



ENSAYO Y PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

CONSIDERACIONES ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Para no correr riesgos durante el desarrollo de las mediciones, es importante que las personas que realicen labores dentro del campo eléctrico tengan las precauciones necesarias evitando el riesgo eléctrico al realizar cualquier ensayo haciendo uso de **EPP** (Elementos de Protección Personal) que para el ensayo de Resistencia de Aislamiento deben ser como mínimo:


GAFAS DE SEGURIDAD

GUANTES DIELECTRICOS

BOTAS DIELECTRICAS

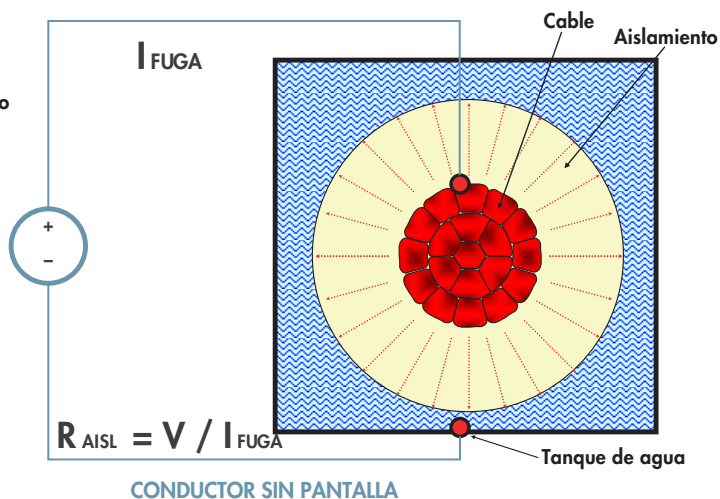
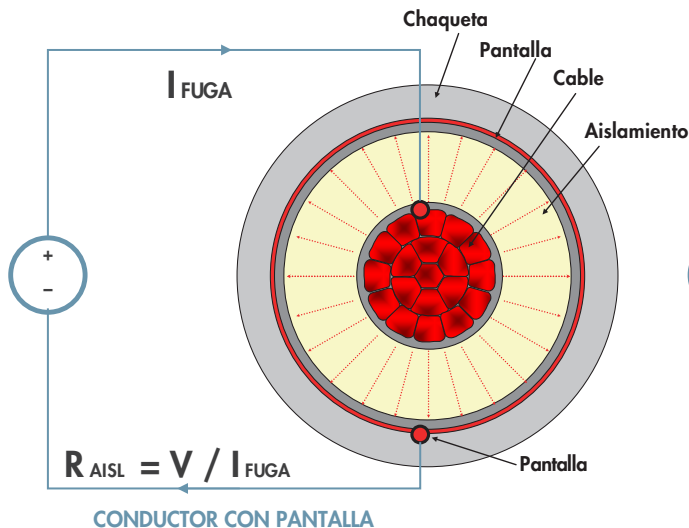
DELIMITACIÓN EN EL LUGAR DE LA PRUEBA

Debido a que en el área de trabajo existe la probabilidad de descarga o contacto eléctrico, se debe hacer la debida delimitación del área, con el fin de evitar que personal ajeno a la labor quede expuesto a la tensión de ensayo.



CONSIDERACIONES SOBRE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DC PARA CABLES

DEFINICIÓN



El equipo utilizado en el ensayo de Resistencia de Aislamiento aplica tensión DC a la muestra o cable bajo prueba. Es importante tener presente que los niveles de tensión DC de ensayo aplicados a un cable deben ser menores a la tensión nominal del cable.

La tensión continua DC en estado estacionario crea dentro del aislamiento un campo eléctrico el cual está determinado por la geometría y conductancia del mismo aislamiento, mientras que, en condiciones de servicio, la tensión de corriente alterna AC crea un campo eléctrico determinado principalmente por la geometría y la constante dieléctrica, lo que implica directamente la capacitancia debida al conductor, el aislamiento y la pantalla.

Al aplicar una tensión (**V**), se crea una diferencia de potencial entre el conductor y la parte externa del aislamiento, dando paso a una circulación de una corriente muy pequeña (**I FUGA**) denominada corriente de fuga, a través del aislamiento.

Por consiguiente, al paso de esta corriente se opone una resistencia (**R AISL**), la cual se conoce como Resistencia de Aislamiento. Si esta resistencia fuera infinita, entonces la corriente de fuga sería cero y en este caso se habla de un aislamiento perfecto. Normalmente esta resistencia es de un valor alto y consecuentemente la corriente de fuga es pequeña.

La Resistencia de Aislamiento depende de varios parámetros, entre otros del material, de la geometría del cable (**espesor de aislamiento, diámetro sobre y bajo el aislamiento**), de la temperatura y de la longitud del cable.

La Resistencia de Aislamiento al paso de corriente continua se define como:

$$R_{AISL} = K \cdot \log_{10}(DA / DB) \cdot FT$$

Donde

- K:** Constante de Resistencia de Aislamiento propia del material referenciada a 15.6°C y expresada en MΩ-km.
DA: Diámetro sobre el aislamiento.
DB: Diámetro bajo el aislamiento.
FT: Factor de corrección por temperatura.

CONSTANTE DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (K)

Constante K de Resistencia de Aislamiento a 15.6°C (MΩ-km)

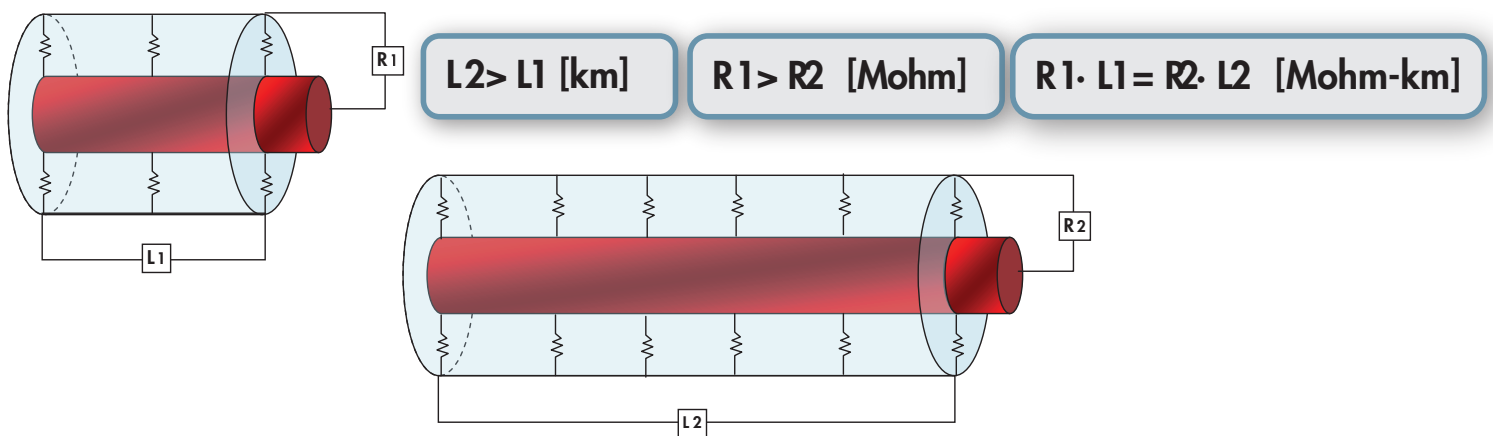
Aislamiento	K
PVC 60°C	152
PVC 75°C	610
PVC 90°C	914
PE	15240
XLPE Media Tensión	6096
XLPE Baja Tensión	3048

Tabla 1.

La temperatura con que se encuentra un material aislante resulta muy importante en el momento de determinar el resultado del ensayo de Resistencia de Aislamiento. Puesto que el comportamiento de la conductividad en los materiales aislantes respecto de la temperatura, difiere del comportamiento de la conductividad en los materiales conductores metálicos, porque en los metales conductores hay numerosos electrones libres, y a mayor temperatura se introduce una alta agitación térmica, lo que reduce el camino de movimiento libre de los electrones implicando la reducción en la movilidad y por lo tanto la conductividad. Sin embargo, en los materiales aislantes, un aumento de temperatura suministra energía térmica, lo que libera portadores de carga adicionales en el material incrementando así la conductividad eléctrica. Esto quiere decir que, al incrementar la temperatura, un material aislante reduce la Resistencia de Aislamiento y un material conductor incrementa la resistencia a la conducción.

Los factores de corrección por temperatura dependen de cada material y los más utilizados se encuentran en la **Tabla 2**.

Un aspecto importante para tener en cuenta es que la Resistencia de Aislamiento en Mohm-km es **INVERSAMENTE** proporcional a la longitud de medida. A continuación, se ilustra de la siguiente manera:



Si la lectura se hace sobre una longitud L determinada a una temperatura T , el valor calculado será:

$$R_{AISL} [\text{M}\Omega\text{-km}] = R_{LEIDO} [\text{M}\Omega] \cdot \text{Longitud} [\text{km}] \cdot FT$$

El cual debe ser mayor que el valor:

$$R_{AISL} = K \cdot \log_{10}(DA / DB) \cdot FT$$

FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA.

Temperatura °C	XLPE (MT)	PVC 105°C	PVC 90°C	XLPE (BT)	PE	PVC 75°C	PVC 75°C
4	0,54	0,44	0,36	0,3	0,2	0,17	0,09
5	0,57	0,47	0,4	0,33	0,23	0,19	0,12
6	0,60	0,51	0,43	0,37	0,27	0,23	0,14
7	0,63	0,55	0,47	0,41	0,31	0,27	0,17
8	0,67	0,59	0,51	0,45	0,35	0,31	0,21
9	0,71	0,63	0,56	0,5	0,4	0,36	0,26
10	0,74	0,68	0,61	0,56	0,46	0,42	0,32
11	0,78	0,73	0,67	0,62	0,53	0,49	0,4
12	0,83	0,78	0,73	0,69	0,61	0,58	0,48
13	0,87	0,84	0,8	0,76	0,7	0,67	0,59
14	0,92	0,90	0,87	0,85	0,81	0,78	0,73
15	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,89
16	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,1
17	1,08	1,11	1,13	1,16	1,22	1,25	1,34
18	1,14	1,19	1,24	1,29	1,4	1,46	1,65
19	1,20	1,28	1,35	1,44	1,61	1,7	2,02
20	1,27	1,37	1,48	1,59	1,85	1,99	2,48
21	1,34	1,47	1,61	1,77	2,12	2,32	3,04
22	1,41	1,58	1,76	1,97	2,44	2,71	3,73
23	1,49	1,69	1,92	2,18	2,8	3,17	4,57
24	1,57	1,82	2,1	2,43	3,22	3,7	5,6
25	1,65	1,95	2,29	2,69	3,7	4,32	6,87
26	1,74	2,09	2,5	2,99	4,25	5,05	8,43
27	1,84	2,24	2,73	3,32	4,88	5,9	10,33
28	1,94	2,41	2,98	3,69	5,6	6,88	12,67
29	2,04	2,58	3,25	4,1	6,43	8,04	15,54
30	2,16	2,77	3,55	4,55	7,39	9,39	19,06

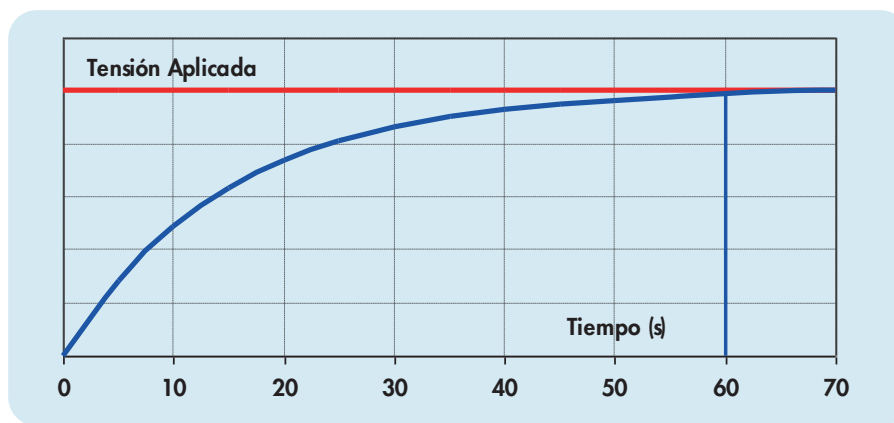
Tabla 2.

TENSIÓN DE APLICACIÓN

Las tensiones de aplicación para la prueba de Resistencia de Aislamiento de acuerdo con las Normas **ICEA** están entre 200 y 500 voltios, sin embargo; se encuentran equipos disponibles con tensiones de aplicación de hasta 5000 V.

PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

Dependiendo del diseño del cable (cable monopolar con pantalla o monopolar sin pantalla) El polo positivo del equipo "Megómetro" se conecta al conductor y el negativo a la pantalla o al tanque del agua. Conforme con la norma, el valor medido por el equipo debe tomarse 60 segundos después de iniciada la aplicación de la tensión de prueba, ya que el cable bajo prueba se comporta como un condensador el cual se va "cargando" y presenta un comportamiento de carga como se indica en la siguiente figura:



VALORES TÍPICOS

Para cables y alambres THHN/THWN-2 los requisitos mínimos son:

Calibre del Conductor	Resistencia de Aislamiento a 15°C	
	MΩ-km	
AWG	14	205
	12	175
	10	180
	8	185
	6	155
	4	155
	2	130
	1/0	130
	2/0	115
	3/0	105
kcmil	4/0	95
	250	105
	350	90
	500	75

Tabla 3.

Para cables de Media Tensión los requisitos mínimos son:

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (GΩ-km) a 15.6°C				
Calibre	15 kV		35 kV	
AWG/kcmil	100%	133%	100%	133%
2	2.1	2.5	-	-
1/0	1.8	2.1	2.8	3.1
2/0	1.7	2.0	2.6	2.9
3/0	1.6	1.9	2.4	2.8
4/0	1.4	1.7	2.3	2.6
250	1.4	1.6	2.2	2.4
350	1.2	1.4	1.9	2.2
500	1.0	1.3	1.7	2.0
750	0.9	1.1	1.5	1.7
1000	0.8	0.9	1.3	1.5

Tabla 4.

DIAGNÓSTICOS

Los ensayos realizados en campo proporcionan información y resultados distintos a los registrados en fábrica.

Calibre del conductor		TIPO DE AISLAMIENTO			
		TW TW 75	TWU TWU 75	THW-2 THHW THHW-LS THW TWN75 THW-LS	THWN-2 THWN THHN T90 Nylon
mm ²	AWG / kcmil	GΩ-m			
2,08	14	45	65	175	205
3,31	12	40	55	150	175
5,26	10	35	45	125	180
8,37	8	35	50	130	185
13,3	6	35	40	135	155
21,2	4	30	35	115	155
26,7	3	25	30	110	145
33,6	2	25	30	95	130
42,4	1	30	30	105	140
53,5	1/0	25	25	95	130
67,4	2/0	25	25	85	115
85	3/0	20	20	80	105
107	4/0	20	20	70	95
127	250	20	20	80	105
152	300	20	20	70	95
177	350	20	20	65	90
203	400	15	15	65	80
226	450	15	15	60	80
253	500	15	15	55	75

Nota: Tabla tomada de la norma **NTC 1332 (Tabla 30)**.

Tabla 5.

•Valores de referencia.

En el caso de la medición de la Resistencia de Aislamiento, los valores medidos en el cable instalado son menores que los valores registrados en fábrica, debido a la presencia de terminales, configuración y estructura de la instalación, presencia de humedad (**condiciones no controladas**), entre otros.

Para la Resistencia de Aislamiento en cable instalado de Baja Tensión, el instructivo Europeo ITC – BT-19, indica algunos lineamientos para la evaluación:

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda el valor anteriormente citado y se pueda fraccionar la longitud del tramo en partes de aproximadamente 100 metros a través de seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación o el tramo ha sido fraccionado, debe presentar la Resistencia de Aislamiento que corresponda de la Tabla 6.

Tensión Nominal de la Instalación	Tensión de Ensayo en Corriente Continua (v)	Resistencia de Aislamiento (MW)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de Protección (MBTP)	250	$\geq 0,25$
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	$\geq 0,5$
Superior a 500 V	1000	$\geq 1,0$

Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36.

Tabla 6.

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la Resistencia de Aislamiento que corresponda.

Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado, se admite que el valor de la Resistencia de Aislamiento de toda la instalación sea, con relación al mínimo que le corresponda, inversamente proporcional a la longitud total, en hectómetros, de las canalizaciones.

El aislamiento se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante un generador de corriente continua capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla anterior con una corriente de 1 mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.

Durante la medida, los conductores, incluido el conductor neutro o compensador, estarán aislados de tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual están unidos habitualmente. Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro, se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndose una vez terminada ésta.

Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fases y el neutro estarán unidos entre sí durante las medidas.

La medida de aislamiento con relación a tierra se efectuará uniendo a ésta el polo positivo del generador y dejando en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición "**paro**", asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción se pondrán en posición de "**cerrado**" y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Todos los conductores se conectarán entre sí incluyendo el conductor neutro o compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del generador.

Cuando la Resistencia de Aislamiento obtenida resulta inferior al valor mínimo que corresponde, se admitirá que la instalación es, no obstante, correcta, si se cumplen las siguientes condiciones:

Cada aparato receptor presenta una Resistencia de Aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la Norma **UNE** que le concierna o en su defecto $0,5 \text{ M}\Omega$.

Desconectados los aparatos receptores, la instalación presenta la Resistencia de Aislamiento que le corresponda.

Para la medida de la Resistencia de Aislamiento entre conductores polares se efectúa después de haber desconectado todos los receptores, quedando los interruptores y cortacircuitos en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida del aislamiento con relación a tierra. Donde se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, comprendiendo el conductor neutro o compensador.

La rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal que; al desconectar los aparatos de utilización (**receptores**), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000$ voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1.500 voltios. Este ensayo se realizará para cada uno de los conductores incluido el neutro o compensador, con relación a tierra y entre conductores, salvo para aquellos materiales en los que se justifique que haya sido realizado dicho ensayo previamente por el fabricante.

Durante este ensayo los dispositivos de interrupción se pondrán en la posición de "**cerrado**" y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Este ensayo no se realizará en instalaciones correspondientes a locales que presenten riesgo de incendio o explosión.

Las corrientes de fuga no serán superiores para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que esta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

Por otro lado, el estándar **EUROPEO** de Iberdrola de comprobación de cables subterráneos **AT y BT, MT 2.33.15**, sugiere:

RESISTENCIA MÍNIMA DEL AISLAMIENTO DE CABLES CON AISLAMIENTO SECO DE UN SOLO CONDUCTOR, CON OTRO CONCÉNTRICO, PANTALLA O TIERRA.

Tensión Nominal U_0/U kV	Sección del Conductor mm^2	Resistencia del Aislamiento $\text{M}\Omega \cdot \text{km}$
0,6 / 1	≤ 25	30
	> 25 y ≤ 95	20
	> 95	15

Tabla 7.

Para diagnosticar el estado del aislamiento, también se recomienda realizar un ensayo de comprobación de índice de polarización.

De otro lado, la norma **400 TM IEEE Guide for Field Testing and Evaluation of the Insulation of Shielded Power Cable Systems** menciona la realización de la prueba de Resistencia de Aislamiento teniendo en cuenta los valores de las constantes **K (constante para material aislante específico)** aplicando una tensión de 500 V dc durante un tiempo de 1 minuto, corrigiendo a una temperatura base de 15,6 °C.

$$R = K \log_{10} (D/d)$$

Donde

R es la Resistencia de Aislamiento del cable expresada en **MΩ**.

K es la constante para material aislante específico.

D es el diámetro exterior del aislamiento.

d es el diámetro sobre el blindaje del conductor.

Los cables con aislamiento termoplástico tipo THHN/THWN reconocen pruebas con un potencial de la C.C. de 500 o 1000 voltios de C.C.

La lectura de la Resistencia de Aislamiento se debe tomar después de 1 minuto para permitir que la lectura se estabilice.

Las lecturas del IR pueden variar grandemente dependiendo de las condiciones ambientales.

Las condiciones tales como humedad, humedad en los conductos, y residuo de sobra en el conductor de tirar compuestos están entre algunos de los factores que influyen lecturas del IR y hacen la detección de problemas más difícil.

La regla siguiente de 2 a 50 megohmios es un buen indicador para utilizar en la evaluación de lecturas del IR, a continuación, se explican:

Aceptable:

Una lectura de metro del megohmio de 50 megohmios o más arriba debe ser considerada aceptable.

Investigue:

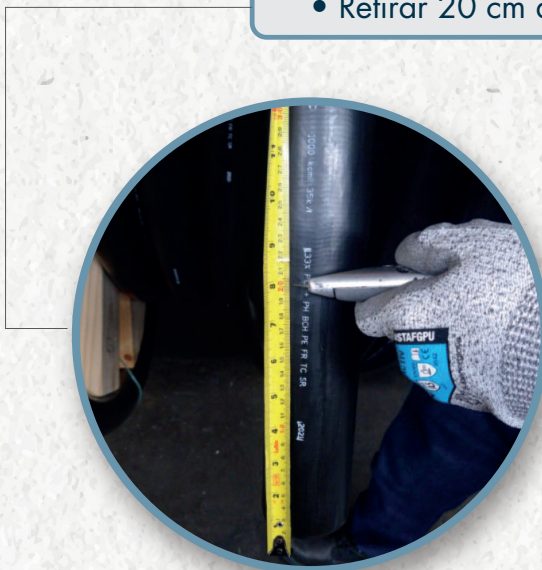
Una lectura de metro del megohmio de 2 a 50 megohmios se puede utilizar para decidir una revisión de la instalación de cable. En la mayoría de los casos, una lectura de 2 a 50 megohmios no indica la calidad del aislamiento, por lo que no se debe tomar como un valor de falla. Estas lecturas se asocian generalmente a longitudes largas, a humedad, o a la contaminación del circuito, donde los extremos de los conductores que son sucios o húmedos pueden necesitar ser limpiados y ser secados correctamente.

Inaceptable:

Las lecturas menos de 2 megohmios indicarán muy probablemente el aislamiento dañado o condiciones de prueba severas.

PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN Y MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN CABLES PARA DE MEDIA TENSIÓN.

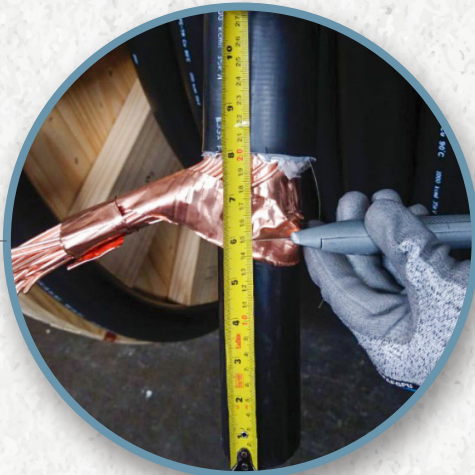
- Retirar 20 cm de la cubierta externa.



- Reunir la pantalla de hilos y/o la pantalla en cinta en un solo grupo, para trabajar sobre la superficie y la segunda capa semi-conductora.



- Retirar 15 cm de la segunda capa semi-conductora.



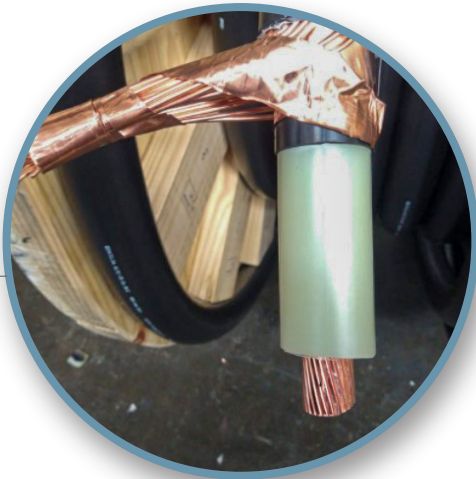
- Verificar que en el momento de la preparación no se haya maltratado el aislamiento (**No RAYAR es aislamiento**).



- Retirar 3 cm de aislamiento y primera capa semi-conductora.



- Dejar el conductor descubierto.



- Conectar el terminal positivo (**rojo**) del equipo a la pantalla del conductor (**pantalla en hilos y/o pantalla en cinta**), el terminal Negro (**negativo**) al conductor.



- Establecer el equipo de prueba para Resistencia de Aislamiento en 500 V en corriente continua.



- Establecer el equipo de prueba para Resistencia de Aislamiento en 1 minuto de prueba.



- Registrar el valor medido.



Notas

- * Posteriormente todas las mediciones deben de ser corregidas a 15,6°C teniendo en cuenta la longitud del tramo.
- * Verificar que al momento de la medición el conductor en el otro extremo se encuentre desconectado de cualquier elemento y que este debidamente preparado.

PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN Y MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN CABLES PARA DE BAJA TENSIÓN.

- Retirar 15 cm de la cubierta externa y/o chaqueta.



- Retirar 3 cm del aislamiento de cada uno de los conductores del cable.



- Dejar el conductor descubierto.



- Repetir el mismo proceso en la otra punta del cable, garantizando que ninguno de los conductores haga contacto con otro.

- Establecer el equipo de prueba para Resistencia de Aislamiento en 500 V en corriente continua.



- Establecer el equipo de prueba para Resistencia de Aislamiento en 1 minuto de prueba.



- Registrar el valor medido.



Nota

* Posteriormente todas las mediciones deben de ser corregidas a 15,6°C teniendo en cuenta la longitud del tramo.



CENTELSA®

by **Nexans**

ELECTRIFY THE FUTURE

**Síguenos en redes sociales
y nuestra página web**

www.nexans.co

