cada elemento deberá someterse a ensayo con una pieza alargadora, de ser necesaria, que permita que la carga se aplique sobre la cara superior, según las condiciones que se detallan a continuación:

-cuando se especifique una carga P_0 , la longitud del alargador será igual a la del elemento que sustituye;

-cuando se especifique una carga P_x , la longitud del alargador será la adecuada como para simular la aplicación de una carga a una distancia de x mm por encima de la cara superior del aislador de apoyo completo.

Cuando dos o más elementos del aislador de apoyo son del mismo tipo, la longitud de los alargadores se determinará basándose en la posición del elemento más bajo.

-Ensayos de la armadura metálica superior.

Para el ensayo de verificación del momento de flexión M de la armadura metálica superior, se usará una pieza alargadora que permita aplicar la carga sobre la cara superior del aislador con el fin de alcanzar el momento de flexión conforme a la Norma CEI 273 o bien a lo estipulado en el acuerdo entre comprador y fabricante.

Los valores normalizados para el momento de flexión M , según la nota de la columna 9 de la tabla 4 de la Norma CEI 273 son:

$$M = 0,5 P_0 h \text{ para aisladores de apoyo C4-60 a C20-650}$$

Dicho momento puede obtenerse al aplicar una carga $P_x = 0,5 P_0$, desde una altura x mm por encima de la cara superior del aislador, siempre que el diseño del aislador siga una progresión lineal del esfuerzo desde la armadura metálica de la parte superior hasta $P_0 h$ en la base.

$$M = 0,2 P_0 h \text{ para aisladores de apoyo C2-750 a C10-2550.}$$

Dicho momento puede alcanzarse mediante la combinación adecuada de la carga P_x a la altura x , siempre que se observe el requisito de la progresión lineal del esfuerzo.

El requisito, en caso de existir, de la progresión de la resistencia mecánica del aislador de apoyo desde el valor especificado de M en la armadura metálica superior hasta $P_0 h$ en la base debe ser acordado entre el comprador y el fabricante en el momento del pedido.

ENSAYO DE TORSIÓN

El aislador de apoyo será sometido a una carga de torsión, evitando todo esfuerzo de flexión. La resistencia a la torsión de un aislador de apoyo puede determinarse mediante un ensayo con un solo elemento (del tipo menos resistente si el aislador está compuesto por más de un elemento)

ENSAYO DE TRACCIÓN.

El aislador de apoyo será sometido a una carga de tracción a lo largo de su eje. La resistencia a la tracción de un aislador de apoyo puede determinarse mediante un ensayo con un solo elemento (del tipo menos resistente si el aislador está compuesto por más de un elemento)

ENSAYO DE COMPRESIÓN.

El aislador de apoyo será sometido a una carga de tracción a lo largo de su eje. La resistencia a la tracción de un aislador de apoyo puede determinarse mediante un ensayo con un solo elemento (del tipo menos resistente si el aislador está compuesto por más de un elemento)

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN.

Se considera que el aislador de apoyo ha superado los ensayos una vez que este ha alcanzado la carga de rotura mecánica especificada.

4.3.10. Ensayos mecánicos de rotura sobre aisladores huecos

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “7.2. ENSAYOS MECÁNICOS DE ROTURA” de la norma UNE-EN 62155.

Los ensayos mecánicos de rotura están destinados a verificar la resistencia de un aislador hueco o cuerpo de aislador hueco cuando es sometido a cargas mecánicas, por ejemplo, la presión, la flexión, la torsión, tracción o compresión. Los ensayos de rotura mecánica se deben realizar después del ensayo de ciclos de temperaturas.

El ensayo para determinar la resistencia mecánica de un aislador hueco o de un cuerpo de aislador hueco debe consistir en realizar uno o más de los siguientes cinco ensayos como se especifique por el fabricante del aparellaje:

- ensayo de presión;
- ensayo de flexión;
- ensayo de tracción;
- ensayo de torsión;
- ensayo de compresión.

Un aislador hueco o un cuerpo de aislador hueco, que haya sido ensayado a su carga de rotura mecánica especificada, no debe consecuentemente utilizarse en servicio.

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LOS ENSAYOS DE PRESIÓN

Aislador hueco

Las tapas con la válvula y el manómetro adecuados conectados a ellas se deben fijar sobre los herrajes metálicos interponiendo juntas de estanquidad entre las tapas y los cuerpos de aislador huecos.

La geometría del sellado debe ser lo más cercana posible a la que tendrá en la aplicación a la que se destina.

Cuerpo de aislador hueco

En el caso de un cuerpo de aislador hueco, las tapas pueden ser fijadas por medio de un tirante central o sujetadas, a la distancia pertinente, por medio de una estructura externa.

Los ensayos efectuados sobre los cuerpos de aislador hueco sólo son válidos cuando estos cuerpos de aislador hueco se destinan a utilizarse en un conjunto mantenido por compresión longitudinal.

Procedimiento del ensayo de presión

El aislador hueco o el cuerpo de aislador hueco debe ser enteramente llenado con agua y conectado a una bomba hidráulica. La presión hidráulica se aumenta de manera regular a un ritmo tal que la presión de ensayo especificada se alcanza sin producir choque.

NOTA La tasa de aumento de la presión por minuto debería situarse entre el 30% y el 60% de la presión de ensayo.

Criterio de aceptación para el ensayo de presión

Después de retornar a la presión de cero, el aislador hueco se debe examinar, y se comprueba la ausencia de fisuras en la porcelana y en los herrajes, de defectos en el cemento, o de fugas. En la ausencia de estos defectos, el ensayo se considera satisfactorio, aunque los herrajes presenten una deformación permanente pero no se encuentren rotos.

En caso de duda, se debe efectuar un ensayo adicional de presión a la presión de diseño.

REQUISITOS GENERALES PARA LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN

El ensayo debe ser realizado sobre un aislador hueco o cuerpo de aislador hueco.

Los ensayos de flexión pueden ser efectuados sin presión interna. El aislador hueco se debe fijar sobre la peana de la máquina de ensayos mediante su método normal de fijación. Se debe aplicar la carga de flexión al extremo libre del aislador hueco, perpendicularmente a su eje y siguiendo una dirección que pase por este eje.

Como alternativa, por acuerdo entre comprador y fabricante, el ensayo mecánico de flexión debe efectuarse sobre el cuerpo de aislador hueco. Los métodos adaptados para estos ensayos están descritos en el anexo B de la norma UNE-EN 62155.

Procedimiento de ensayo a la flexión

-Ensayos realizados sobre un aislador hueco, comprenden más de un elemento:

cuando un aislador hueco comprende más de un elemento, y cuando los momentos de flexión en la cabeza y en la base son especificados sobre el aislador hueco completo, el ensayo puede realizarse sobre el aislador completo. Se debe fijar una pieza de extensión al aislador hueco y la carga se debe aplicar a una altura apropiada para producir el momento flector del ensayo.

En el caso de que cada elemento individual tenga momentos flectores especificados para ambos extremos, el ensayo debe realizarse como se indica a continuación:

-Ensayos realizados sobre un aislador hueco, constituido por un solo elemento:

cuando se especifican los momentos de flexión en la cabeza y en la base sobre el aislador hueco, una pieza de extensión debe ser fijada al aislador hueco y la carga debe ser aplicada a una altura apropiada para producir el momento flector del ensayo.

-Ensayos realizados sobre un aislador hueco simétrico, constituido por un solo elemento:

si el aislador hueco es simétrico, puede ensayarse el elemento mediante una aplicación directa sobre el extremo libre del aislador con una carga equivalente con el fin de producir el momento de flexión prescrito. Este ensayo se debe efectuar una vez en cada extremo.

Criterio de aceptación para el ensayo de flexión

Después de retornar el momento flector a cero, se debe verificar la ausencia de fisuras en la porcelana, los defectos en el cemento y las fisuras en los herrajes. En ausencia de estos defectos, el ensayo se considera satisfactorio siempre que los herrajes no hayan fallado, aunque éstos puedan haber sido sometidos a esfuerzos por encima de la deformación permanente.

ENSAYO DE TORSIÓN

El aislador hueco debe ser sometido a un momento de torsión, evitando cualquier momento de flexión. El momento de torsión del aislador hueco se puede determinar por un ensayo en un solo elemento del aislador (el de menor resistencia, si el aislador hueco está compuesto de más de un tipo de elemento).

ENSAYO DE TRACCIÓN

La carga de tracción se debe aplicar al aislador hueco a lo largo de su eje. La resistencia a la tracción del aislador hueco puede ser determinada por un ensayo en un solo elemento del aislador (el de menor resistencia, si el aislador hueco está compuesto de más de un elemento).

ENSAYO DE COMPRESIÓN

La carga de compresión debe ser aplicada al aislador hueco a lo largo de su eje. La resistencia a la compresión del aislador hueco puede ser determinada por un ensayo en un solo elemento del aislador (el de menor resistencia, si el aislador hueco está compuesto de más de un tipo de elemento). Puede ser necesario realizar el ensayo sobre el aislador hueco completo si éste es de gran longitud y hay riesgo de rotura por pandeo.

CRITERIO DE ACEPTACIÓN PARA LOS ENSAYOS DE TORSIÓN, TRACCIÓN Y COMPRESIÓN

Después liberar las cargas hasta cero, se debe verificar la ausencia de fisuras en la porcelana, los defectos en el cemento y las fisuras en los herrajes. En ausencia de estos defectos, el ensayo puede considerarse satisfactorio siempre que los herrajes no hayan fallado, aunque éstos puedan haber sido sometidos a esfuerzos por encima de la deformación permanente.

4.3.11. Ensayo de resistencia a las variaciones bruscas de temperatura en aisladores macizos de apoyo

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.4. ENSAYO DE RESISTENCIA A LAS VARIACIONES BRUSCAS DE TEMPERATURA" de la norma UNE-EN 60168.

REQUISITOS GENERALES

- a) El ensayo deberá realizarse antes del ensayo de carga de rotura mecánica
- b) La cantidad de agua contenida en el depósito deberá ser suficiente para permitir la inmersión de los aisladores, evitando cualquier variación de la temperatura del agua superior a $\pm 5K$.
- c) Está permitido usar recipientes intermedios para a inmersión de los aisladores en agua fría o caliente, siempre que estos sean de malla metálica con una baja masa térmica y permitan la libre circulación del agua.

ENSAYO APLICABLE A LOS AISLADORES DE APOYO DE MATERIAL CERÁMICO O DE VIDRIO TEMPLADO.

Los aisladores de apoyo y las armaduras metálicas integradas en estas, si es aplicable, deberán sumergirse completamente y de forma rápida en un baño de agua a una temperatura superior en 50K a la del baño de agua fría aplicada a continuación. El periodo de tiempo de la inmersión es de $(15+0,7 m)$ min con un periodo máximo de 30 min (donde m es la masa del aislador de apoyo expresado en kilogramos). A continuación, se retirará y sumergirá completamente y de forma rápida en el baño de agua fría donde permanecerán por el mismo periodo de tiempo.

Este ciclo de calor y frío ha de repetirse 3 veces seguidas. La duración entre el paso de un baño al otro debe ser lo más breve posible y no exceder de 1 min.

Una vez completado el tercer ciclo, los aisladores serán examinados para verificar la existencia de grietas u otros daños. Los aisladores que pertenecen a los tipos 2), 4) y 5) serán sometidos a una tensión a frecuencia industrial según el procedimiento descrito en el apartado 4. 10. 1. de la Norma UNE-EN-60168

ENSAYO APLICABLE A LOS AISLADORES DE APOYO DE VIDRIO RECOCIDO.

Los aisladores de apoyo de vidrio recocido y las armaduras metálicas integradas en estas, si es aplicable, deberán sumergirse, sin utilizar un recipiente intermedio, completamente y de forma rápida en un baño de agua a una temperatura superior en e K a la temperatura de la lluvia simulada aplicada a continuación. Deberá permanecer sumergido por un período de 15 min, retirándose una vez transcurrido este tiempo e inmediatamente a continuación, someterlos durante 15 mina una lluvia simulada de una intensidad de 3 mm/min, sin otras especificaciones.

Este ciclo de calor y frío ha de repetirse 3 veces seguidas. El tiempo entre el paso del baño caliente a la lluvia, o a la inversa, no debe exceder de 1 min.

La capacidad de resistencia térmica del vidrio recocido depende de varios factores, siendo uno de los más significativos su propia composición. La diferencia de temperatura e para este tipo de aislador, salvo otras indicaciones acordadas entre fabricante y comprador, será de:

30 K para vidrios silíceos

70 K para vidrios de borosilcatos

Una vez completado el tercer ciclo, los aisladores serán examinados para verificar la ausencia de grietas u otros daños. Los aisladores que pertenecen a los tipos 2), 4) y 5) serán sometidos a una tensión a frecuencia industrial según el procedimiento descrito en el apartado 4. 10. 1. de la Norma UNE-EN-60168

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN.

Se considerará que el aislador de apoyo ha superado el ensayo al comprobar que no existe agrietamiento o daños mecánicos o en el caso de los aisladores de apoyo de los tipos 2), 4) y 5), al comprobar que no ha habido perforación durante el ensayo de tensión a frecuencia industrial. A continuación, el aislador deberá superar el ensayo de carga de rotura mecánica (apartado 5.2. de la Norma UNE-EN-60168).

4.3.12. Ensayo de ciclo de temperaturas sobre aisladores huecos

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "7.3. ENSAYO DE CICLO DE TEMPERATURAS" de la norma UNE-EN 62155.

REQUISITOS GENERALES

El ensayo se debe realizar en un aislador hueco o cuerpo de aislador hueco antes que el ensayo de rotura mecánica, si se precisa.

La cantidad de agua contenida en los depósitos debe ser suficientemente grande para que la inmersión del aislador no provoque una variación de temperatura del agua superior a ± 5 K.

Se pueden utilizar durante la inmersión de los aisladores en los baños de agua fría y de agua caliente depósitos intermedios, siempre que éstos sean en forma de cestas metálicas de baja masa térmica permitiendo acceso libre al agua.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA LOS AISLADORES EN CERÁMICA O EN VIDRIO TEMPLADO

Los aisladores se deben sumergir rápidamente en un baño de agua mantenido a una temperatura de valor t superior a la de un baño de agua fría utilizado más tarde para el ensayo, y permanecer sumergido durante un tiempo mínimo de duración $(15 + 0,7 \times m)$ min y un tiempo máximo de duración de 30 min [m es la masa del aislador hueco o cuerpo de aislador hueco en kilogramos (kg)]. Entonces se deben retirar y sumergirse rápida y completamente en el baño de agua fría donde deben permanecer sumergidos el mismo número de minutos.

Esta alternancia de caliente a frío debe ser realizada tres veces seguidas. La duración del paso de un baño a otro debe ser tan corta como sea posible.

La diferencia de temperatura t se da en la tabla que se muestra a continuación como una función de las dimensiones del aislador hueco o del cuerpo de aislador hueco. Esta diferencia de temperatura se puede indicar en el plano.

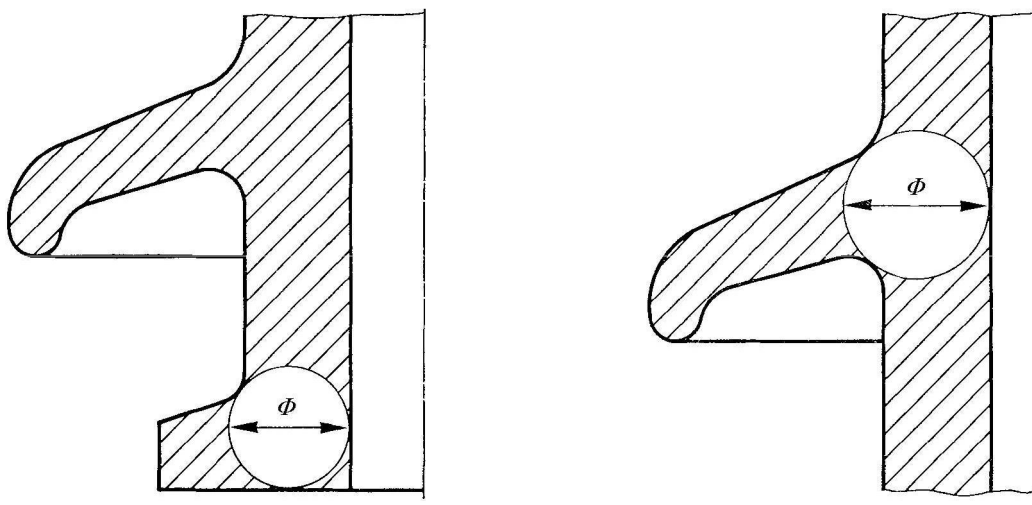


Figura — Definición del espesor Φ mm para el ensayo de ciclo de temperaturas

$D^2 \times h \times 10^{-6}$ mm^3	Diferencia de temperatura t para un espesor Φ mm					
	$\Phi \leq 23$	$23 < \Phi \leq 26$	$26 < \Phi \leq 32$	$32 < \Phi \leq 36$	$36 < \Phi \leq 43$	$43 < \Phi$
$D^2 \times h \leq 164$	60	55	50	45	40	35
$164 < D^2 \times h \leq 410$	55	55	50	45	40	35
$410 < D^2 \times h \leq 655$	50	50	50	45	40	35
$655 < D^2 \times h \leq 900$	45	45	45	45	40	35
$900 < D^2 \times h \leq 1150$	40	40	40	40	40	35
$1150 < D^2 \times h \leq 2000$	35	35	35	35	35	35
$D^2 \times h > 2000$	Según acuerdo entre fabricante y comprador					
<p>D es el diámetro exterior más grande sobre las aletas del aislador hueco o cuerpo de h aislador hueco expresado en mm. es la altura del cuerpo del aislador hueco Φ expresada en mm. es el mayor espesor del material definido como diámetro, expresado en milímetros, del mayor círculo que puede ser inscrito dentro de una sección que pase por el eje de un aislador hueco o cuerpo de aislador hueco.</p>						

Tabla — Selección de la diferencia de temperatura para el ensayo de ciclo de temperaturas

Las diferencias de temperatura en la tabla son aplicables a los aisladores con la forma interior cilíndrica o cónica que permiten una libre penetración del agua al interior mediante inmersión. Se considera que los aisladores no permiten una libre penetración del agua si el diámetro interno más pequeño es menor que 0,25 veces el mayor diámetro interno. En este caso, el valor de t debe ser objeto de acuerdo entre el fabricante y el comprador.

ALTERNATIVA PARA EL PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DE GRANDES AISLADORES EN MATERIAL CERÁMICO

Como alternativa, en los casos en que el tamaño del aislador hueco no permite utilizar el método de inmersión descrito en el apartado anterior, se puede utilizar el método de pulverización de agua según la figura C.1. de la Norma UNE-EN 62155. Los aisladores huecos con sus herrajes metálicos completos, si es el caso, deben ser envueltos en una tela gruesa y cerrada en la parte superior por ejemplo con cuerdas. El agua caliente o fría se vierte o bombea al interior de la tela agujereada, con el fin de realizar una aspersión conveniente del aislador hueco. La aspersión puede ser facilitada por medio de una bomba.

La temperatura del aislador hueco se debe aumentar por pulverización de agua a una temperatura t superior a la del agua fría utilizada más tarde en forma de lluvia artificial. Esta temperatura se debe mantener 15 min

El aislador hueco debe entonces inmediatamente pulverizarse con una lluvia artificial con una intensidad de alrededor de 3 mm/min y esta pulverización se debe mantener durante 15 min.

Esta alternancia de caliente a frío debe ser realizada tres veces seguidas. La diferencia de temperatura t se da en la siguiente tabla.

Tabla — Selección de diferencia de temperatura para el ensayo alternativo de ciclo de temperaturas

Diferencia de temperatura t para un espesor Φ mm (como se define en la figura 6)	
$\Phi \leq 30$	$\Phi > 30$
70	50

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA LOS AISLADORES EN VIDRIO RECOCIDO

Los aisladores en vidrio recocido deben ser rápida y completamente sumergidos, sin intermediar ningún otro recipiente, en un baño de agua mantenida a una temperatura t superior a la de la lluvia artificial que será utilizada más tarde en el ensayo, y permanecerán sumergidos durante un tiempo de 15 min en este baño. Entonces se deben retirar y exponer rápidamente durante 15 min a una lluvia artificial de una intensidad de 3 mm/min, sin ninguna otra característica especificada.

Esta alternancia de caliente a frío se debe realizar tres veces seguidas. La duración del paso del baño caliente a la lluvia, o viceversa, no debe superar 1 min

La capacidad del vidrio recocido a resistir las variaciones de temperatura depende de varios factores, uno de los más importantes es su composición. Para estos aisladores, excepto en caso de acuerdo diferente entre el comprador y el fabricante, la diferencia de temperatura t se proporciona en la siguiente tabla.

Tabla — Selección de diferencia de temperatura para aisladores de vidrio recocido

Diferencia de temperatura t	
Vidrio silicios	Vidrio borosilicatos
30	70

CRITERIO DE ACEPTACIÓN

El aislador satisface el ensayo si no hay grietas o roturas mecánicas u otros defectos que alteren sus propiedades mecánicas o eléctricas. La ausencia de estos deterioros se considera confirmada si el aislador hueco satisface el ensayo eléctrico individual, de acuerdo con el procedimiento del apartado 10.4. de la norma UNE-EN 62155.

Un aislador que ha pasado satisfactoriamente el ensayo de ciclo de temperaturas puede ser suministrado con el resto del lote para una normal utilización en servicio.

4.3.13. Ensayo individual de choque térmico en aisladores huecos y en aisladores macizos de apoyo aplicable sólo a las partes aislantes de vidrio templado

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “5.5. ENSAYO INDIVIDUAL DE CHOQUE TÉRMICO” de la norma UNE-EN 60168.

Antes del ensamblaje o montaje de las armaduras metálicas, las piezas aislantes de vidrio templado deberán sumergirse completamente y de forma rápida en agua a una temperatura no superior a 50 ° C, después de previamente calentar dichas piezas con aire caliente, o cualquier otro método adecuado, a una temperatura uniforme que, como mínimo, supere en 100 K a la temperatura del agua.

Las piezas de vidrio templado que sufran rotura serán rechazadas.

4.3.14. Verificación de ausencia de porosidad en aisladores huecos y en aisladores macizos de apoyo (aplicable sólo a los aisladores de apoyo cerámicos)

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “5.6. VERIFICACION DE AUSENCIA DE POROSIDAD” de la norma UNE-EN 60168.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.

Los fragmentos cerámicos de los aisladores o, por acuerdo previo, las piezas representativas de cerámicas cocidas junto a los aisladores, deberán sumergirse en una solución al 3% de colorante rojo/violeta de tipo "Methin" (tal como "Astrazon" o "Basonil") o en alcohol metílico o alcohol etílico, y someterse a una presión de al menos 15 MPa durante un intervalo de tiempo tal que el producto de la duración del ensayo, expresada en horas, por la presión del ensayo, en megapascales, no sea inferior a 180.

Los fragmentos se retirarán a continuación de la solución, y una vez lavados y secados, se volverán a romper.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN.

La observación a simple vista de las superficies recién fragmentadas no debe revelar la penetración del colorante. No será considerada como negativa la presencia de colorante en las pequeñas grietas formadas durante la fragmentación inicial.

4.3.15. Ensayo de galvanización en aisladores huecos o macizos de apoyo

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “5.7. ENSAYO DE GALVANIZACIÓN” de la norma UNE-EN 60168.

Salvo especificación contraria indicada a continuación, se aplican para la realización de este ensayo las siguientes normas ISO:

ISO 1459, ISO 1461, ISO 1463, ISO 2064, ISO 2178.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Las partes ferrosas de los aisladores deben someterse a un control de aspecto seguido por la determinación de la masa de revestimiento usando el método de ensayo magnético. En caso de diferencia de opinión sobre los resultados por el método magnético, se debe efectuar un ensayo decisivo:

- por el método gravimétrico para piezas fundidas y forjadas y para las arandelas, previo acuerdo; en este caso se aplicarán los requisitos de la Norma ISO 1460;

-o bien, mediante el método microscópico para pernos, tuercas y arandelas; en este caso se aplicarán los requisitos de la Norma ISO 1463.

Aspecto

Las partes ferrosas deben ser examinadas visualmente.

Determinación de la masa del revestimiento por el método de ensayo magnético

Este ensayo se debe efectuar en las condiciones prescritas en la Norma ISO 2178, en particular, en los capítulos 4 y 5. Estos capítulos son muy importantes para obtener unos resultados precisos. Sobre cada muestra a ensayar, se deben llevar a cabo de tres a diez medidas, de acuerdo con sus dimensiones. Estas medidas deben distribuirse uniforme y aleatoriamente sobre toda la muestra, evitando bordes y partes angulares.

CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Criterio de aceptación para el control de aspecto

El revestimiento debe ser continuo, tan uniforme y liso como sea posible (para evitar daños durante la manipulación) y desprovisto de todo lo que pueda perjudicar el empleo de la pieza recubierta (véase el apartado 6.1 de la Norma ISO 1461).

Se toleran ligeras faltas de galvanizado. La superficie máxima de una falta de revestimiento puede ser de 4 mm², pero la superficie total no recubierta no debe sobrepasar

-0,5% de la superficie total aproximada de la parte metálica ferrosa cuando ésta es menor que 4 000 mm²;

-20 mm² cuando la superficie total está comprendida entre 4 000 mm² y 100 000 mm²;

-0,02% de la superficie total aproximada de la parte metálica ferrosa cuando ésta sobrepasa los 100 000 mm², en cuyo caso la superficie máxima de una falta de revestimiento puede ser de 7 mm²;

El revestimiento debe ser lo suficientemente adherente para soportar una manipulación que corresponda al empleo de la pieza, sin fisuras ni descascarillados.

Criterio de aceptación para el valor de la masa del revestimiento

El valor de la masa de revestimiento dado por la media aritmética de las medidas no debe ser inferior al mínimo valor especificado a continuación.

Se aplican los siguientes valores mínimos normalizados, salvo que el fabricante y el cliente hayan acordado valores más elevados en el caso en que el aislador se utilice en condiciones especialmente severas.

Masa media mínima del revestimiento:

-para las piezas fundidas o forjadas, de fundición y de acero:

600 g/m² para el conjunto de las muestras, con 500 g/m² para cada muestra individual;

-para los pernos, tuercas y arandelas:

375 g/m² para el conjunto de las muestras, con 300 g/m² para cada muestra individual.

NOTA A título indicativo, los valores fijados corresponden a los siguientes espesores:

$$600 \text{ g/m}^2 = 85 \text{ }\mu\text{m}$$

$$500 \text{ g/m}^2 = 70 \text{ }\mu\text{m}$$

$$375 \text{ g/m}^2 = 54 \text{ }\mu\text{m}$$

$$300 \text{ g/m}^2 = 43 \text{ }\mu\text{m}$$

Sin embargo, si el valor medio para todas las muestras es satisfactorio y únicamente no lo es para una sola muestra, se hará una contra prueba por el mismo método de acuerdo con el apartado 6.4. Si el resultado sobre cada muestra individual es satisfactorio, pero el valor medio para todas las muestras no lo es, se debe hacer un ensayo decisivo bien por el método gravimétrico, bien por el método microscópico.

4.3.16. Examen visual individual

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “5.8. EXAMEN VISUAL INDIVIDUAL” de la norma UNE-EN 60168.

Cada aislador deberá ser examinado. El montaje de las armaduras metálicas sobre las partes aislantes deberá estar en conformidad con los planos.

AISLADORES CON PIEZAS AISLANTES DE CERÁMICA.

El color del aislador deberá corresponder de forma aproximada con el color especificado en el plano. Las pequeñas variaciones de contraste del esmalte se considerarán como aceptables y no constituirá motivo suficiente para rechazar el aislador de apoyo. Esta consideración también es aplicable en las zonas donde la capa de esmalte es más fina, por ejemplo, en los bordes con radios reducidos.

Las zonas de esmaltado, conforme a lo especificado en el plano, deberán estar cubiertas de una capa de esmalte liso, brillante y duro, libre de grietas y otros defectos perjudiciales a un buen funcionamiento en servicio.

Se consideran defectos de esmalte las zonas sin esmalte, el esmalte picado o con inclusiones y la existencia de poros.

Las tolerancias para los defectos de aspecto que se indican a continuación son aplicables a cada elemento de aislador de apoyo.

El área total máxima de defectos de esmalte no deberá ser superior a:

$$100 + \frac{DxF}{2000} \text{ mm}^2$$

El área total máxima de un solo defecto de esmalte no deberá ser superior a:

$$50 + \frac{DxF}{20000} \text{ mm}^2$$

donde

D es diámetro mayor del elemento de aislador en mm

F es la línea de fuga del elemento de aislador en mm

Los defectos superficiales tales como las picaduras del esmalte o las grietas no son aceptables sobre el núcleo del aislador de apoyo cilíndrico. Sí es aceptable la existencia de áreas de hasta 25 mm² sin esmaltar o con inclusiones pequeñas del esmaltado.

Las zonas con inclusiones del esmaltado (por ejemplo, granos de arena en la aleta superior) no deberán superar un área total de 25 mm². Ninguna de las inclusiones deberá sobresalir más de 2 mm desde la superficie.

Las acumulaciones de zonas con inclusiones del esmaltado (por ejemplo, granos de arena en la aleta superior) se considerarán como un solo defecto de esmalte. El área que les rodea deberá incluirse en el cálculo del área total de defectos de esmalte.

Los poros de dimensiones muy reducidas, con diámetros inferiores a 1'0 mm sobre el esmalte (por ejemplo, los poros causados por partículas de polvo durante el esmaltado) no deberán incluirse en el cálculo del área total de defectos de esmalte. No obstante, la cantidad total de poros encontrados en cualquier área de 50 mm x 10 mm no deberá ser superior a 15. Por otra parte, el número total de poros en un elemento de aislador de apoyo no deberá ser superior a:

$$50 + \frac{DxF}{1500}$$

donde D y F corresponden a las medidas antes mencionadas.

AISLADORES CON PIEZAS AISLANTES DE VIDRIO

Las piezas aislantes no deberán presentar defectos superficiales tales como pliegues, agujeros del soplado, etc. que puedan afectar a su correcto funcionamiento en servicio. No deberá presentar ninguna burbuja interna con un diámetro superior a 5mm.

4.3.17. Examen mecánico individual en los aisladores macizos de apoyo

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.9. ENSAYO MECÁNICO INDIVIDUAL" de la norma UNE-EN 60168.

El ensayo mecánico individual aplicable a un aislador de apoyo queda definido en función del tipo y la altura del aislador

AISLADORES DE APOYO CILÍNDRICOS PERTENECIENTES A LOS TIPOS 1), 2) Y 6) DE ALTURA NOMINAL $H > 770$ MM

Aisladores de apoyo ensamblados.

El ensayo mecánico individual consistirá en un ensayo de flexión llevado a cabo con el aislador de apoyo completo. El aislador será montado sobre una base rígida y la carga de ensayo se aplicará sobre el extremo libre del aislador desde una dirección perpendicular al eje del aislador.

NOTA - El ensayo mecánico individual puede efectuarse sobre elementos de aisladores de apoyo individualmente. En este caso, el fabricante debería confirmar que la carga de ensayo y esfuerzos mecánicos de flexión aplicados al elemento corresponde correctamente con el comportamiento de un aislador de apoyo completo. Para tal fin y a modo de ejemplo, puede utilizar piezas alargadoras cuya longitud sea la misma que la del(los) elemento(s) situados encima del elemento de aislador de apoyo bajo ensayo.

Si el comprador lo exige, por ejemplo, cuando el momento de flexión especificado excede los requisitos de la nota de la columna 9 de la tabla 4 de la Norma CEI 273, deberá aplicarse el ensayo individual del momento de flexión a la armadura metálica superior, ya sea como ensayo individual normal o como un ensayo adicional.

-Ensayo mecánico individual de un aislador completo.

La carga normal de ensayo será el 50% de la carga de rotura mecánica especificada y se aplicará consecutivamente durante un mínimo de 3 s en cuatro direcciones perpendiculares.

Opcionalmente, por acuerdo entre fabricante y comprador en el momento del pedido, puede aplicarse un ensayo de flexión con una carga de hasta el 70% de la carga de rotura mecánica especificada en más de una dirección y con una duración de 3 s para cada una, como mínimo.

NOTA - El acuerdo entre fabricante y comprador debería tener en cuenta los posibles efectos de las cargas de ensayo muy elevadas sobre la integridad de las uniones entre las piezas de porcelana o vidrio y las armaduras metálicas.

-Ensayo mecánico individual sobre la armadura superior.

El procedimiento de ensayo a utilizar depende de los requisitos de resistencia mecánica que especifique el comprador.

Cuando el comprador especifique como requisito un reparto lineal del esfuerzo de $0,5 P_{0h}$ o de $0,2 P_{0h}$ (conforme a la designación del aislador de apoyo) a P_{0h} , el ensayo individual deberá llevarse a cabo con un aislador de apoyo completo, utilizando una pieza alargadora. La longitud de la pieza alargadora y la carga aplicada deberá ajustarse a lo indicado en el apartado 5.9.1.1.1. de la norma UNE-EN 60168 para alcanzar el momento de flexión exigido en la base del aislador de apoyo.

Cuando no exista un requisito específico para el reparto lineal del momento de la resistencia mecánica por parte del cliente, es posible que no pueda llevarse a cabo el ensayo mecánico individual sobre el aislador de apoyo con una pieza alargadora. Cuando esto ocurra, o cuando también se considere que el valor del momento

de flexión de la armadura metálica superior es de especial importancia, deberá realizarse, si así lo exige el cliente, un ensayo adicional sobre el elemento superior. Los pormenores de dicho ensayo, ya sea usando una pieza alargadora o un ensayo donde se invierte la posición del elemento, deberán acordarse en el momento del pedido.

-Ensayo mecánico individual exigido para una aplicación especial.

Cuando la aplicación en servicio del aislador lo exija, el comprador y el fabricante podrán acordar la utilización de otros tipos de ensayos individuales, por ejemplo, ensayo de tracción, de torsión o de compresión. Los pormenores de dicho ensayo deberán acordarse en el momento del pedido.

-Aisladores de apoyo sin ensamblar.

Como alternativa al ensayo individual de flexión sobre un aislador de apoyo ensamblado y siempre por acuerdo entre fabricante y comprador, es posible llevar a cabo un ensayo mecánico individual sobre las partes aislantes sin ensamblar del aislador de apoyo cilíndrico. En este caso, las cargas de flexión deberán aplicarse desde varias direcciones y serán de magnitud suficiente como para asegurar que el esfuerzo de flexión alcanzado en cada punto a lo largo de la pieza aislante sea equivalente como mínimo, al 70% del esfuerzo mecánico correspondiente de carga de rotura mínima especificada para ese punto, sin que supere el 100% del esfuerzo mecánico permitido por el diseño del material en cuestión.

NOTA - Los métodos aplicables para el ensayo mecánico individual sobre piezas aislantes sin ensamblar se detallan en el anexo B de la norma UNE-EN 60168

AISLADORES DE APOYO MACIZOS CILÍNDRICOS DE LOS TIPOS 1), 2), 3), 4) Y 6) CON ALTURA NOMINAL $H \leq 770$ MM.

Salvo acuerdo en contra entre fabricante y comprador, no será necesario realizar el ensayo mecánico individual sobre los aisladores de apoyo con alturas ≤ 770 mm. De exigirse un ensayo mecánico individual, normalmente se aplicará un ensayo de tracción o de flexión y los pormenores para dichos ensayos se concretarán en el momento del pedido.

AISLADORES DE APOYO MACIZOS DE CAPERUZA Y PEANA, DE TIPO 5).

El ensayo mecánico individual normalmente aplicable será el ensayo de tracción. La carga de ensayo será equivalente al 30% de la carga de rotura especificada aplicada en tracción durante un intervalo mínimo de 3 s.

El ensayo mecánico individual sobre los aisladores de apoyo pertenecientes a los tipos 4) y 5) deberán llevarse a cabo antes del ensayo eléctrico individual.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN.

Una vez finalizado el ensayo mecánico individual, deberá procederse a un examen detenido de los aisladores de apoyo. Se rechazará cualquier aislador que presente daños, incluyendo aquellos que presenten roturas o un principio de desprendimiento de la armadura metálica.

4.3.18. Ensayo mecánico individual en los aisladores huecos o en los cuerpos de aislador huecos destinados a uso general

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "10.5. ENSAYOS MECÁNICOS INDIVIDUALES EN LOS AISLADORES HUECOS O EN LOS CUERPOS DE AISLADOR HUECOS DESTINADOS A USO GENERAL" de la norma UNE-EN 62155.

Puede ser necesario realizar ensayos mecánicos individuales dependiendo de la aplicación final del aislador hueco o del cuerpo de aislador hueco en servicio y de su cálculo. En este caso, el ensayo mecánico individual se debe especificar en el plano.

ENSAYO INDIVIDUAL DE PRESIÓN

El aislador hueco o cuerpo de aislador hueco debe someterse a los ensayos descritos en el apartado 7.2 si éstos son especificados. El aislador debe ensayarse a una presión de ensayo individual de un valor superior a la presión de cálculo durante 1 min. La presión de ensayo dependerá del diseño del aparellaje y se debe especificar sobre el plano. Si se requiere, la presión de ensayo debe marcarse sobre la superficie de tierra del cuerpo de aislador (en el exterior de la zona de sellado) o por tampón sobre los herrajes metálicos, si es de aplicación.

ENSAYO INDIVIDUAL DE FLEXIÓN

Sobre aisladores huecos destinados a uso general

El aislador hueco debe ensayarse según los requisitos generales del apartado 7.2, si es aplicable. En este caso, cada aislador hueco se debe ensayar con un momento de flexión individual, en cuatro direcciones perpendiculares, mantenido durante 10 s en cada dirección. El valor del momento de flexión individual debe ser igual al 50% del momento de flexión soportado.

Como alternativa, por acuerdo entre fabricante y comprador en el momento de la compra, se puede aplicar un ensayo de flexión con una carga de hasta el 70% de la carga de rotura especificada, en más de una dirección, y mantenido 10 s en cada dirección.

Sobre cuerpos de aisladores huecos destinados a uso general

Una variante al ensayo individual de flexión sobre un aislador hueco puede consistir, por acuerdo entre el fabricante y el comprador, en un ensayo individual de flexión sobre el cuerpo de aislador hueco.

En este caso, se deben aplicar cargas de flexión, en cuatro direcciones mutuamente perpendiculares. Éstas deben ser suficientemente elevadas como para asegurar que los esfuerzos de flexión obtenidos en cada posición en toda la longitud libre o no apoyada son equivalentes al menos al 70% del esfuerzo correspondiente en cada posición, no sobrepasando el 100% del momento soportado a la flexión.

NOTA 1 Los métodos para los ensayos individuales de flexión de cuerpos de aislador hueco están indicados en el anexo B de la norma UNE-EN 62155.

NOTA 2 Se debería indicar que este ensayo no permite verificar las partes metálicas o el aislador hueco.

ENSAYO MECÁNICO INDIVIDUAL DETERMINADO PARA LA UTILIZACIÓN EN SERVICIO

Cuando lo requieran las aplicaciones en servicio, el fabricante y el comprador pueden acordar un ensayo individual diferente, por ejemplo, un ensayo de torsión, de tracción o de compresión. Los detalles de estos ensayos se deben acordar en el momento del pedido.

CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Después del ensayo mecánico individual, una inspección visual de cada aislador hueco o cuerpo de aislador hueco debe confirmar la ausencia de defectos.

4.3.19. Ensayo mecánico individual en los aisladores huecos o los cuerpos de aislador huecos en cerámica utilizados bajo presión permanente de gas

El aislador se someterá a ensayo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "10.6. ENSAYOS MECÁNICOS INDIVIDUALES EN LOS AISLADORES HUECOS O EN LOS CUERPOS DE AISLADOR HUECOS EN CERÁMICA UTILIZADOS BAJO PRESIÓN PERMANENTE DE GAS" de la norma UNE-EN 62155.

Los ensayos individuales de presión y flexión son obligatorios para los aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco cerámicos utilizados bajo presión permanente de gas.

El ensayo mecánico individual se debe especificar en el plano para los aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco cerámicos utilizados bajo presión permanente de gas.

ENSAYO INDIVIDUAL DE PRESIÓN

Siguiendo los requisitos generales para el ensayo de presión (apartado 7.2), cada aislador hueco se debe ensayar a una presión de ensayo igual a 3 veces la presión de diseño durante 1 min.

Para los ensayos individuales de cuerpos de aislador hueco, cada pieza debe ser ensayada a una presión de ensayo igual a 4,25 veces la presión de diseño durante 1 min

La presión de ensayo se debe marcar sobre la superficie de tierra del cuerpo del aislador (fuera de la zona de ensamblado) o por estampado sobre los herrajes metálicos.

Para los elementos de aisladores huecos o los elementos de soporte aislante hueco, el ensayo individual de presión puede ser omitido si se puede demostrar que los esfuerzos debidos a la presión de diseño son pequeños comparados con los esfuerzos debidos al momento flector máximo permanente en servicio (véase el anexo D).

ENSAYO INDIVIDUAL DE FLEXIÓN

Conforme a los requisitos generales para los ensayos de flexión (apartado 7.2), el aislador hueco se debe someter a un momento flector individual aplicado en sus cuatro direcciones. El valor de ensayo debe ser igual al 70% del momento flector soportado del ensayo de tipo y debe ser mantenido durante 10 s en cada dirección.

El ensayo individual de flexión puede omitirse en los aisladores huecos para los que puede demostrarse que los esfuerzos debidos a momentos flectores máximos permanentes en servicio son pequeños comparados con los esfuerzos debidos a la presión de diseño (véase el anexo D).

El método de ensayo se debe acordar entre el fabricante y el comprador. La realización satisfactoria del ensayo individual de flexión debe ser identificada con una marca efectuada sobre una superficie de tierra del aislador, o estampado sobre los herrajes metálicos.

NOTA Son posibles ensayos sobre cuerpos de aislador hueco con cargas más elevadas.

ENSAYO MECÁNICO INDIVIDUAL DETERMINADO PARA LA UTILIZACIÓN EN SERVICIO

Cuando lo requieran las aplicaciones particulares en servicio, el fabricante y el comprador pueden acordar un ensayo individual diferente, por ejemplo, un ensayo de torsión, de tracción o de compresión. Los detalles de estos ensayos se deben acordar en el momento del pedido.

CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Después del ensayo mecánico individual, una inspección visual de cada aislador hueco o cuerpo de aislador hueco debe confirmar la ausencia de defectos.

4.4. Marcado

Cada aislador debe ser marcado con el nombre o la marca del fabricante y el año de fabricación. Este marcado debe ser legible e indeleble.

4.5. Embalaje

Las piezas deberán ser protegidas y embaladas de tal forma que se evite cualquier daño (golpes, arañazos, melladuras) a los repuestos durante su transporte y manipulación.

4.6. Niveles de inspección y registros de calidad

Los aisladores fabricados de acuerdo a lo indicado en este documento han de someterse a los siguientes niveles de inspección para su aceptación.

En primer lugar a nivel de primer artículo (FAI), cuando sea la primera vez que ese Suministrador vaya a entregar un determinado repuesto o cuando el suministro cambie de Proveedor.

La FAI se realizará sobre 3 piezas de fabricación.

Una vez validada la fabricación de los primeros artículos (FAI), las series de producción deberá someterse a los niveles de inspección correspondientes indicadas en este documento.

De todas las inspecciones realizadas se recogerán registros y se elaborará un informe en el caso de la producción de los primeros artículos (Informe FAI).

4.6.1. Nivel de inspección FAI y serie para aisladores macizos de apoyo

El informe FAI para los distintos tipos de aislador macizo de apoyo se realizará según la siguiente tabla:

Características a verificar	Apartado	Nivel de inspección FAI			
		Aisladores de macizos de apoyo de interior		Aisladores macizos de apoyo de exterior	
		Material Cerámico	Vidrio	Material Cerámico	Vidrio
Ensayo de tensión soportada de impulso tipo rayo en seco de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.5. ENSAYO DE TENSIÓN SOPORTADA DE IMPULSO TIPO RAYO EN SECO" de la norma UNE-EN 60168	6.3.1.	X	X	X	X
Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial en seco de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.7. ENSAYO DE TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL EN SECO" de la norma UNE-EN 60168	6.3.2.	X	X	----	----
Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.8. ENSAYO DE TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA" de la norma UNE-EN 60168	6.3.3.	----	----	X	X
Ensayo de perforación de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.9. ENSAYO DE PERFORACIÓN" de la norma UNE-EN 60168	6.3.4.	Solo aplicable a los aisladores de apoyo de los tipos 4) y 5)			
Verificación de las dimensiones de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.1. Verificación de las dimensiones" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.7.	X	X	X	X
Ensayos mecánicos de rotura sobre aisladores macizos de apoyo de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.2. ENSAYO DE CARGA DE ROTURA MECÁNICA" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.9.	X	X	X	X
Ensayo de resistencia a las variaciones bruscas de temperatura de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.4. ENSAYO DE RESISTENCIA A LAS VARIACIONES BRUSCAS DE TEMPERATURA" de la norma UNE-EN 60168	6.3.11.	X	X	X	X
Ensayo de choque térmico de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.5. ENSAYO INDIVIDUAL DE CHOQUE TÉRMICO" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.13.	----	X	----	X
Verificación de ausencia de porosidad de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.6. VERIFICACION DE AUSENCIA DE POROSIDAD" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.14.	X	----	X	----
Ensayo de galvanización de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.7. ENSAYO DE GALVANIZACIÓN" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.15.	Para los aisladores tipo 1), 2), 5), y 6) este ensayo se aplicará tanto en aisladores cerámicos como de vidrio. Para los aisladores tipo 3) y 4) este ensayo solamente se aplicará en aisladores cerámicos.			
Examen visual individual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.8. EXAMEN VISUAL INDIVIDUAL" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.16.	X	X	X	X

Los niveles de inspección para la fabricación en SERIE para los distintos tipos de aislador macizo de apoyo, una vez aprobado el informe FAI por el Mantenedor Ferroviario para ese Proveedor según el tipo de aislador de que se trate, deberán ser los correspondientes a los indicados en la siguiente Tabla

		Nivel de inspección SERIE											
		Material Cerámico						Vidrio					
Características a verificar	Apartado	Tipo 1)	Tipo 2)	Tipo 3)	Tipo 4)	Tipo 5)	Tipo 6)	Tipo 1)	Tipo 2)	Tipo 3)	Tipo 4)	Tipo 5)	Tipo 6)
Examen visual individual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.8. EXAMEN VISUAL INDIVIDUAL" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.16.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Verificación de las dimensiones de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.1. Verificación de las dimensiones" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.7.	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote
Ensayo de resistencia a las variaciones bruscas de temperatura de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.4. ENSAYO DE RESISTENCIA A LAS VARIACIONES BRUSCAS DE TEMPERATURA" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.11.	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote
Ensayo mecánico individual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.9. ENSAYO MECÁNICO INDIVIDUAL" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.17.	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)	100% (aplicable solo a aisladores de apoyo de altura>700mm)
Ensayo eléctrico individual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.10.1 ENSAYO ELÉCTRICO INDIVIDUAL en aisladores de apoyo cilíndricos con armaduras metálicas internas, del tipo 4) y aisladores de apoyo de caperuza y peana, del tipo 5)" de la norma UNE-EN 60168	6.3.5.	----	100% (aplicable a piezas cerámicas sin ensamblar)	----	100,00 %	100,00 %	100% (aplicable a piezas cerámicas sin ensamblar)	----	----	----	----	----	----
Ensayo de perforación de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.9. ENSAYO DE PERFORACIÓN" de la norma UNE-EN 60168	6.3.4.	----	----	----	por muestreo del lote	por muestreo del lote	----	----	----	----	por muestreo del lote	por muestreo del lote	----
Ensayo de choque térmico de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.5. ENSAYO INDIVIDUAL DE CHOQUE TÉRMICO" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.13.	----	----	----	----	----	----	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Verificación de ausencia de porosidad de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.6. VERIFICACION DE AUSENCIA DE POROSIDAD" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.14.	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	----	----	----	----	----	----
Ensayo de galvanización de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.7. ENSAYO DE GALVANIZACIÓN" de la norma UNE-EN 60168.	6.3.15.	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	por muestreo del lote	----	----	por muestreo del lote	por muestreo del lote

Si en alguna verificación de un lote en el que no esté establecido el 100% de nivel de inspección se detecta cualquier valor fuera de los límites admitidos el lote quedará rechazado, y se deberán verificar todas las piezas unitariamente para que estas puedan ser aceptadas.

4.6.2. Niveles de inspección FAI y serie para aisladores huecos

El informe FAI para los distintos tipos de aisladores huecos se realizará según la siguiente tabla:

Características a verificar	Nivel de inspección FAI	
	Aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco DESTINADOS A UN USO GENERAL	Aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco en cerámica UTILIZADOS BAJO PRESIÓN PERMANENTE A GAS
Ensayo eléctrico individual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “10.4. EXAMEN ELÉCTRICO INDIVIDUAL” de la norma UNE-EN 62155.	X	X
Verificación de las dimensiones y medida de la rugosidad de las superficies de tierra de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “7.1. Verificación de las dimensiones y de la rugosidad” de la norma UNE-EN 62155.	X	X
Ensayo mecánico de rotura de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “7.2. ENSAYOS MECÁNICOS DE ROTURA” de la norma UNE-EN 62155.	X (realizar este ensayo después del ensayo de ciclo de temperatura)	X (realizar este ensayo después del ensayo de ciclo de temperatura)
Ensayo de ciclo de temperatura de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “7.3. ENSAYO DE CICLO DE TEMPERATURAS” de la norma UNE-EN 62155.	X (aplicar únicamente cuando el ensayo mecánico de rotura es especificado)	X
Ensayo de choque térmico individual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “5.5. ENSAYO INDIVIDUAL DE CHOQUE TÉRMICO” de la norma UNE-EN 60168.	aplicable únicamente para los aisladores de vidrio templado	-----
Ensayo de porosidad de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “5.6. VERIFICACION DE AUSENCIA DE POROSIDAD” de la norma UNE-EN 60168.	aplicable únicamente a aisladores huecos cerámicos	X
Ensayo de galvanización de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “5.7. ENSAYO DE GALVANIZACIÓN” de la norma UNE-EN 60168.	aplicable únicamente a aisladores huecos equipados de herrajes metálicos galvanizados	aplicable únicamente a aisladores huecos equipados de herrajes metálicos galvanizados
Examen visual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado “5.8. EXAMEN VISUAL INDIVIDUAL” de la norma UNE-EN 60168.	X	X

Los niveles de inspección para la fabricación en SERIE para los distintos tipos de aisladores huecos, una vez aprobado el informe FAI por el Mantenedor Ferroviario para ese Proveedor según el tipo de aislador de que se trate, deberán ser los correspondientes a los indicados en la siguiente Tabla

Características a verificar	Nivel de inspección Serie	
	Aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco DESTINADOS A UN USO GENERAL	Aisladores huecos o cuerpos de aislador hueco en cerámica UTILIZADOS BAJO PRESIÓN PERMANENTE A GAS
Verificación de las dimensiones y medida de la rugosidad de las superficies de tierra de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "7.1. Verificación de las dimensiones y de la rugosidad" de la norma UNE-EN 62155.	por muestreo del lote	por muestreo del lote
Ensayo mecánico de rotura de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "7.2. ENSAYOS MECÁNICOS DE ROTURA" de la norma UNE-EN 62155.	por muestreo del lote (realizar este ensayo después del ensayo de ciclo de temperatura)	por muestreo del lote (realizar este ensayo después del ensayo de ciclo de temperatura)
Ensayo de ciclo de temperatura de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "7.3. ENSAYO DE CICLO DE TEMPERATURAS" de la norma UNE-EN 62155.	por muestreo del lote	por muestreo del lote
Ensayo de porosidad de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.6. VERIFICACION DE AUSENCIA DE POROSIDAD" de la norma UNE-EN 60168.	por muestreo del lote (aplicable únicamente a aisladores cerámicos)	por muestreo del lote
Ensayo de galvanización de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.7. ENSAYO DE GALVANIZACIÓN" de la norma UNE-EN 60168.	por muestreo del lote (aplicable únicamente a aisladores huecos equipados de herrajes metálicos galvanizados)	por muestreo del lote (aplicable únicamente a aisladores huecos equipados de herrajes metálicos galvanizados)
Examen visual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.8. EXAMEN VISUAL INDIVIDUAL" de la norma UNE-EN 60168.	100 %	100 %
Ensayo eléctrico individual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "10.4. EXAMEN ELÉCTRICO INDIVIDUAL" de la norma UNE-EN 62155.	100 %	100 %
Ensayo mecánico individual en aisladores huecos destinados al uso general de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "10.5. ENSAYOS MECÁNICOS INDIVIDUALES EN LOS AISLADORES HUECOS O EN LOS CUERPOS DE AISLADOR HUECOS DESTINADOS A USO GENERAL" de la norma UNE-EN 62155.	100% (aplicable únicamente si se especifica en el plano del aislador)	----
Ensayo mecánico individual en aisladores huecos bajo presión de gas de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "10.6. ENSAYOS MECÁNICOS INDIVIDUALES EN LOS AISLADORES HUECOS O EN LOS CUERPOS DE AISLADOR HUECOS EN CERÁMICA UTILIZADOS BAJO PRESIÓN PERMANENTE DE GAS" de la norma UNE-EN 62155.	----	100 %

Ensayo de choque térmico individual de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.5. ENSAYO INDIVIDUAL DE CHOQUE TÉRMICO" de la norma UNE-EN 60168.	100% (aplicable únicamente para los aisladores de vidrio templado)	-----
--	--	-------

4.6.3. Reglas de muestreo y procedimientos para los ensayos por muestreo.

La cantidad de aisladores de apoyo seleccionados para el ensayo deberá realizarse conforme a la tabla I. El comprador tiene el derecho de escogerlas de un lote que haya superado los ensayos individuales.

Cantidad de muestras para los ensayos por muestreo

Cantidad de aisladores por lote (n)	Cantidad de muestras
$n \leq 100$	Por acuerdo
$100 < n \leq 500$	1%
$500 < n$	$4 + \frac{1.5 \cdot n}{1000}$

Los aisladores sometidos a ensayos que pueden afectar sus características eléctricas o mecánicas no deberán ser puestos en servicio.

4.7. Formato de oferta técnica

1. Observaciones a la documentación existente de definición del producto / ⁸⁾

Proceso Fabricación:	Fabricante del producto a)	Distribuidor del producto b)	Certificado ISO 9001 del fabricante o equivalente c)
Diseño y Fabricación de aisladores eléctricos utilizados en material rodante ferroviario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Indicar Fabricante: _____	<input type="checkbox"/>

Marque la tipología del aislador:

- Aislador hueco
 - Aislador hueco de uso general
 - Aislador hueco bajo presión permanente de gas
 - Cerámico
 - De Vidrio

- Aislador de apoyo
 - De Interior
 - De Exterior
 - Cerámico
 - De Vidrio
 - Tipo 1)** Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos de núcleo macizo con armaduras metálicas externas y con material aislante sólido a lo largo de toda la altura del aislador de apoyo.
 - Tipo 2)** Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos con cavidad y armadura metálica externa y con una barrera de cerámica integrada en cada elemento del aislador de apoyo.
 - Tipo 3)** Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos con armaduras metálicas internas en donde la distancia más corta para generar una perforación en el material aislante sólido es por lo menos equivalente a la mitad de la distancia de arco entre la armadura metálica externa.
 - Tipo 4)** Aisladores de apoyo cilíndricos o troncocónicos con armaduras metálicas internas en donde la distancia más corta para generar una perforación en el material aislante sólido es menor de la mitad de la distancia de arco entre la armadura metálica externa.
 - Tipo 5)** Aisladores de apoyo de caperuza y peana, donde cada elemento del aislador de apoyo tiene una armadura metálica con uno o más componentes aislantes y con un espesor de aislante sólido reducido comparado con sus dimensiones externas

Marque los ensayos que realizará:

	Aisladores de Apoyo				Aisladores huecos		
	Aisladores de apoyo de interior		Aisladores de apoyo de exterior		Aisladores huecos de uso general		Aisladores huecos bajo presión permanente de gas
	Cerámicos	Vidrio	Cerámicos	Vidrio	Cerámicos	Vidrio	Cerámicos
Ensayo de tensión soportada de impulso tipo rayo en seco <i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.5. ENSAYO DE TENSIÓN SOPORTADA DE IMPULSO TIPO RAYO EN SECO" de la norma UNE-EN 60168</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial en seco <i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.7. ENSAYO DE TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL EN SECO" de la norma UNE-EN 60168</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia <i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.8. ENSAYO DE TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA" de la norma UNE-EN 60168</i>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Ensayo de perforación <i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "4.9. ENSAYO DE PERFORACIÓN" de la norma UNE-EN 60168</i>	<input type="checkbox"/> Solo aplicable a los aisladores de apoyo de los tipos 4) y 5)	<input type="checkbox"/> Solo aplicable a los aisladores de apoyo de los tipos 4) y 5)	<input type="checkbox"/> Solo aplicable a los aisladores de apoyo de los tipos 4) y 5)	<input type="checkbox"/> Solo aplicable a los aisladores de apoyo de los tipos 4) y 5)			
Ensayo eléctrico individual en aisladores huecos <i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "10.4. EXAMEN ELÉCTRICO INDIVIDUAL" de la norma UNE-EN 62155.</i>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificación de las dimensiones en aisladores macizos de apoyo <i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.1. Verificación de las dimensiones" de la norma UNE-EN 60168.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Verificación de las dimensiones y medida de la rugosidad de las superficies de tierra en aisladores huecos <i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "7.1. Verificación de las dimensiones y de la rugosidad" de la norma UNE-EN 62155.</i>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ensayos mecánicos de rotura sobre aislador macizo de apoyo <i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.2. ENSAYO DE CARGA DE ROTURA MECÁNICA" de la norma UNE-EN 60168.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

<p>Ensayo mecánico de rotura sobre aislador hueco</p> <p><i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "7.2. ENSAYOS MECÁNICOS DE ROTURA" de la norma UNE-EN 62155.</i></p>					<input type="checkbox"/> (realizar este ensayo después del ensayo de ciclo de temperatura)	<input type="checkbox"/> (realizar este ensayo después del ensayo de ciclo de temperatura)	<input type="checkbox"/> (realizar este ensayo después del ensayo de ciclo de temperatura)
<p>Ensayo de resistencia a las variaciones bruscas de temperatura</p> <p><i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.4. ENSAYO DE RESISTENCIA A LAS VARIACIONES BRUSCAS DE TEMPERATURA" de la norma UNE-EN 60168.</i></p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<p>Ensayo de ciclo de temperatura</p> <p><i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "7.3. ENSAYO DE CICLO DE TEMPERATURAS" de la norma UNE-EN 62155.</i></p>					<input type="checkbox"/> (aplicar únicamente cuando el ensayo mecánico de rotura es especificado)	<input type="checkbox"/> (aplicar únicamente cuando el ensayo mecánico de rotura es especificado)	<input type="checkbox"/>
<p>Ensayo de choque térmico</p> <p><i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.5. ENSAYO INDIVIDUAL DE CHOQUE TÉRMICO" de la norma UNE-EN 60168.</i></p>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<p>Verificación de ausencia de porosidad</p> <p><i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.6. VERIFICACION DE AUSENCIA DE POROSIDAD" de la norma UNE-EN 60168.</i></p>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
<p>Ensayo de galvanización</p> <p><i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.7. ENSAYO DE GALVANIZACIÓN" de la norma UNE-EN 60168.</i></p>	<input type="checkbox"/> Para los aisladores tipo 1), 2), 5), y 6) este ensayo se aplicará tanto en aisladores cerámicos como de vidrio. Sin embargo, para los aisladores tipo 3) y 4) este ensayo solamente se aplicará en aisladores cerámicos.	<input type="checkbox"/> Para los aisladores tipo 1), 2), 5), y 6) este ensayo se aplicará tanto en aisladores cerámicos como de vidrio. Sin embargo, para los aisladores tipo 3) y 4) este ensayo solamente se aplicará en aisladores cerámicos.	<input type="checkbox"/> Para los aisladores tipo 1), 2), 5), y 6) este ensayo se aplicará tanto en aisladores cerámicos como de vidrio. Sin embargo, para los aisladores tipo 3) y 4) este ensayo solamente se aplicará en aisladores cerámicos.	<input type="checkbox"/> Para los aisladores tipo 1), 2), 5), y 6) este ensayo se aplicará tanto en aisladores cerámicos como de vidrio. Sin embargo, para los aisladores tipo 3) y 4) este ensayo solamente se aplicará en aisladores cerámicos.	<input type="checkbox"/> (aplicable únicamente a aisladores huecos equipados de herrajes metálicos galvanizados)	<input type="checkbox"/> (aplicable únicamente a aisladores huecos equipados de herrajes metálicos galvanizados)	<input type="checkbox"/> (aplicable únicamente a aisladores huecos equipados de herrajes metálicos galvanizados)
<p>Examen visual individual</p> <p><i>de acuerdo con las condiciones señaladas en el apartado "5.8. EXAMEN VISUAL INDIVIDUAL" de la norma UNE-EN 60168.</i></p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. CONCLUSIONES Y APORTACIONES DEL TFM

El Mantenedor Ferroviario no contaba con ningún documento o especificación técnica específico para los aisladores eléctricos de apoyo. Por lo que existía una necesidad manifiesta de elaborar uno.

La elaboración de este documento que recoge todos los requisitos y verificaciones necesarios a realizar para asegurar el cumplimiento de la calidad de los aisladores de apoyo de los repuestos del material rodante permitirá garantizar que el suministro de materiales se realiza con la suficiente fiabilidad y calidad, de tal manera que no se comprometan ni los procesos de mantenimiento, ni la seguridad y fiabilidad de los trenes a los que se incorporan dichos repuestos.

6. BIBLIOGRAFÍA

A continuación se relacionan las normas técnicas y/o legales de referencia.

[ISO 9001:2008] Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos

[ISO 19011:2011] Directrices para la auditoría de Sistemas de Gestión

[UNE-EN 60168] Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 000 V

[UNE-EN 62155] Aisladores huecos con o sin presión interna, en material cerámico o en vidrio, para la utilización en aparellaje eléctrico de tensiones asignadas superiores a 1000V