

# ENSAYOS DE INSTALACION DE CABLES SUBTERRANEOS DE BAJA TENSION (0.6/1KV)

## - INFLUENCIA DE LA RESISTENCIA DE AISLACION MINIMA -



Inducor Ingeniería S. A. - Buenos Aires Argentina - [www.inducor.com.ar](http://www.inducor.com.ar)

FRECUENTEMENTE CONSIDERADOS COMO DE BAJA ESTIRPE, Y A DIFERENCIA DE LO QUE OCURRE CON SUS PARES DE MT, LA INSTALACION DE CABLES DE TENSIONES IGUALES O INFERIORES A 1000V, NO POSEE CASI NINGUNA NORMATIVA ESPECIFICA DE ENSAYOS, QUE NOS PUEDA ASEGURAR EL HABER EFECTUADO UN CORRECTO TENDIDO, TENIENDO EN CUENTA LOS FACTORES DE LONGITUD – SECCION Y TIPO DE AISLACION..



### INTRODUCCION:

Contratista y dueños de obras, muchas veces deben recurrir a simples reglas empíricas para dar por aceptado o rechazado las nuevas instalaciones, o para juzgar su estado de mantenimiento, sin olvidar que también, en todo parque solar, los denominados Feeders DC, son precisamente de clase 0.6/1KV -- 300mm<sup>2</sup>, y constituyen las mayores extensiones de cableado subterráneo dentro del predio, superando ampliamente el metraje de sus pares de clase 33KV.

Dado que para la puesta en servicio de cables de BT, ninguna normativa obliga ni sugiere efectuar complejos ensayos de diagnóstico de estado (descargas parciales – tangente, etc.), cabe entonces aquí, la aplicación de la regla conocida como del 80/20, establecida por Wilfredo Pareto (1848-1923), la cual, aplicada al área de ensayos, nos indica que de todos los problemas (100%) que pueden presentarse

en un cable, el 80% de los mismos, se detectan enfocándonos en trabajar en solo el 20% de los errores habituales.

De acuerdo a lo anterior, en cables de BT, el uso y aprovechamiento correcto de un simple instrumento diseñado para mediciones de resistencia de aislación (RA), en el rango de los 500 a 2500Vcc, permitirá darnos la mayor seguridad sobre la condición de un tendido nuevo, antes de su puesta en servicio, y poder certificar su estado en un protocolo de resultados, amparándonos en normativas nacionales e internacionales.

Si bien un megóhmetro, es un instrumento de medida básico y clásico, se recalca la frase anterior: uso y aprovechamiento correcto, pasando a ser esto último, el objeto de este informe.

## ENSAYO DE INSTALACION DE CABLES CLASE 0.6/1KV LA RESISTENCIA MINIMA DE AISLACION

En cables instalados, las mediciones de resistencia de aislación (RA), efectuadas en valores absolutos [xxx MΩ], no tienen demasiado sentido, salvo ante la presencia de un error grosero.

Dado que a mayor longitud, menor será la resistencia de aislación obtenida, para una misma calidad de cable, lo correcto aquí, sería procurar mediciones de resistencia de aislación (RA), que como mínimo tengan en consideración la longitud del tendido, De acuerdo a esto, medir será fácil, pero tomar la decisión de bueno o malo, no resultaría tan simple

Por lo tanto, en cables instalados, debemos descartar aquella idea popular de tomar un megóhmetro, y anotar como valido un resultado en valores absolutos, [MΩ], sin haber tenido en cuenta cuatro factores:

- Longitud del tendido.
- Sección.
- Tipo de aislación.
- Corrección por temperatura.

A partir de aquí, lo correcto se basa en tratar de establecer, si nuestro tendido presenta un valor de Resistencia de Aislación (RA), igual o superior a la **MINIMA RESISTENCIA DE AISLACION**, que debería tener esa instalación en particular, expresada en MΩ / Km.

Fácil de comprender, la toma de decisiones se basará entonces, en determinar si nuestro cable presenta una resistencia de aislación por encima o por debajo de un valor mínimo establecido.

### RESISTENCIA DE AISLACION MINIMA- PROCEDIMIENTO:

Extrapolando valores de tablas establecidas en las antiguas pero aún vigentes IRAM2325 - IRAM 2178, únicamente válidas para cables nuevos de clase 0.6/1KV, y con una desviación de +/-5%, el valor de la RAMINIMA, referida a 20°C, en función a la sección del conductor (mm<sup>2</sup>), y al tipo de material aislante (XLPE-PVC), se resumiría en las siguientes tablas (válidas para cables mayores a 100m).

CABLE TIPO: 06 / 1KV AISLACION XLPE			
SECCION (mm <sup>2</sup> )	RA. MIN ( 20°C) [MΩ x Km]	SECCION (mm <sup>2</sup> )	RA. MIN (20°C) [MΩ x Km]
20	650	100	440
30	600	200	420
40	560	300	400
50	520	400	390
60	500	500	380
70	490	600	375
80	475	700	370
90	450	800	365

TABLA 1: VALORES DE RA MINIMA EN [MΩ x Km], EN FUNCION A LA SECCION DEL CONDUCTOR Y AISLACION XLPE

CABLE TIPO: 06 / 1KV AISLACION PVC			
SECCION (mm <sup>2</sup> )	RA. MIN ( 20°C) [MΩ x Km]	SECCION (mm <sup>2</sup> )	RA. MIN (20°C) [MΩ x Km]
20	5.0	100	3.6
30	4.5	200	3.2
40	4.3	300	3.0
50	4.1	400	2.9
60	4.0	500	2.8
70	3.9	600	2.6
80	3.8	700	2.5
90	3.7	800	2.4

TABLA 2: VALORES DE RA MINIMA EN [MΩ x Km], EN FUNCION A LA SECCION DEL CONDUCTOR Y AISLACION PVC

Para la interpretación de estas tablas, si tomamos a modo de ejemplo, cuál debería ser la RA MINIMA de un tendido nuevo, de 3.7 Km de longitud, clase 06/1KV, de 300mm<sup>2</sup> de sección, con aislación XLPE, el procedimiento sería el siguiente:

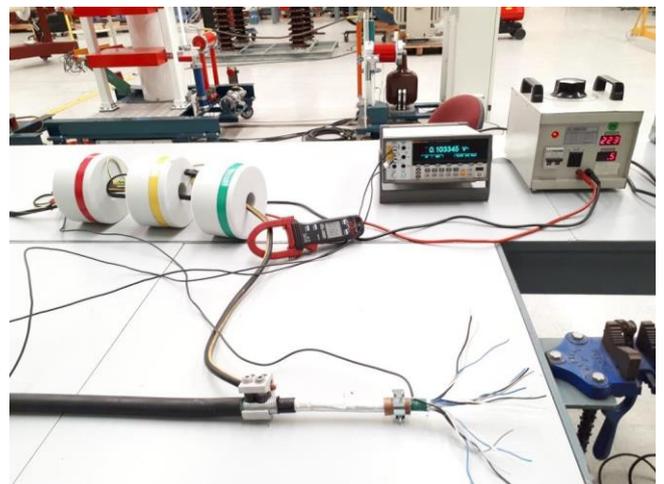
De acuerdo a Tabla 1: RA MINIMA: 400 [MΩ x Km]

Por lo tanto:

$$RA \text{ MINIMA: } 400 [M\Omega \times Km] / 3.7 \text{ km} = 108 \text{ M}\Omega [20^\circ C]$$

Este sería el valor de la RA MINIMA a 20°C, que debería tener nuestro cable nuevo para ser aceptado

Luego, si sobre este tendido de 3.7Km, efectuamos una medición de RA, a una temperatura de 45°C, y nos arrojara un valor de 10MΩ, deberíamos entonces primero referir nuestro resultado a 20°C, para poder compararlo con el RA MINIMO citado anteriormente.



### CORRECCION POR TEMPERATURA:

Dado que la resistencia de aislación disminuye su valor con el aumento de la temperatura del aislante ensayado, se hace necesario corregir el valor medido [MΩ], para referenciarlo a una temperatura llamada de referencia [20°C = φ0], y de esta manera, poder comparar resistencias de aislación obtenidas a distintas temperaturas y en distintas oportunidades.

Como regla general empírica, se toma que la resistencia de aislación se reduce a la mitad por cada 10°C de aumento de la temperatura, y aumenta al doble por cada 10°C de disminución de la temperatura, pero profesionalmente la ecuación de corrección a 20°C, es la siguiente:

$$RA(20^{\circ}C) = K(\Phi) \times RA(\Phi)$$

(Φ): Temperatura a la que se efectuó la medición.  
(cualquier temperatura diferente a 20°C)

K(Φ): Factor de corrección.  
Permite llevar una resistencia de aislación medida a la temperatura (Φ), al valor de la temperatura de referencia: 20°C (Φ o).

Con una desviación de +/-5%, el factor de corrección para cada clase de aislación, se presenta en las siguientes tablas: (únicamente para cables)

AISLACION XLPE / EPR			
(Φ) [°C]	K (Φ)	(Φ) [°C]	K (Φ)
5	0.23	40	7.50
10	0.32	45	12.5
15	0.60	50	20.0
20	1.0	55	32.5
25	1.7	60	50.0
30	2.7	65	85.0
35	4.5	70	148.0

TABLA 3: FACTOR DE CORRECCION K(Φ) PARA CABLES CON AISLACION XLPE

AISLACION PVC			
(Φ) [°C]	K (Φ)	(Φ) [°C]	K (Φ)
5	0.16	40	17
10	0.25	45	35
15	0.53	50	68
20	1.0	55	85
25	2.2	60	250
30	4.2	65	550
35	9.0	70	1000

TABLA 3: FACTOR DE CORRECCION K(Φ) PARA CABLES CON AISLACION XLPE

De esta manera, y continuando con nuestro ejemplo anterior, la corrección a valores de referencia sería la siguiente:

(Φ) [°C]: 45°C (Temperatura durante la medición)  
RA (Φ): 10MΩ (Resistencia medida a esa temp.)

$$RA(20^{\circ}C) = K(\Phi) \times RA(\Phi)$$

$$RA(20^{\circ}C) = K(\Phi) \times RA(\Phi) = 12.5 \times 10 \text{ M}\Omega = 125 \text{ M}\Omega [20^{\circ}C] \text{ (RA corregida a } 20^{\circ}C)$$

Comparación Final: (RA MEDIDA ≥ RA MINIMA)

$$125 \text{ M}\Omega [20^{\circ}C] \geq 108 \text{ M}\Omega [20^{\circ}C]$$

Se comprueba entonces que nuestro valor de RAMINIMA obtenido, corregido a 20°C, supera al valor mínimo establecido en tabla, de 108 MΩ, para 3.7 Km de cable, de 300mm2 con aislación XLPE.

De esta manera y de acuerdo a IRAM2325/ IRAM2178, podríamos confirmar en nuestro reporte de ensayo, que el tendido se encuentra apto para su puesta en servicio, teniendo en cuenta su longitud, tipo de aislación, sección y temperatura corregida.

Para cables multipolares, la medición de resistencia de aislación deberá ser efectuada entre todas las combinaciones posibles, o sea, entre cada conductor y tierra, estando el resto de los conductores a tierra.



#### OTRAS NORMAS: IEC60502-1

Cambiando el enfoque, si nos guiamos ahora de IEC 60502-1, Apart. 19 Electrical Test After Installation, la misma nos dice que en caso de ser requerido (condicional), para la aceptación de cables clase 06/1KV, se deberá realizar un ensayo de tensión en corriente continua, con un valor de (4 x Uo), aplicados durante 15 minutos, luego de los cuales, y para obtener una conclusión satisfactoria, no deberían producirse perforaciones.

Nótese que este ensayo es del tipo HIPOT, con conclusiones únicas del tipo pasa no pasa (no es un ensayo de resistencia de aislación), y no tiene como factor a considerar, la longitud del sistema de cable bajo prueba, su sección o el tipo de aislación.

Bajo esta normativa internacional, la tensión de prueba para un cable clase (rated) 06 /1 KV (Uo/U), será de 2.4KVcc, sostenida durante 15 minutos.

#### OTRAS NORMAS: AEA 95101

Si nos guiáramos de la Reglamentación AEA 95101, (Líneas Eléctricas Exteriores en General), en el Apartado 13.1.2 “Ensayo Dieléctrico del Aislamiento”, la Tabla 13.1: “Ensayos de Tensión Resistida”, obliga (dado que se trata de una reglamentación), a aplicar una tensión de prueba para cables nuevos, de:

En corriente Alterna:

$1.7 \times U_0 = 1.02 \text{ KVca}$  (15 min) Resultado: pasa / pasa

En corriente Continua:

$6 \times U_0 = 3.6 \text{ KVcc}$  (15 min) Resultado: pasa / pasa

Nuevamente aquí se trata de ensayos del tipo HIPOT, o sea aquel ensayo en donde no se obtienen conclusiones de diagnóstico de estado, y su única conclusión posible será siempre si/no.

Una acotación en el escrito, señala que para el ensayo de cables en servicio (mayores a 6 meses de uso), la tensión de prueba será reducida a un equivalente al 66% de las establecidas anteriormente.



#### CONCLUSIONES:

Si bien el ensayo de la Resistencia de Aislación, - coloquialmente conocido como “megado”-, es de fácil realización; sin embargo, cuando es realizado sobre cables instalados de clase 0.6/1KV, la interpretación de sus resultados debería estar correctamente fundamentada.

Nótese que comparando los valores de RA MINIMA establecidos entre las Tablas 1 y 2, y para una misma sección de cable; de no haber tenido en consideración el tipo de aislación, los resultados obtenidos diferirían en hasta un 300%.



El correcto valor de la RA MINIMA, teniendo en cuenta la longitud del tendido, su sección el tipo de aislación y la corrección por temperatura, brinda la posibilidad de una toma de decisión sobre la aptitud de un cableado de BT, para su puesta en servicio.

FUENTE: **INDUCOR INGENIERIA S.A.**  
ELECTRICAL TESTING GROUP

Latin American Sales & Applications

[www.inducor.com.ar](http://www.inducor.com.ar)