

**Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores
aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008**

Ed.4

Índice**1.- Objeto****2.- Alcance****3.- Desarrollo Metodológico**

Recuerde que esta Documentación en FORMATO PAPEL puede quedar obsoleta. Para consultar versiones actualizadas acuda al Web

Responsable		Fecha
Redacción	Redactor	08/05/2012
Verificación	Departamento Desarrollo de Red	08/05/2012
Aprobación	Dirección de Ambiente, Sostenibilidad, Innovación y Calidad	08/05/2012

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Ed.4

1.- OBJETO

El objeto de esta Especificación Técnica es definir las mediciones, ensayos y verificaciones a realizar en los sistemas de conductores aislados con pantalla de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV e inferior a 220 kV, así como los de BT con tensión asignada de 0,6/1 kV, antes de su puesta en servicio, en la red de Distribución de E-REDES.

2.- ALCANCE

Las mediciones, ensayos y verificaciones se realizarán tanto en los sistemas nuevos de cables (pe. en líneas de interconexión de CTs), como en aquellos sistemas en los que algún elemento estuviese previamente en servicio (p.e. derivaciones a CTs).

En el caso de instalaciones que vayan a ser cedidas a HCD, estas mediciones, ensayos y verificaciones se realizarán con presencia de personal de HCD y no se aceptará la cesión de instalaciones de BT o AT que no hayan sido sometidas a los ensayos descritos en la presente ET. Si las líneas son de tensión nominal superior a 30 kV, deberán ser objeto de la correspondiente inspección inicial por una O.C.A.

Esta ET está basada en la UNE 211006 y en la Guía de aplicación de la ITC-LAT 05, del Reglamento de Líneas de Alta de Tensión, así como en la norma correspondiente al tipo de cable instalado.

El resumen de las mediciones, ensayos y verificaciones a realizar, dependiendo del tipo de instalación, se recoge en la tabla 5.

3.- DESARROLLO METODOLÓGICO**3.1.- Ensayos en cables. Condiciones Generales.**

Los cables a utilizar en nuestras instalaciones provienen de Fabricantes Certificados por HCE que tienen certificados de conformidad emitidos por Organismos de Control Autorizado, garantizando de esta forma la seguridad de los mismos. En Fábrica se les somete a los ensayos de Tensión Soportada a frecuencia variable y el de Descargas Parciales.

Las mediciones, ensayos y verificaciones a que hace referencia esta ET son los que deben realizarse a los cables en las propias obras, una vez estos hayan sido totalmente instalados y sin haber entrado todavía en tensión. Es decir, habrán pasado las etapas siguientes a la propia fabricación, almacenaje, el transporte, la manipulación, el tendido, la instalación de, terminales y resto de accesorios (excepto los empalmes en los casos en que se conecten a red existente), etc.

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Ed.4

En todas estas etapas y sobre todo durante el tendido, el personal que los manipula debe de hacer un control visual al mismo para verificar las condiciones generales del estado del cable tendente a eliminar los defectos acaecidos durante las etapas previas a la puesta en servicio del mismo. Si durante el mismo se detecta algo anormal, se debe de poner en conocimiento del Técnico de HCD responsable de la instalación.

En función del nivel de tensión, su longitud y si es nuevo o se conecta a red existente, en la **Tabla 5**, se hacen figurar las mediciones, ensayos y verificaciones a realizar.

3.2.- Ensayos en cables de BT.

Las mediciones, ensayos y verificaciones a realizar en los cables con tensión de servicio menor o igual a 1 kV antes de su puesta en servicio serán:

- a) Comprobación de continuidad, sucesión de fases e identidad de fases.
- b) Medida de la resistencia de aislamiento.

Los ensayos se llevarán a cabo al finalizar la instalación del cable y sus accesorios, manteniéndose la secuencia que marca esta ET. En el Anexo 1 de esta ET, figura la hoja que es preciso rellenar con el resultado final de los mismos.

En las acometidas (aproximadamente hasta 15 m) únicamente se realizará inspección visual de los mismos, no siendo necesario realizar ningún ensayo adicional.

3.2.1.- Comprobación de continuidad, sucesión e identidad de fases.

Para comprobar la continuidad del cable, se formará un bucle puenteando dos fases en un extremo, conectando en el otro extremo de las fases un megóhmetro y aplicando tensión. Si se obtuviese una medición elevada de resistencia, respecto a los datos aportados por el Fabricante del cable (del orden de cientos de ohmios), se interpretará como una discontinuidad del cable. En líneas de tres fases, se comprobarán los tres bucles posibles, fases 1-2, 2-3 y 1-3, para ello en uno de sus extremos se deben unir entre sí los tres conductores y en el otro, se colocará el medidor entre cada pareja posible de los mismos. Tal como recoge la UNE 211006:2010 en su capítulo 6, si A es la medida obtenida entre las fases 1 y 2, B la obtenida entre las fases 2 y 3 y C la correspondiente a las fases 1 y 3, entonces:

$$R1 = (A+C-B) / 2$$

$$R2 = (B+A-C) / 2$$

$$R3 = (C+B-A) / 2$$

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Ed.4

Para identificar las fases, conectaremos a tierra el extremo de una fase, y entre los otros extremos de las tres fases, se conectará el megóhmetro. Entre cada una de las fases y tierra se aplica sucesivamente una tensión de 500V, la menor de las medidas obtenidas corresponderá a la misma fase en ambos extremos. A efectos de este ensayo, el conductor neutro tendrá la misma consideración que si fuese fase si bien en algunos casos su identificación es inmediata por ser su sección inferior.

Las conexiones deben realizarse correctamente para no introducir una resistencia adicional.

En los supuestos que proceda, antes de poner una línea en servicio, se debe contrastar que se mantiene la sucesión de fases para lo cual es necesario que con anterioridad se halla verificado el sentido de giro. Tanto la prueba previa como la posterior debe realizarse con el mismo aparato y manteniendo la misma orden de sucesión. El resultado de ambas comprobaciones debe ser el mismo sentido de giro.

Por último, en aquellos supuestos que la nueva línea sirva de acoplamiento se debe de verificar previamente la identidad de fases con un aparato adecuado.

3.2.2.- Medida de la resistencia de aislamiento

Para realizar la medición de la resistencia de aislamiento del cable, se utiliza un megóhmetro con el que se aplicará una tensión continua de 500 V entre el conductor de cada fase y tierra, durante un tiempo suficiente (entre 1 y 2 minutos) para obtener una lectura estable. Para ello, los conductores estarán sin conectar en ambos extremos.

La resistencia de aislamiento del cable se obtendrá mediante la utilización de la siguiente fórmula.

$$Ra = \frac{Rm \cdot L}{1000}$$

Donde

- Ra es la resistencia de aislamiento en MΩ·km
- Rm es la resistencia obtenida en el equipo de medida en MΩ
- L es la longitud del cable en m

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Ed.4

El cable se acepta si los valores de Ra obtenidos superan sensiblemente a los de la Tabla 1.

Tensión nominal U _o /U KV	Sección del conductor (mm ²)	Ra (MΩ·km)
0,6 / 1	≤ 25	30
	>25 y ≤ 95	20
	> 95	15

Tabla 1. Valores mínimos de Ra según la sección del conductor.

3.3.- Ensayos en cables de AT

Las mediciones, ensayos y verificaciones aquí definidos se realizarán tanto en los sistemas nuevos de cables (p.e. líneas de interconexión de CTs), como en los que algún elemento haya estado previamente en servicio (p.e. derivaciones a CTs).

Para cables de tensión ≤ 30 kV se realizará el ensayo de tensión soportada a muy baja frecuencia (VLF) para la comprobación del aislamiento principal.

Para cables de tensión de servicio superior a 30 kV se solicitarán los ensayos de tensión soportada a frecuencia industrial y de descargas parciales para la comprobación del aislamiento principal.

En los sistemas nuevos de cables las mediciones, ensayos y verificaciones a realizar y el orden de ejecución será el siguiente:

1. Comprobación de continuidad, sucesión e identidad de fases. Ver 3.3.1
2. Continuidad y resistencia de la pantalla. Ver 3.3.2
3. Ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta. Ver 3.3.3
4. Medición de la resistencia de aislamiento principal y de la cubierta (con las limitaciones señaladas). Ver 3.3.4
5. Comprobación del aislamiento principal. Ver 3.3.5

En los cables nuevos, que se conecten a redes existentes, se realizarán las pruebas de Rigidez Dieléctrica de la Cubierta y Comprobación del Aislamiento principal una vez

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Ed.4

instalados, con todos los accesorios excepto el empalme, siempre que la longitud sea mayor de 50 m.

Para líneas nuevas conectadas entre CT, entre CT y CR, entre CT y Centros de Seccionamiento y entre Subestaciones y CT se realizarán estas pruebas aunque sean de longitud menor a 50 m.

Para redes de tensión de servicio ≤ 30 kV, todas las Líneas nuevas que partan de empalmes de Líneas en servicio, como comprobación del aislamiento principal pasaran la prueba de tensión soportada de servicio, a 50 Hz., durante 24 h., estando las mismas sin carga. El criterio de aceptación será, que no se produzca la perforación del aislamiento durante todo este tiempo. La secuencia de ensayos será la que sigue.

1. Comprobación de continuidad, sucesión e identidad de fases. Ver 3.3.1
2. Continuidad y resistencia de las pantallas. Ver 3.3.2
3. Medición de la resistencia de aislamiento principal y de la cubierta (con las limitaciones señaladas. Ver 3.3.4
4. Comprobación del aislamiento principal, manteniendo 24 horas la instalación a la tensión de servicio, sin carga.

3.3.1.- Comprobación de continuidad, sucesión e identidad de fases.

Se seguirá el mismo método que en 3.2.1.

3.3.2.- Comprobación de la continuidad y resistencia de la pantalla.

Para medir la resistencia óhmica de las pantallas, y sin modificar el método operativo descrito en el apartado anterior, se utiliza un óhmetro con resolución suficiente para obtener valores de al menos centésimas de ohmio y se procederá a realizar y anotar los valores obtenidos en las medidas de las tres combinaciones posibles (fases 1-2, 2-3 y 3-1).

Llamaremos A, B y C a los tres valores (en ohmios) obtenidos en las correspondientes mediciones de resistencia:

- A = valor medido entre las fases 1 + 2
- B = valor medido entre las fases 2 + 3
- C = valor medido entre las fases 3 + 1

Ed.4

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Los resultados de las resistencias correspondientes a cada fase, se obtendrán de las siguientes expresiones:

$$R1 = (A + C - B) / 2$$

$$R2 = (B + A - C) / 2$$

$$R3 = (C + B - A) / 2$$

Se recuerda que las conexiones deben realizarse correctamente para no introducir una resistencia adicional.

Los resultados se considerarán correctos cuando el valor de la resistencia no difiera significativamente de los valores mostrados en la tabla 2.

Sección de la pantalla (mm ²)	Resistencia Ω /km
16	1,240
25	0,779
75	0,259

Tabla 2. Resistencia en Ω / km en función de las secciones de pantallas.

3.3.3.- Ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta.

Utilizaremos este ensayo para comprobar el buen estado de la cubierta después del tendido, y tal y como marca la UNE 211006, se aplicará una **tensión continua de 4 kV/mm** de espesor de la cubierta, con un **máximo de 10 kV**.

Para realizar el ensayo se desconectarán las pantallas metálicas de tierra y quedarán aisladas de la misma y entre sí, en ambos extremos.

Se aplicará de forma progresiva la tensión hasta llegar al nivel establecido, entre la pantalla de cada una de las fases y la red de tierra de la instalación o en su defecto, de una toma de tierra provisional para el ensayo.

El nivel de tensión de ensayo de deberá mantener durante **1 minuto**, resultando el ensayo superado si no se produce ninguna perforación en la cubierta y si la resistencia de fuga es menor a 1,5 mA/Km, para el cable de tipo HEPR

Es muy importante antes de acceder a las terminaciones de los cables, que se realice la descarga en los mismos de las cargas estáticas almacenadas en cada conductor. Esta descarga se realizará poniendo a tierra y en cortocircuito, o a través de resistencias de descarga, las terminaciones de los conductores y de las pantallas metálicas antes de cada actuación.

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Ed.4

3.3.4.- Medición de la resistencia de aislamiento principal y de la cubierta.

El procedimiento para la realización de la medición de la resistencia de aislamiento en los cables de MT, es igual al utilizado para cables de BT (ver epígrafe 3.2.2), con la diferencia que el megóhmetro se utilizará en un nivel de **tensión continua de 5.000 o 10.000 V.** máximo.

La prueba se realizará tanto para verificar el aislamiento principal como el de cubierta.

Para que el ensayo se considere aceptado, la medición de la resistencia del aislamiento (R_a) no debe ser menor de 250 M Ω -km. en el aislamiento principal y de 100 M Ω -km. en el aislamiento de la cubierta.

Estos ensayos, con los límites señalados en el epígrafe 3.3, son incompatibles con los de Rigidez dieléctrica de la cubierta y Comprobación de Aislamiento principal (VLF).

Comprobación del aislamiento principal

Se realizarán los ensayos descritos a continuación teniendo en cuenta que el 3.3.5 y el 3.3.6 para redes con tensión de servicio hasta 30 kV. son excluyentes entre sí. Es decir si se hace uno no se hace el otro.

En cambio, para redes mayores de 30 kV. los ensayos 3.3.7 y el 3.3.8 son complementarios. Es decir, se realizarán ambos.

3.3.5.- Comprobación del aislamiento principal: Ensayo de tensión soportada a muy baja frecuencia (VLF).

El método operativo es la aplicación de una tensión alterna de prueba de **frecuencia 0,1 Hz. y valor 3 U_o** aplicada entre el conductor y la pantalla durante **15 minutos** para cada una de las fases.

Cables tensión 12/20 kV $\rightarrow 3 \cdot U_o = 36$ kV c.a. 0,1 Hz.

Cables tensión 18/30 kV $\rightarrow 3 \cdot U_o = 54$ kV c.a. 0,1 Hz.

Para la realización del ensayo se aplicará la tensión alterna a 0,1 Hz. entre el conductor y la tierra de protección, estando las pantallas de los cables cortocircuitadas entre si y conectadas a la tierra de protección en ambos extremos. La tensión se irá aplicando de forma lenta en dos o tres escalones hasta llegar al nivel definido y en este, se mantendrá el ensayo durante 15 min.

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Ed.4

Una vez alcanzado el nivel de la tensión de prueba se mantendrá durante el periodo definido para anotar el valor de la intensidad de fuga la cual deberá permanecer estable durante todo este tiempo. Se considerará el ensayo aceptado siempre que no se produjera una perforación en el aislamiento.

Para cables de tensión asignada 18/30 kV esta prueba se realizará según uno de los siguientes criterios:

1. Si se ensayan los cables sin conexión alguna en sus extremos la tensión U_0 puede llegar a $3U_0 = 54$ kV.
2. Si se ensaya sobre los cables conectados a cabinas con corte en SF₆, normalmente utilizadas en los Centros de Transformación actualmente, el ensayo se realizará a $3 \times 80\% U_0 = 45$ kV, siempre y cuando los cabinas tengan la presión suficiente del aislante y presenten un buen estado.

Este método no es aplicable para sistemas con tensión asignada $> 26/45$ (52) kV.

3.3.6.- Comprobación del aislamiento principal: Ensayo de tensión soportada a onda oscilante.

Se debe aplicar entre conductor y pantalla una tensión de onda oscilante a una frecuencia comprendida entre 20 Hz y 300 Hz de valor de cresta $\sqrt{2} \sqrt{3} U_0$. Para ello, E-REDES elige el Método 3.2 de la UNE 211006:2010.

No debe producirse la perforación del aislamiento durante la realización del ensayo. A continuación debe aplicarse la tensión de servicio durante 24 h.

3.3.7.- Comprobación de aislamiento principal. Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial.

Este ensayo se realiza y exige sólo para tensiones de servicio > 30 kV. La finalidad de este ensayo es asegurar que no se ha dañado el aislamiento del cable durante los trabajos previos, de manera que se pueda poner en servicio el cable con las suficientes garantías.

Tal como se describe en la UNE 211006, para sistemas nuevos de cables y la Guía de aplicación de la ITC-LAT 05, para sistemas con algún elemento previamente en servicio, el método operativo será aplicar una tensión alterna a frecuencia industrial (preferentemente 50 Hz.) entre conductor y pantalla. El valor de esa tensión y el tiempo de aplicación serán:

- a) Para sistemas nuevos de cables de tensión asignada menor a 26/45: $\sqrt{3}U_0$, durante 15 minutos.

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Ed.4

- b) Para sistemas nuevos de cables de tensión asignada mayor o igual a 26/45: 60 minutos con una tensión según lo recogido en la tabla 3 y 3 bis, según la tensión asignada sea menor o igual a 87/150 o mayor.
- c) Para sistemas con algún elemento previamente en servicio y de cualquier valor de tensión asignada: $1,4 * U_0$, durante 15 minutos.

No debe producirse perforación del aislamiento durante la realización del ensayo.

Tensión asignada (KV)	Tensión de ensayo (KV)
26/45	52
36/66	72
64/110	128
76/132	132
86/150	150

Tabla 3.

Para cables de tensión asignada superior a 87/150 (170 kV) hasta 220/400 (420 kV) los valores de referencia son los siguientes:

Tensión asignada (KV)	Tensión de ensayo (KV)
127/220	180
220/400	260

Tabla 3 bis.

3.3.8.- Comprobación de aislamiento principal: Medida de descargas parciales.

Este ensayo se realiza y exige sólo para tensiones de servicio > 30 kV se realizará conforme a lo recogido en el capítulo 5 de la UNE 211006.

Se considerará que el cable ha superado el ensayo si se cumplen, simultáneamente, las dos condiciones siguientes:

1. No se detectan descargas parciales atribuibles a defectos locales en el sistema nuevo del cable, sea cual sea el nivel de ruido de fondo remanente tras la aplicación de todas las técnicas de reducción de ruido.

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Ed.4

2. La sensibilidad en la medida de descargas parciales tras la aplicación de todas las técnicas de reducción de ruido es igual o mejor a la establecida en la tabla 4.

Distancia entre el sistema de Medida y el foco de DP	≤ 15 m.	$15 < d < 1.000$ m.	$1.000 < d \leq 1.500$ m.	$d > 1.500$ m.
Señal inyectada	10 pC	100 pC	200 pC	500 pC

Tabla 4.

En el caso de no detectarse en el ensayo descargas parciales, pero la sensibilidad en la medida sea peor que la establecida en esta tabla, los resultados de este ensayo no son concluyentes a efectos de garantizar el estado del aislamiento del sistema del nuevo cable.

4.1.- Resumen de mediciones, ensayos y verificaciones.

Como compendio de todo lo señalado en esta ET, en la siguiente tabla, Tabla 5, se reflejan todas las mediciones, ensayos y verificaciones a realizar en los sistemas de cables aislados, en función del nivel de tensión.

Ed.4

Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008

Apartado ET	Verificaciones y ensayos	Baja Tensión (BT)		Alta Tensión (AT)					
		Sistema tensión ≤ 1 kV		Sistema tensión ≤ 30 kV				Sistema tensión > 30 kV y < 220 kV	
		Nueva	En servicio	Líneas nuevas		Conexión a Línea en servicio		Nueva	En servicio
				L<50 m	L>50 m ó relevantes Ver p.3.3	Nueva L<50 m	Nueva L>50 m		
3.1	Condiciones generales del cable	X	X	X	X	X	X	X	X
3.2.1 3.3.1	Comprobación de continuidad, sucesión e identidad de fases	X	X	X	X	X	X	X	X
3.2.2	Medida de la resistencia de aislamiento. Megger	X							
3.3	Tensión 24 h. 50 Hz., sin carga			X		X	X		
3.3.2	Medida de la continuidad y Resistencia de la pantalla			X	X	X	X	X	X
3.3.3	Ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta				X		X	X	X
3.3.4	Medición de la resistencia de aislamiento principal y de la cubierta. Megger			X		X			
3.3.5	Ensayo aislamiento ppal. VLF c.a.				X		X		
3.3.6	Ensayo aislamiento ppal. Tensión soportada a onda oscilante				X		X		
3.3.7	Ensayo aislamiento ppal. Tensión soportada c.a. a f.i.							X	X
3.3.8	Ensayo aislamiento ppal. Ensayo de descargas parciales							X	X

Tabla 5. Verificaciones y Ensayos.

Además, para redes ≤ 30 kV, todas las Líneas nuevas que partan de empalmes de Líneas en servicio y los sistemas nuevos de L < 50 m., pasaran la prueba real de la tensión soportada de servicio, a 50 Hz., durante 24 h., estando las mismas

**Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de conductores
aislados con pantalla y de BT
ET/RD-DR-00008**

Ed.4

sin carga. El criterio de aceptación será el que no se produzca la perforación del aislamiento durante todo este tiempo.

En las Líneas nuevas, las mediciones, ensayos y verificaciones se llevarán a cabo una vez concluida la instalación del cable y de sus accesorios (empalmes, terminaciones, conectores, etc.) manteniéndose la secuencia de los ensayos descritos.

Anexo 1.- Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de BT.

Anexo 1. Ensayos previos a la puesta en servicio de líneas eléctricas de BT

Denominación de la Obra.-

Proyecto J.

Empresa Instaladora.-

1.- Condiciones generales del cable instalado.

Bien Mal

2.- Comprobación de la continuidad del cable instalado

R Bien Mal

S Bien Mal

T Bien Mal

N Bien Mal

3.- Comprobación de la Sucesión de Fases (si procede)

Bien Mal

4.- Comprobación de la Identidad de Fases (si procede)

Bien Mal

5.- Medida de la Resistencia de Aislamiento (Megger).

Longitud de la Línea m. Sección 3 x+ 1 x mm² Al.

Tensión nominal Uo/U (KV)	Sección del conductor (mm ²)	Ra (MΩ·km) de referencia	Ra (MΩ·km) de medida
0,6 / 1	≤ 25	30	
	>25 y ≤ 95	20	
	> 95	15	

Estas mediciones se realizarán de acuerdo con la ET/RD-DR-00008