



MT 2.33.15
Edición 03
Fecha : Abril 2006

MANUAL TÉCNICO DE DISTRIBUCIÓN

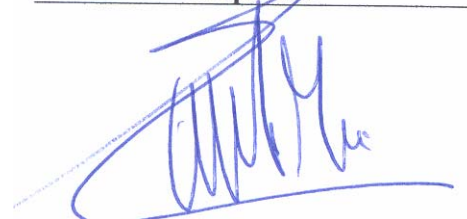
RED SUBTERRÁNEA DE AT Y BT
COMPROBACIÓN DE CABLES SUBTERRÁNEOS

RED SUBTERRÁNEA DE AT Y BT
COMPROBACIÓN DE CABLES SUBTERRÁNEOS

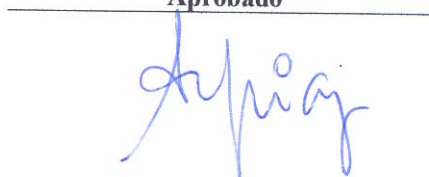
ÍNDICE

	Página
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	2
2 NORMAS DE CONSULTA.....	2
3 VERIFICACIONES Y ENSAYOS.	2
3.1 Ensayos en cables en redes con tensión menor de 1 kV.....	2
3.2 Ensayos en cables instalados en redes de A.T, con tensión hasta 66 kV.	3
4 DESCRIPCIÓN Y MÉTODOS DE ENSAYO.	3
4.1 Medida de la resistencia de aislamiento.	3
4.2 Comprobación de continuidad y orden de fases.....	5
4.3 Ensayo de rigidez dieléctrica del aislamiento de los cables de Baja Tensión... 5	
4.4 Medida de la continuidad y resistencia ohmica de las pantallas.	5
4.5 Ensayo de rigidez de la cubierta de los cables de AT.	7
4.6 Ensayo de descargas parciales.....	8
4.7 Ensayo de tangente de delta (δ).	9
4.8 Ensayo de la medida de la capacidad.	10
5 DOCUMENTACIÓN DE ENSAYOS A ENTREGAR.....	11

Preparado



Aprobado



1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

En este manual se establecen las verificaciones y ensayos a realizar en los cables subterráneos, antes de que sean conectados a la red, para garantizar que superan los niveles mínimos de calidad exigidos en las Normas Particulares de Empresa.

Este manual es aplicable a todos los cables subterráneos de AT y BT a conectar a las redes subterráneas de Iberdrola, hasta un límite de tensión de 66 kV.

2 NORMAS DE CONSULTA

UNE-EN 60.270 Técnicas de Ensayo en Alta Tensión. Medidas de las Descargas Parciales.

UNE-HD 620-1 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 1: Requisitos Generales.

UNE-HD 632-1 Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV ($U_m=42$ kV) hasta 150 kV ($U_m=170$ kV). Parte 1: requisitos generales de ensayo.

UNE 21143 Ensayo de cubiertas exteriores de cables que tienen una función especial de protección y que se aplican por extrusión.

3 VERIFICACIONES Y ENSAYOS.

3.1 Ensayos en cables en redes con tensión menor de 1 kV.

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

- a) medida de la resistencia de aislamiento
- b) comprobación de continuidad y orden de fases
- c) ensayo de rigidez dieléctrica del aislamiento

Las verificaciones y ensayos se llevarán a cabo una vez concluida la instalación del cable y de sus accesorios manteniéndose la secuencia de ensayos.

En el caso de que los ensayos realizados lo hayan sido efectuados con un tiempo superior a 5 meses previa a la energización, se deberán repetir estos.

3.2 Ensayos en cables instalados en redes de A.T, con tensión hasta 66 kV.

Las verificaciones y ensayos a realizar en los cables instalados en redes de A.T, con tensión hasta 66 kV antes de su puesta en servicio, serán los siguientes:

- a) comprobación de continuidad y orden de fases
- b) comprobación de la continuidad y resistencia de la pantalla
- c) ensayo de rigidez dieléctrica en la cubierta
- d) ensayo de descargas parciales
- e) ensayo de tangente de delta
- f) ensayo de capacidad. (Solo aplicable a cables en redes de tensión de 45 kV y 66 kV y en el caso de dudas sobre el buen estado del mismo).

Las verificaciones y ensayos se llevarán a cabo una vez concluida la instalación del cable y de sus accesorios y se realizaran sobre el cable con todos sus accesorios montados.

En el caso de que los ensayos realizados lo hayan sido con un tiempo superior a 5 meses previos a la energización de la línea, se deberán repetir los ensayos a, b y c, si alguno de estos diera un resultado negativo se considerará como una nueva instalación y deberán realizarse todos los ensayos anteriormente descritos.

Se debe mantener la secuencia de los ensayos a, b y c, el resto de los ensayos no es imprescindible secuencia.

NOTAS: Deberá tenerse en cuenta que si se quitan los tapones de los terminales enchufables para la realización de ensayos al volver a montarlos deberán estar limpios y convenientemente impregnados con silicona.

En los casos en los que existan autoválvulas, se deberán desconectar durante las pruebas y volverlas a conectar al finalizar los ensayos.

Se le notificará a Iberdrola, con suficiente anticipación, la fecha de realización de los ensayos; Iberdrola, se reserva el derecho de presenciar dichos ensayos.

4 DESCRIPCIÓN Y MÉTODOS DE ENSAYO.

4.1 Medida de la resistencia de aislamiento.

La resistencia de aislamiento depende de :

- las dimensiones del cable (sección, espesor del aislamiento y longitud del cable)
- la clase o composición del aislamiento
- la humedad del aislamiento

En general, el nivel de resistencia de aislamiento, no es un valor para juzgar la seguridad de servicio del cable, sólo una entrada de humedad causa una reducción de la resistencia que puede afectar la seguridad de servicio del cable.

Debe tenerse en cuenta que los valores de la resistencia del aislamiento de empalmes y terminales, influyen en los resultados de los ensayos correspondientes, por ejemplo, la superficie húmeda de un terminal puede conducir a falsas conclusiones.

Condiciones de ensayo: Con la ayuda de un megóhmetro, con diferentes rangos de escalas, se aplicará una tensión continua de 500 V, durante un tiempo suficiente (entre 1 y 2 min.), para que se obtenga una lectura estable.

La medición de la resistencia del aislamiento se efectuará entre el conductor y pantalla o tierra.

Los elementos de la instalación, ajenos al cable (interruptores, seccionadores, etc.), deben permanecer desconectados con el fin de no falsear los resultados de los ensayos.

Cálculos: La resistencia de aislamiento se calculará mediante la formula siguiente:

$$R_a = \frac{R_m \cdot L}{1000}$$

R_a = resistencia de aislamiento en $M\Omega \cdot km$

R_m = resistencia medida en el ensayo en $M\Omega$

L = longitud del cable, en m.

NOTA.- Los valores así calculados, serán menores que los obtenidos en los ensayos realizados en fábrica, esto es lógico teniendo en cuenta que estamos ensayando un cable ya instalado, con sus terminales, empalmes y sin guardas.

Criterios de aceptación.- Los valores obtenidos no deben ser inferiores a los indicados en la tabla 1 .

Tabla 1

Resistencia mínima del aislamiento de cables con aislamiento seco de un solo conductor con otro concéntrico , pantalla ó tierra.

Tensión nominal U_0/U kV	Sección del Conductor mm^2	Resistencia de aislamiento $M\Omega \cdot km$
0,6/1	≤ 25	30
	> 25 y ≤ 95	20
	> 95	15

4.2 Comprobación de continuidad y orden de fases.

4.2.1 Verificación de la continuidad del cable.

Para verificar la continuidad del cable, se forma un bucle puenteando dos fases en uno de sus extremos, y en el otro se conecta un megóhmetro entre estas dos fases y se aplica tensión. En cables de tres fases, por ejemplo, se comprueba la continuidad de los tres bucles posibles : fases 1-2, 2-3 y 1-3. Una medición elevada de impedancia detectaría la discontinuidad del cable

4.2.2 Verificación de la identificación de las fases.

Para identificar las fases, se pone en un extremo del cable una fase a tierra y en el otro extremo se conecta el megóhmetro, y entre cada una de las fases y tierra y se aplica sucesivamente una tensión de 500 V. La menor de las tres medidas corresponderá a la misma fase en ambos extremos.

4.3 Ensayo de rigidez dieléctrica del aislamiento de los cables de Baja Tensión.

La medición de la rigidez dieléctrica del aislamiento ya se ha efectuado en fabrica, sin embargo se pretende realizar la puesta en servicio del cable con suficientes garantías.

El riesgo de dañar un cable nuevo depende esencialmente de la constante de tiempo en la descarga. **Nunca se deberá descargar el cable que haya sido ensayado bajo tensión cortocircuitándolo.**

Se deberá disponer de un equipo de generador en tensión en continua, se conectará la salida del equipo a una de las fases y la otra salida mediante una conexión de puesta a tierra. El valor de tensión irá incrementándose progresivamente hasta alcanzar el valor de 2,4 kV; dicho incremento se realizará lentamente de tal manera que se pueda controlar la intensidad de carga sin que existan bruscos incrementos de la misma.

Una vez alcanzado el nivel de tensión de prueba se mantendrá esta durante 5 minutos, observándose el nivel de tensión y la intensidad de fuga.

Criterio de aceptación. Se considera el ensayo superado si no se produce ninguna perforación.

4.4 Medida de la continuidad y resistencia ohmica de las pantallas.

La pérdida del campo radial por rotura de la pantalla, genera calor debido a las elevadas corrientes de cortocircuito motivadas por la disminución efectiva de la misma, lo cual puede contribuir a causar deterioros en el aislamiento (estos efectos se pueden encontrar frecuentemente en empalmes mal confeccionados).

4.4.1 Medida de la continuidad.

El método es similar al descrito en el punto 4.2.1. las pantallas de los tres cables se unirán entre sí en un extremo quedando desconectadas de tierra. (verificar que la conexión no introduzca una resistencia adicional.

En el extremo opuesto se conectará un megohmetro entre dos pantallas, realizando las tres combinaciones para garantizar la medida en las tres pantallas.

Criterio de aceptación. El ensayo se considera aceptado, cuando los resultados de medir las pantallas dos a dos , arrojen valores de impedancia baja.

4.4.2 Medida de la resistencia óhmica de las pantallas.

Sin modificar el método operativo antes descrito se procederá mediante un óhmetro con resolución suficiente como para obtener una medida de al menos la centésima de ohmio.

Se realizarán y se anotarán los valores obtenidos en las tres medidas.

Criterio de aceptación. Este ensayo se considera válido cuando denominando A, B, C a los tres valores en Ohmios obtenidos de 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

Los resultados de las resistencia correspondiente a cada fase , se obtendrán de las expresiones.

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

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

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

Se considerará que las pantallas están correctas cuando el valor de la resistencia referenciada a 20°C esté de acuerdo a la tabla 2 :

Tabla 2

Resistencia en $\Omega \cdot \text{km}$ en función de las diferentes secciones de pantallas

Sección de la pantalla en mm^2	Resistencia $\Omega \cdot \text{km}$	Tolerancia $\Omega \cdot \text{km}$
16	1,240	$\pm 0,010$
25	0,779	
75	0,259	

4.5 Ensayo de rigidez de la cubierta de los cables de AT.

Según se describe en la UNE 21143, este ensayo de debe realizar para la comprobación del buen estado de la cubierta después de un tendido o cuando se sospeche que puede haber deterioro del cable tras una obra cercana o presencia de roedores.

Para la realización de este ensayo se requiere que la cubierta exterior tenga un electrodo externo.

El ensayo, se efectúa conectando la pantalla metálica del cable al cable de conexión de salida del equipo de AT, previamente debe ser puesta a tierra la conexión de tierra del equipo al terreno circundante.

En caso de cables en canalizaciones entubadas el sistema a utilizar será el método del puente con montaje Murray (un retorno) o con montaje Glaser (2 retornos) u otro método adecuado.

Una vez desembornadas las pantallas metálicas y separadas de las tomas de tierra en los dos extremos, se aplica tal y como se describe en la norma UNE 21143 apartado 5, una tensión continua de 4 kV/mm de espesor de la cubierta, con un máximo de 10 kV, entre la pantalla y el terreno que lo circunda.

La tensión se incrementará de forma progresiva hasta llegar a los valores de ensayo indicados, anotando los valores correspondientes. El valor indicado se mantendrá durante 1 min.

NOTA: Es condición indispensable, antes de acceder a las terminaciones de los cables, descargar los mismos de las cargas estáticas almacenadas en el condensador que forma cada conductor activo con los demás y con las envueltas metálicas o pantallas. El procedimiento es poner en cortocircuito y a tierra, las terminaciones de los conductores activos y las envolventes metálicas, antes de cada actuación, o bien mediante la utilización de resistencias de descarga.

Criterio de aceptación.- Se considerará el ensayo superado si no se produce ninguna perforación en la cubierta y /o la corriente de fuga no supera 1,5 mA/kM.

Si la cubierta no supera el ensayo o la corriente de fuga supera el valor establecido se procederá a la localización de la avería o averías y su posterior reparación. Una vez reparadas las averías se volverá a repetir el ensayo.

Para una línea nueva o reparación de una línea existente, si a lo largo de 500 m, el numero de reparaciones efectuadas es mayor de dos por cada fase y/o supere el numero de seis por línea se deberá rechazar la línea completa.

4.6 Ensayo de descargas parciales.

El ensayo de descargas parciales se realizará de acuerdo a la norma UNE EN 60885-3 y las definiciones aplicables serán las descritas en la norma UNE EN 60270 apartado 3.

En el caso que, los componentes del ensayo y la carga (cable de energía a ensayar) formaran un circuito oscilante, la frecuencia de ensayo se situara lo mas próxima a la frecuencia nominal de la red de explotación

4.6.1. Equipo de ensayo.

El equipo de ensayo deberá disponer de un nivel de ruido interno suficientemente débil para llegar a la sensibilidad requerida.

La sensibilidad mínima requerida con el equipo alimentado en alta tensión y con los aparatos de medida conectados será menor de 20 pC. (impulso mínimo detectable).

El equipo de ensayo será capaz de reducir perturbaciones externas que no se originan en el objeto del ensayo y que son debidas a emisiones radioeléctricas, maniobras de conmutación en otros circuitos próximos cuando el circuito de ensayo no esta alimentado o por armónicos de orden superior de las tensión de ensayo dentro o cerca del ancho de banda del sistema de medida o descargas parciales en el propio transformador de ensayo, para lo cual se utilizaran los métodos de reducción del nivel, descritos en la UNE EN 60270 anexo G.

Para la localización del punto de descargas parciales se utilizara un reflectómetro en el dominio del tiempo incorporado al equipo de medida de las descargas parciales. La velocidad de propagación debe estar comprendida entre 80-84 m/μsg.

Este valor es fundamental para localizar con exactitud el punto de donde se pudieran ubicar las descargas parciales y poder discriminar si están produciéndose en un empalme o en el cable.

Asegurarse que existe distancia entre el cable o cables de masa (celdas, elementos puestos a tierra) y el cable de inyección de señal.

Las terminaciones deberán estar LIMPIAS DE SUCIEDAD Y HUMEDAD, para lo cual se limpiarán con productos de limpieza adecuados

4.6.2. Calibración del circuito de medida.

Previo a la realización del ensayo se realizará la calibración de circuito de medida equipo mediante un calibrador de referencia inyectando pulsos equivalente a las que producirían una descarga parcial de 500 pC, 2 nC, 5 nC, 10 nC para delimitar el fondo de escala.

4.6.3. Realización del ensayo.

La tensión de ensayo debe aumentarse progresivamente hasta alcanzar $2 U_0$, para reducirla posteriormente. En ambos casos se medirá el valor de las descargas parciales y el valor de la tensión. La medida de descargas se podrá realizar en continuo o en escalones de al menos $0, 0,75 U_0, 1 U_0, 1,5 U_0, y 2 U_0$. Si aparecen valores de descargas parciales significativos, una vez superado el valor de tensión de servicio de la línea se deberá bajar esta hasta obtener el valor en el cual desaparecen las descargas (punto de tensión de apagado de las descargas). Este valor de tensión se consignará en el informe del ensayo.

Es importante verificar la correcta velocidad de propagación.

Criterio de aceptación. Para cable seco se considerará el ensayo superado si no se superan 50 pC, descontado el nivel de descargas debidas al ruido eléctrico.

Si las descargas coinciden en los empalmes o terminales, los valores de la D_p , descontado el nivel de descargas debidas al ruido eléctrico, se elevarán a la siguiente tabla.

Elemento	Aislante	Limite D_p (pC)
Empalmes	Mixto	1.000
	Resina	500
	Silicona/seco	500
Terminaciones	Seco	250

Si no se cumplen estas condiciones, se considerará que no se ha superado el ensayo, procediéndose a la reparación del mismo, ensayándose de nuevo una vez reparado.

Para una línea nueva, si a lo largo de 500 m, el numero de reparaciones efectuadas es mayor de dos por cada fase y/o supere le numero de seis por línea deberá rechazarse la línea completa.

Si el cable nuevo a ensayar se encuentra intercalado en uno previamente existente, se aplicaran los criterios solo del segmento de cable bajo ensayo.

4.7 Ensayo de tangente de delta (δ).

Se denomina así el ensayo para determinar el ángulo de pérdidas dieléctricas.

4.7.1 Equipo de medida.

La forma de onda de tensión aplicada será senoidal simétrica. La medida de la tensión eficaz deberá obtenerse con un error menor que el 4%

Todos los elementos que formen parte del circuito de medida deberán estar exentos de descargas parciales que pudieran interferir en la medida para lo cual los cables de conexión deberán de estar perfectamente apantallados.

4.7.2 Realización del ensayo.

Se determinara el valor de tangente δ a tensión reducida $0,2 U_0$ para posteriormente comprobar su variación a diferentes incrementos de tensión hasta el valor $2 U_0$.

Criterio de aceptación.- Para cables de aislamiento seco:

- El valor de la $\text{tg } \delta$ a $2 U_0$ debe ser $< 1,2 \times 10^{-3}$
- La diferencia de valor de $\text{tg } \delta$ para $2 U_0$ y $1 U_0$, debe ser $< 0,6 \times 10^{-3}$

Si el valor de la $\text{tg } \delta$ y su evolución en función del nivel de tensión, es significativamente distinta en una fase que en el resto, esto indica un problema en esa fase y se considerará el ensayo no superado.

Si el cable nuevo se encuentra intercalado en uno previamente existente, al ser la $\text{tg } \delta$ una medida global del cable, no se considerarán los valores de esta prueba como determinantes a la hora de proceder a la aceptación o no del cable.

Si las pruebas realizadas, superan los valores establecidos en los párrafos anteriores, se procederá a la localización de la avería o averías y su posterior reparación, volviendo a realizar un nuevo ensayo con posterioridad a cada una de las reparaciones realizadas.

4.8 Ensayo de la medida de la capacidad.

Se realizará cuando lo sea requerido en combinación con la medida del ángulo de pérdidas. La medida se realizará entre conductor y pantalla metálica.

Criterio de aceptación.- El valor medido no debe de exceder en un 8% con relación al valor de la capacidad declarada por el fabricante indicará un deterioro del aislamiento y por lo tanto un envejecimiento prematuro del mismo.

Tabla 3

Capacidad orientativa de los cables en función de la sección del conductor y tensión.

tensión	Sección del conductor en mm ²	Valor medido no excederá μ F/km
26/45	185	0,256
	300	0,333
	500	0,410
36/66	185	0,178
	300	0,289
	500	0,348

5 DOCUMENTACIÓN DE ENSAYOS A ENTREGAR.

Toda la documentación generada será en formato electrónico y en ella se hará constar:

Documentación relativa al objeto del ensayo

- Fecha y hora del ensayo
- Plano de cotas, de planta y perfil a escala 1/200 aproximadamente con puntos de referencias fijos y permanentes, en su caso coordenadas GPS, longitud total de la línea detalles de cruzamientos con otros servicios (agua, gas, teléfono, cambios de rasante, etc.), indicando si se tienden por dentro de tubos, por cual se tiende, tubos de reserva y situación de los mismos.
- Identificación del tipo de cable y su fabricante
- Numero y tipo de los accesorios (empalmes, terminaciones) y sus fabricantes, , posición de los mismos en su trazado, así como la empresa que los realizo.
- Tensión de servicio

Documentación relativa a los resultados de ensayos obtenidos.

Para **todos los ensayos** se entregara:

- Datos relativos método de ensayo y resultado del ensayo
- Fecha y hora del ensayo
- Firma del responsable del ensayo.

Para los **ensayos de descargas parciales** se complementará con:

- Identificación de la fase objeto de ensayo
- Valor del nivel de ruido de fondo.
- Medida del valor de tensión en el que comienza la aparición de las descargas parciales (tensión de inyección).
- Medida de valor de tensión en el que desaparecen las descargas (tensión de extinción).
- Grafico de la longitud total de la línea, en los que aparezcan las descargas parciales repetitivas y la magnitud de estas. (No se tendrá en cuenta la aparición de una descarga parcial en cualquier punto porque puede ser debida a una perturbación).
- Frecuencia del ensayo.
- Tensiones de ensayo.
- Capacidad de la línea, en el caso de que se solicite su realización

Para los **ensayos de tangente** de delta se complementará con:

- Grafico de tangente de δ en función de la tensión para cada una de las tres fases de la línea (se identificarán y mostrarán los valores de cada una de las tres fases en un solo grafico) de tal manera que se puedan comparar las pendientes de cada fase.

Para el **ensayo de capacidad** se complementará con:

- Valor de la capacidad de la línea obtenida.