

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**UTILIZACION DE LA GOMA SILICONA EN
TERMINACIONES AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA
TENSIÓN**

INFORME DE SUFICIENCIA

ZOSIMO AUGUSTO NÉGREIROS PONTE

PROMOCION 2001-II

LIMA-PERU

2010

Dedicado a:

Zósimo Andrés Negreiros Figueroa; quién dejó a sus seres queridos su invaluable ejemplo de vida: “amor protector, honestidad, integridad, lucha inagotable y generosidad”

María Juana Ponte Carretero; quién me regaló la vida y día a día continúa desvelándose y protegiendo a sus hijos y nietos.

Mis hermanos y familia entera; por permitirme llevar mis apellidos con orgullo y me estimulan a seguir superándome.

Team Eléctrico 3M Perú; por su profesionalismo, desprendimiento y por haberme dado la oportunidad de trabajar en este tema.

INDICE

	Página
PROLOGO	01
CAPITULO I	02
1.1 Antecedentes	02
1.2 Objetivo	04
1.3 Alcance	04
1.4 Limitaciones	05
CAPITULO II	06
CONDUCTORES DE ENERGIA DE AISLAMIENTO POLIMERICO PARA ALTA TENSION	06
2.1 Introducción	06
2.2 Definición de términos técnicos	08
2.3 Estructura de los conductores de media y alta tensión	12
2.4 Tipos de conductores de media y alta tensión	24
2.5 Especificación técnica del conductor unipolar de XLPE 60 kV	27

CAPITULO III

TERMINACIONES PARA CONDUCTORES DE ALTA TENSION	29
3.1 Introducción	29
3.2 Definición de términos técnicos	30
3.3 Materiales usados como aislamiento en terminaciones de alta tensión	33
3.4 La goma silicona	35
3.4.1 La tecnología autocontraíble	35
3.4.2 Comportamiento de la goma silicona frente a la humedad	36
3.4.3 Factores que afectan la característica Hidrofóbica de los materiales	38
3.4.4 Recuperación de la Hidrofobicidad de la goma silicona	38
3.4.5 Comportamiento de la goma silicona frente a los rayos UV	39
3.4.6 Comportamiento de la silicona frente al tracking	41
3.4.7 Formas de controlar el tracking	42
3.5 Funciones de una terminación de alta tensión	43
3.6 Métodos de control de esfuerzo eléctrico	43
3.6.1 Método geométrico (conos de alivio)	45
3.6.2 Método capacitivo (Alta K)	46
3.7 Fortalezas de la tecnología autocontraíble frente a la termocontraíble en terminaciones de alta tensión	49
3.8 Corrección por altura	50
3.9 Preparación del conductor de alta tensión para instalar una terminación	51
3.10 Procedimiento de montaje de una terminación autocontraíble de goma silicona de alta tensión.	53

CAPITULO IV

ESPECIFICACIONES TECNICAS	65
4.1 Introducción	65
4.2 Normas de fabricación y pruebas	65
4.3 Condiciones ambientales	66
4.3.1 Zona costera de “corrosión severa, alta contaminación”	66
4.3.2 Zona interior de “corrosión moderada”	66
4.4 Condiciones de operación	66
4.5 Condiciones generales de suministro	67
4.5.1 Características de los conductores	67
4.5.2 Características de las terminaciones	67
4.6 Garantía de calidad técnica	68
4.7 Especificaciones técnicas del suministro	68

CAPITULO V

PRUEBAS APLICADAS A UNA TERMINACION DE ALTA TENSION	70
5.1 Introducción	70
5.2 Pruebas de la goma silicona como materia prima	71
5.3 Pruebas de diseño y producto terminado	71
5.3.1 Organismos internacionales	71
5.3.2 Pruebas estandarizadas	72
5.3.3 Secuencia típica de pruebas	72
5.3.4 Pruebas adicionales	73
5.3.5 Descripción de las principales pruebas de terminaciones de alta tensión	74

5.4	Resultado de las pruebas realizadas en terminaciones autocontraíbles de alta tensión (60kV)	79
5.5	Protocolo de pruebas típico de terminaciones autocontraíbles 60kV para uso interior / exterior	80

CAPITULO VI

COSTOS DE UTILIZACION 81

6.1 Introducción 81

6.2 Tiempos de instalación 81

6.3 Precios referenciales de terminaciones y costos de montaje 82

CONCLUSIONES 83

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

PROLOGO

El presente informe de suficiencia muestra las características, ventajas y beneficios de la goma silicona como material para ser usado en terminaciones de alta tensión instalados en cables de energía de energía.

En el Capítulo I se abordan los antecedentes de uso de materiales aislantes para alta tensión, también se definen objetivos y alcances del presente informe.

El diseño de la terminación esta supeditado a las condiciones de servicio del cable de energía en el cual se va a instalar, por lo que en el Capitulo II se detallan las características más importantes del cable de energía con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)

En el Capitulo III se analiza el sistema autocontraíble: “terminaciones de goma silicona” tanto en sus funciones como accesorio para anclar los cables de energía de energía en la red eléctrica así como su comportamiento en las diversas condiciones de servicio. Asimismo se detallan las características, ventajas y beneficios de la tecnología autocontraíble que concluyen en facilidad y rapidez en el montaje así como confiabilidad en su servicio.

El capitulo IV se detallan las especificaciones técnicas que deben cumplir las terminaciones considerando las condiciones de servicio tanto operativas de acuerdo a las características de la red eléctrica a la que servirán así como las medioambientales.

En el capitulo V se describen los ensayos a los que son sometidas las terminaciones para garantizar su performance durante su vida útil, son referentes estándares internacionales europeos y norteamericanos.

En el capitulo VI se plantean los costos de utilización considerando tanto las terminaciones como el servicio de montaje.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

Desde los comienzos de los sistemas eléctricos, la porcelana ha sido el material para aislamiento de equipos predominante en Alta Tensión. Sin embargo, en estos días tiene un fuerte competidor que probablemente será el principal material usado en aislamiento en un futuro no muy lejano: el aislamiento polimérico. Existen varios tipos de materiales aislantes poliméricos, entre los que destacan la **silicona** y el **XLPE** de los cables de energía aislados.

Pese a la introducción de los materiales poliméricos hacia la segunda mitad de la década de los 80', el cambio de tecnología ha evolucionado en forma lenta, principalmente, debido a la reticencia de la industria hacia el uso de nuevos productos. Sin embargo, en el último tiempo ha ganado parte importante del mercado y va en franca expansión. En la actualidad, prácticamente, todos los productos en Alta Tensión cuentan con su versión de aislamiento en polímero (incluso en algunos la versión en porcelana prácticamente no se fabrica). Y es que las ventajas del aislamiento polimérico son muchas, destacando la resistencia a los rayos UV, a impactos mecánicos, la disminución del peso, la seguridad de operación y la disminución del impacto ambiental en su fabricación y utilización.

Algunos polímeros son hidro-repelentes (hidrofóbicos) o auto-limpiantes (en presencia de lluvia), que en condiciones de alta contaminación, justifican aún más la migración de aislamiento en porcelana hacia aislamiento polimérico (no requieren ser lavados). Se debe tener cuidado en este punto, debido a que en el mercado existen muchos tipos de aislamientos en polímero, sin embargo, sólo algunas empresas trabajan con la silicona hidrofóbica.

Debido a las ventajas antes mencionadas, el uso de aislamiento polimérico genera un incremento de la confiabilidad en los equipos, tanto desde el punto de vista de la seguridad de operación de un sistema eléctrico (ante pequeñas trizaduras en la porcelana podría ocasionarse una falla, incluso ruptura del equipo), como del punto de vista de la seguridad de los operarios del sistema (en caso de falla la porcelana, a diferencia de los polímeros, podría estallar en pedazos pudiendo dañar a personas que se encuentren cerca del suceso).

En la línea de accesorios para conexión de cables de energía con aislamiento polimérico XLPE se vienen desarrollando empalmes y terminaciones pre-deformados en base a goma silicona como aislante e integrada con otros componentes como controladores de campo eléctrico en una tecnología que es denominada **sistema autocontraíble**.

1.2 Objetivo

Mostrar las ventajas y beneficios de la goma silicona como material para ser usado en terminaciones de alta tensión instaladas en cables de energía de energía eléctrica.

1.3 Alcance

Las terminaciones que analizaremos en detalle son de aislamiento polimérico (goma silicona) integrado con otros componentes predeformados en un sistema denominado autocontraíble, tensión hasta 72.5kV, clase 1, aplicación interior/exterior, instaladas en cable de energía unipolar de aislamiento polimérico XLPE, aprobadas según standards IEEE Std. 48 – 1996, IEC 60840 2004-04.

1.4 Limitaciones

El standard IEEE Std. 48 – 1996 evalúa terminaciones en el rango de 2.5kV a 765kV, el standard IEC 60840 2004-04 evalúa terminaciones en el rango de 30kV a 150kV, como se detalla en el alcance analizaremos las terminaciones en el sistema autocontraíble para una tensión máxima de 72.5kV.

Existen diversos polímeros aislantes en cables de energía de alta tensión entre los mas conocidos: el EPR y el XLPE, el aislamiento del cable de energía referente para el desarrollo del presente trabajo será el polímetro denominado XLPE.

Existen diversos materiales y tecnologías en terminaciones de alta tensión entre los mas conocidos tenemos: la tecnología autocontraíble (aislamiento polimérico de silicona), deslizable (aislamiento polimérico de silicona), termocontraíble (aislamiento polimérico de EVA) y otras tecnologías con aislamientos en base a gas, aceite, porcelana, etc...

Para nuestro análisis de características, ventajas y beneficios tomaremos las tecnologías que marcan la tendencia de uso en nuestro medio: Tecnología autocontraíble Vs. Tecnología termocontraíble.

CAPITULO II
CABLES DE ENERGÍA DE ENERGIA DE AISLAMIENTO POLIMERICO
PARA ALTA TENSION.

2.1 Introducción.

El actual crecimiento de la demanda de energía eléctrica y las distancias a las cuales se tiene que transmitir requieren el manejo de niveles de tensión elevados para lograr una calidad de energía óptima. Por esta razón, los cables de potencia para media y alta tensión han tenido una evolución tecnológica, convirtiéndolos en productos de instalación práctica a nivel residencial, industrial y comercial, adquiriendo así gran importancia en la distribución de energía eléctrica.

Clasificación Nivel de Tensión	kV
Extra Alta Tensión	EAT \geq a 220
Alta Tensión	60 \leq AT < 220
Media Tensión	1 \leq MT < 60
Baja Tensión	0.025 \leq BT < 1
Muy Baja Tensión	MBT < 0.025

Tabla 2.1 Clasificación de los niveles de Tensión(kV)

La tecnología de los cables de potencia se remonta al año de 1880 en la ciudad de New York con la introducción de las lámparas para iluminación (del tipo incandescente) tanto a nivel residencial como urbano, que hicieron necesario el uso

de cables de potencia para la distribución de energía. Con el fuerte incremento del sistema de iluminación, se hizo necesario reemplazar la mayoría de las líneas aéreas por una alternativa de cable que brindara mayor seguridad a los usuarios y menor ocupación del espacio; como respuesta a estos requerimientos surgieron los cables de potencia subterráneos, convirtiéndose en práctica común y natural al principio del siglo XX.

Las primeras versiones del cable para media tensión surgieron con aislamiento en papel impregnado de aceite o caucho vulcanizado. Durante la primera guerra mundial, se le dio un gran uso a los cables de potencia tripolares y aislados en papel impregnado, con tensión de operación hasta 25 kV. Debido a la no uniformidad del cable se generaba una distribución del campo eléctrico inapropiada, de modo que para contrarrestar este efecto se construían los cables con aislamiento bastante grueso.

El Polietileno se utilizó por primera vez como material de aislamiento en cables de radio frecuencia, luego de su descubrimiento en 1933. Hacia 1950 se empleó como material de aislamiento en cables para sistemas de distribución de energía, perfilándose como uno de los materiales que se encargaría de sustituir los anteriores aislamientos, debido a sus reducidas pérdidas dieléctricas y su facilidad de procesamiento. Las décadas siguientes se vieron marcadas por el incremento en el nivel de tensión que se podría manejar con los cables aislados en Polietileno, después de un proceso de reticulación (XLPE). En la actualidad el nivel de tensión más alto que se ha logrado manejar exitosamente con este tipo de aislamiento corresponde a una aplicación de generación de energía en Japón, en la que se manejan 500 kV en un cable aislado en XLPE.

El Caucho de Etileno Propileno EPR (Ethylene Propylene Rubber) aparece como aislamiento en cables para media tensión hacia 1960, con excelente aplicabilidad cuando se requiere mayor flexibilidad que la obtenida en cables aislados con XLPE. La mayoría de las características eléctricas de ambos materiales son similares, aunque el EPR presenta un factor de pérdidas un poco mayor que el XLPE.

La instalación de los cables de energía para alta tensión, puede hacerse a través de canalizaciones, en bandejas portacables o directamente enterrados

2.2 Definición de términos técnicos.

Conductor.- Alambre o conjunto de alambres; no aislados entre si, destinados a conducir la corriente eléctrica. Los materiales usualmente utilizados son el cobre y el aluminio. La tabla muestra algunas de las características más importantes del cobre y del aluminio que se emplean en los cables para media y alta tensión.

		COBRE SUAVE	ALUMINIO 1350
Densidad	g/cm ³	8,89	2,705
Resistividad	Ω - mm ² /km	17,241	28,172
Conductividad	(%IACS)	100,0	61,2
Tensión de Rotura	MPa	220	155 - 200
Elongación a Rotura	%	25 - 30	1,4 - 2,3
Norma ASTM (NTC)		B3 (359)	B230 (360)
Resistencia a la Corrosión		Excelente	Buena

Tabla 2.2 Comparativo características de Cu Vs Al.

Alambre no aislado.- conductor desnudo formado por una sola hebra.

Conductor cableado no aislado.- conductor desnudo formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí.

El cableado de un conductor consiste en el número de hilos que este debe poseer, según el calibre y los parámetros mecánicos como la flexibilidad. La clase de cableado B es usada como estándar en los cables para media y alta tensión, pues presenta unas propiedades adecuadas para estas aplicaciones. La figura 2.1 muestra la sección transversal de un conductor calibre 2 AWG conformado por 7 hilos (cableado clase B).

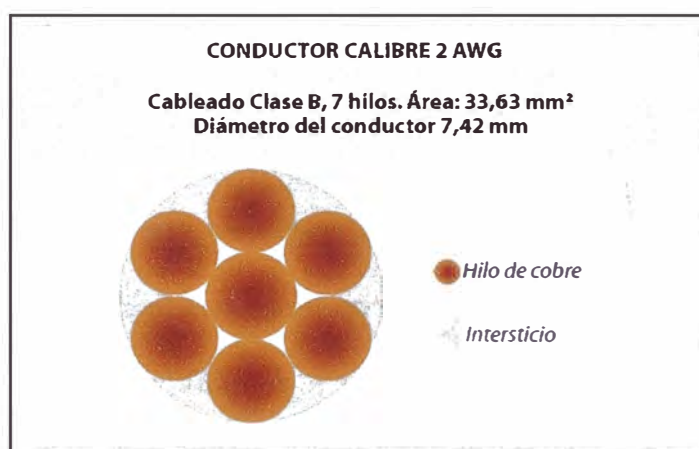


Figura 2.1 Conformación de conductor de cu (Cableado clase B)

A los espacios libres que quedan entre hilos adyacentes de una misma capa, se le conoce como intersticios del conductor. La forma de la reunión de los hilos siempre es helicoidal; sin embargo, la posición y forma de los hilos durante el proceso de reunión (cableado) puede ser controlada con el fin de reducir la extensión de los intersticios. Las normas de fabricación ASTM y NTC incluyen dos tipos de cableado denominados comprimido y compactado, en los cuales conservando el área de conductor se puede reducir el diámetro final hasta a un 97% y un 93% respectivamente, como se muestra en las figuras.

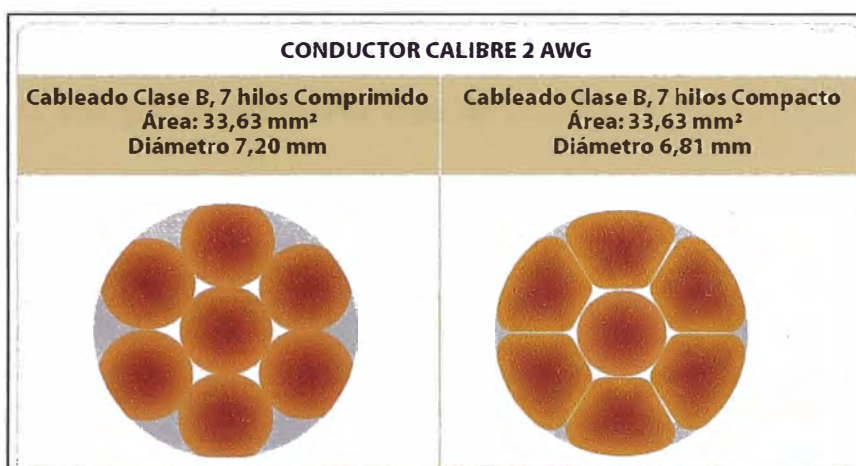


Figura 2.2 Conformación de conductor de Cu Comprimido Vs Compacto

Para seleccionar el conductor se debe tener en cuenta tanto la capacidad de corriente de operación como de corto circuito, porque asociadas a ellas está la temperatura que alcanzará el conductor en un instante determinado, la cual debe ser soportada por los materiales plásticos que rodean al conductor.

Sección geométrica.-es la sección recta de un alambre ó la suma de las secciones rectas de cada uno de los alambres expresada en mm²

Sección nominal.- es el valor redondeado que se aproxima al geométrico y que se utiliza para la designación del conductor, expresada en mm²

Sección eléctrica.- es el valor de resistencia máximo fijado por la norma en ohm/Km a 20° C, por lo tanto es el único que garantiza un correcto comportamiento del conductor en cuanto al transporte de energía.

Cable de energía Unipolar.- conformado por un conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.

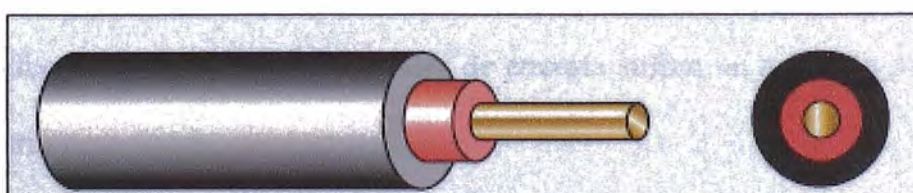


Figura 2.3 Cable de energía unipolar

Multiconductor.- Cable de energía de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envuelta cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.

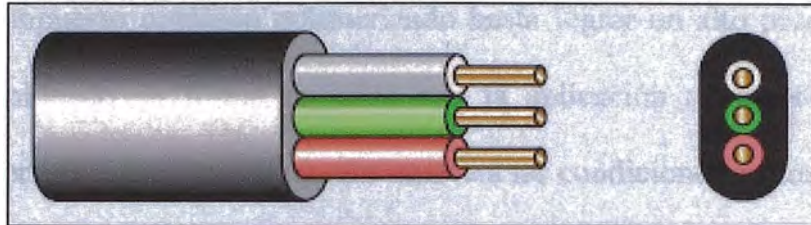


Figura 2.4 Cable de energía multipolar

Cable de energía Tripolar.- Multiconductor formado por 3 cables de energía.

Tensión Nominal.- Es la tensión de operación permanente del conductor en condiciones normales de servicio.

Clase de Aislamiento (V).- Es la tensión nominal de línea para la cual está diseñado el cable de energía.

Tensión de Diseño a Tierra (V_0).- Es la tensión nominal de fase (entre pantalla y tierra), a la cual puede operar continuamente un cable de energía sin sufrir deterioro alguno en condiciones normales de operación.

Tensión de Impulso (BIL: Basic Insulation Level).- Es el valor de cresta de la tensión de impulso de forma de onda especificada.

Corriente Máxima Admisible.- Es el máximo valor que puede soportar permanentemente el cable de energía y sus accesorios.

Corriente térmica nominal de Cortocircuito.- Es el valor medio eficaz de la componente asimétrica de la corriente de cortocircuito al producirse la falla, la cual debe ser liberada antes de que los cables de energía sufran un aumento peligroso de temperatura.

Corriente dinámica nominal de Cortocircuito.- Es el valor de cresta de la corriente de corta duración, que puede soportar el conductor sin sufrir daño mecánico, como consecuencia de los esfuerzos electrodinámicos a que esta sometido.

Plástico.- Compuesto orgánico polimerizado hasta lograr un alto peso molecular y puede ser moldeado en forma definida con la aplicación de calor o presión (o ambos), conservando esta forma cuando vuelve a las condiciones normales.

Termoplásticos.- Se reblandece por medio del calor, endureciéndose nuevamente al enfriarse. El grado de reblandecimiento depende principalmente de la temperatura alcanzada y no de la duración del proceso. Ejemplo: policloruro de vinilo, polietileno lineal.

Termoestables.- Material que en el proceso de fabricación es sometido a calor y presión, produciéndose un cambio químico y la obtención de enlaces entrecruzados. Como consecuencia de este cambio químico, el material no se reblandece al volver a aplicarle calor, pero se puede quemar si se calienta en exceso. Ejemplo: Polietileno Reticulado (XLPE), Goma de etileno propileno (EPR)

2.3 Estructura de los cables de energía de media y alta tensión

Los cables de energía de media y alta tensión están constituidos por los elementos siguientes:

a.- Conductor de cobre rojo suave. Formado por varios hilos, es una cuerda redonda compacta para obtener así una superficie lisa y un diámetro reducido respecto a una cuerda normal.

b.- Pantalla interna: Capa semiconductor. Esta capa de material se encuentra en contacto directo con el conductor, está conformado por un material termoestable

(generalmente Polietileno con característica semiconductor) que se encarga de recubrir al conductor cableado, penetrando en los intersticios entre los hilos de la capa exterior del conductor para darle una forma circular al mismo. Esta capa de material también es conocida como Primera Capa Semiconductor.

Este primer material semiconductor se encarga de que el campo eléctrico sea radial a partir de su superficie, evitando concentraciones puntuales de campo, obteniéndose así una superficie equipotencial (equilibrio de cargas eléctricas) alrededor de esta primera capa. Si se aplicara el aislamiento directamente sobre el conductor sin el material semiconductor, éste sufriría los efectos del elevado campo eléctrico en los intersticios del conductor (efecto corona) que ionizaría el aire contenido en los mismos generándose microdescargas, como consecuencia disminuirían la capacidad del mismo pudiendo incluso perforarlo. La figura muestra la distribución del campo eléctrico para un cable recubierto con el blindaje semiconductor.

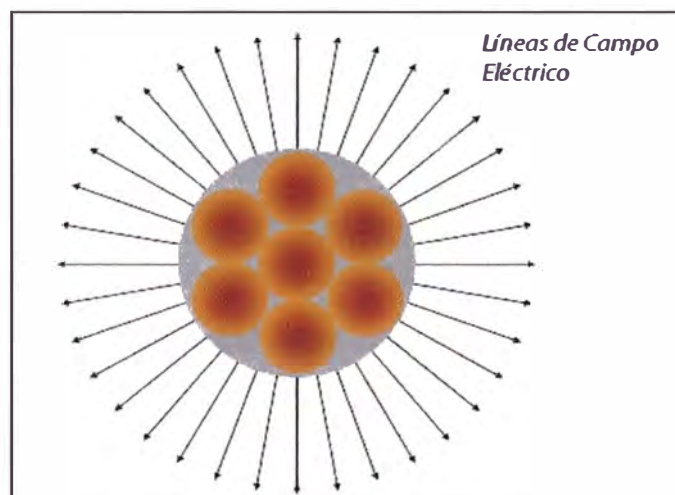


Fig 2.5 Líneas de campo eléctrico en un conductor de sección circular.

c.- Aislamiento. En las líneas para media y alta tensión aéreas, el elemento aislante empleado es comúnmente el aire, sin embargo, para estos casos se requiere de una separación entre fases (e incluso el neutro) de acuerdo con las características del sistema. En los cables para media y alta tensión los niveles de voltaje y los espacios reducidos que se manejan hacen necesaria la presencia de un medio aislante que sea capaz de brindar la rigidez necesaria contra las fugas de corriente, fallas entre fases (neutro) del sistema y que pueda confinar el campo eléctrico producido por el conductor al interior de él mismo.

	DISTANCIAS HORIZONTALES DE SEGURIDAD (cm)
Conductores de comunicación expuestos	15 ⁽¹⁾ 7,5 ⁽²⁾
Alimentadores de vías férreas	
0 a 750 V No. 4/0 AWG o mayor calibre.	15
0 a 750 V calibre menor de No. 4/0 AWG	30
Entre 750 V y 8,7 kV.	30
Conductores de suministro del mismo circuito.	
0 a 8,7 kV	30
Entre 8,7 y 50 kV	30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV
Más de 50 kV	Ningún valor especificado
Conductores de suministro de diferente circuito ⁽³⁾	
0 a 8,7 kV	30
Entre 8,7 y 50 kV	30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV
Entre 50 kV y 814 kV	72,5 más 1 cm por kV sobre 50 kV

Tabla 2.3 Distancia horizontal entre conductores soportados en la misma estructura de apoyo

		CONDUCTORES A MAYOR ALTURA		
		CONDUCTORES DE SUMINISTRO A LA INTemperIE (TENSIÓN EN kV)		
CONDUCTORES Y CABLES A MENOR ALTURA	Conductores y cables de comunicación.	HASTA 1 kV	ENTRE 7,6 Y 66 kV	
	a. Localizados en el apoyo de empresa de comunicaciones.	0,4	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV.	
	b. Localizados en el apoyo de empresa de energía.	0,4	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV.	
	Conductores de suministro eléctrico a la mtemperie	Hasta 1 kV	0,4	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV
		Entre 1 kV y 7,6 kV	No permitido	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV
		Entre 11,4 kV y 34,5 kV	No permitido	0,6 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV
Entre 44 kV y 66 kV		No permitido	0,6 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV	

Tabla 2.4 Distancia vertical mínima en metros entre conductores sobre la misma estructura.

Tensión Nominal del Sistema (Fase – Fase)	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida [m] Incluye movimientos involuntarios	Límite de aproximación técnica [m]
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
51 V – 300 V	3,00	1,10	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3,00	1,10	0,30	0,025
751 V – 15 kV	3,00	1,50	0,66	0,18
15,1 kV – 36 kV	3,00	1,80	0,78	0,25
36,1 kV – 46 kV	3,00	2,44	0,84	0,43
46,1 kV - 72,5 kV	3,00	2,44	0,96	0,63
72,6 kV – 121 kV	3,25	2,44	1,00	0,81
138 kV - 145 kV	3,35	3,00	1,09	0,94
161 kV - 169 kV	3,56	3,56	1,22	1,07
230 kV - 242 kV	3,96	3,96	1,60	1,45
345 kV - 362 kV	4,70	4,70	2,60	2,44
500 kV – 550 kV	5,8	5,80	3,43	3,28

Tabla 2.5 Límites de aproximación a partes energizadas de equipos

En principio, las propiedades de los aislamientos usados en los cables para media tensión cumplen con todos los requisitos para su correcto desempeño. Sin embargo, existen características tanto eléctricas como mecánicas que destacan uno u otro tipo de material.

Tensión Nominal E (kV)	Tipo de Aislamiento	Temperatura del Conductor (oC)	
		Servicio Normal	Cortocircuito
15kV	PVC	70	160
	Polietileno Lineal	75	155
	Polietileno reticulado XLPE	90	250
	Goma EPR	90	250

Tabla 2.6: Capacidad térmica según tipo de aislamiento en 15kV.

El Polietileno de cadena cruzada o XLPE (Cross-Linked Polyethylene) es el tipo de material de aislamiento mas usado en los cables para media y alta tensión. El caucho de etileno propileno o EPR (Ethylene Propylene Rubber) es usado en menor proporción; ambos son materiales a los cuales se les aplica el proceso de reticulación (vulcanización), por medio del cual se logra que los materiales adquieran características termoestables.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	XLPE	EPR
Rigidez dieléctrica	kV/mm	25	25
Permitividad Eléctrica		2,1	2,3
Factor de Pérdidas (Tangente Delta)	%	0,1	1,5
Constante de Aislamiento	Mohm-km	6100	6100
Resistencia a la Ionización		Buena	Muy Buena
Resistencia a la Humedad		Muy buena	Excelente
Color		Traslúcido opaco	Rojizo
Temperatura de Operación	°C	90	90
Temperatura Máxima de Sobrecarga*	°C	130	130
Temperatura Máxima en Corto circuito**	°C	250	250
Principales Ventajas		Bajo factor de pérdidas	Flexibilidad

* Los tiempos de operación en sobrecarga no debe exceder 1500 horas acumuladas durante la vida útil del cable. Adicionalmente es recomendable que los periodos continuos en sobre carga no excedan dos horas.

** Los tiempos de duración de un corto circuito son normalmente menores a un segundo

Tabla 2.7: Comparativo características del XLPE Vs. EPR

Constante de Aislamiento.- Mide la capacidad del material para oponerse a la corriente de fuga. Entre mayor sea la constante de aislamiento menores serán las fugas de corriente entre el conductor y el apantallamiento. Dependiendo del valor de la constante de aislamiento será el valor final de la resistencia de aislamiento.

Permitividad Eléctrica.- Esta variable mide la capacidad de un material para permitir el almacenamiento de cargas ó fugas de corriente por efectos capacitivos. La permitividad eléctrica se define como la relación entre la capacitancia que tiene el cable para Media Tensión aislado con cierto tipo de material y la capacitancia teórica que el cable tendría si el medio aislante fuese el vacío. Entre menor sea este parámetro, menor será la capacitancia del cable, y por ende menos fugas.

Capacitancia.- Mide la capacidad de almacenamiento de carga entre el conductor y la pantalla debido a la diferencia de voltaje entre ambos. Esta capacitancia se ve reflejada en el sistema como fugas de corriente.

Factor de Pérdidas o Tangente Delta.- Este parámetro mide las fugas de corriente en el cable para Media Tensión, debido tanto a los efectos resistivos como a los efectos capacitivos del aislamiento.

Temperatura de Operación, de Sobrecarga y de Corto Circuito.- El aislamiento XLPE y el EPR tienen una temperatura de operación máxima de 90°C, una temperatura máxima en estado de sobre carga de 130°C y de 250°C en corto circuito. Si se superan estos valores de temperatura durante intervalos de tiempo no adecuados implicaría condiciones de operación riesgosa que pondrían en peligro las características y el desempeño del cable de energía.

En el mercado se ubica una opción de aislamiento XLPE-TR (Cross-linkable Polyethylene, Tree Retardant) Polietileno reticulado que ofrece un comportamiento mejorado con respecto a la formación de arborescencias.

El espesor del aislamiento depende del nivel de tensión de diseño del cable de energía, tal como se muestra en la tabla 2.8

Vo/V de diseño	mm
3.6 / 6	2.5
6 / 10	3.4
8.7 / 15	4.5
12 / 20	5.5
18 / 30	8
60	17

Tabla 2.8: Espesor de aislamiento polimérico XLPE según el nivel de tensión.

Cabe señalar que el cable de energía de aislamiento de papel NKY para Media Tensión esta prácticamente discontinuado en nuestro medio.

d.- Pantalla Externa (Segunda Capa Semiconductora): Es una capa de material que recubre al aislamiento (material extruido de polietileno semiconductor y/o cinta de tela). Su objetivo es:

- Permitir el confinamiento homogéneo de las líneas del campo eléctrico al interior del aislamiento (esta es una función complementaria a la de la primera capa semiconductora que recubre al conductor).
- Lograr una distribución simétrica y radial del esfuerzo eléctrico en el aislamiento.
- Evitar la presencia de espacios vacíos ionizables entre el aislamiento y la pantalla metálica.
- Limitar la influencia mutua entre cables de energía próximos.
- Evitar el peligro de electrocución.

De acuerdo con las prácticas de instalación, este material puede estar firmemente adherido al aislamiento o puede ser de fácil remoción, siendo este último caso el más usado por las empresas distribuidoras de energía.

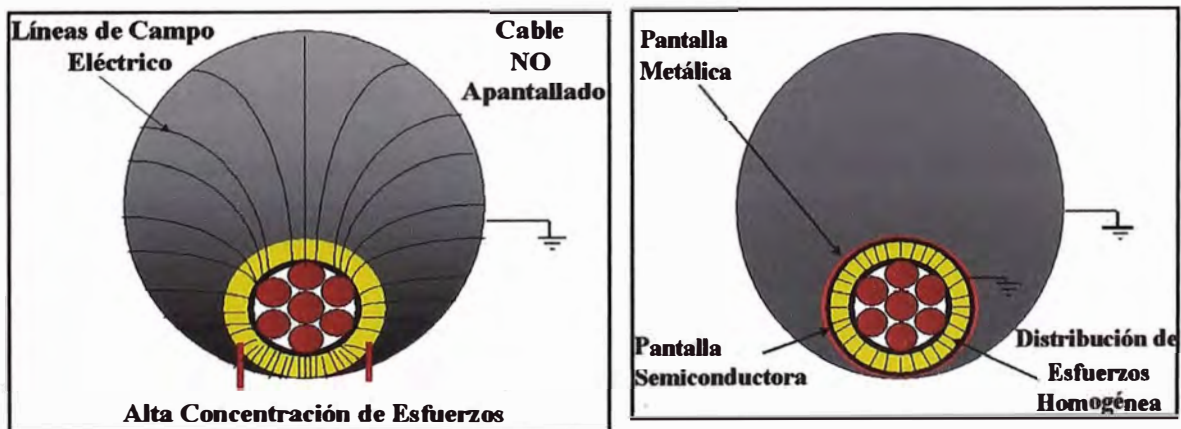


Figura 2.6 Control de campo eléctrico con pantallas semiconductoras.

Triple Extrusión

El proceso de aplicación del material de aislamiento sobre un conductor se conoce como extrusión. En los cables para media y alta tensión tanto el aislamiento como el blindaje del conductor (primera semiconductora) y blindaje del aislamiento (segunda semiconductora) son aplicados de forma simultánea formando tres capas concéntricas, en su orden: blindaje del conductor, aislamiento y blindaje del aislamiento. Este proceso es conocido como Triple Extrusión Simultánea y garantiza tanto la pureza de los materiales como el contacto entre capas.

e.- Pantalla de puesta a tierra.

El apantallamiento es un elemento metálico no magnético que se coloca sobre el blindaje del aislamiento con el fin de complementar las funciones de este último y permitir el proceso de puesta a tierra. Por otra parte, cuando se requiere manejar corrientes de neutro, se adiciona área de cobre y entonces la pantalla sirve adicionalmente como conductor de neutro. El elemento metálico está hecho de cobre y puede presentarse en las tres configuraciones siguientes:

Pantalla de cinta de cobre.

Consiste en una pantalla de cinta de cobre que se aplica de forma helicoidal sobre el blindaje del aislamiento recubriéndolo en su totalidad (traslapado) o en forma parcial (abierta).

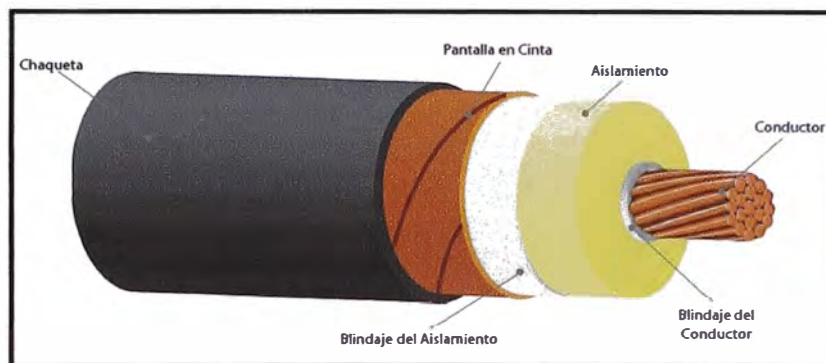


Figura 2.7 Cable de energía XLPE con pantalla de puesta a tierra con cinta de Cu.

Pantalla de hilos de cobre.

La pantalla de hilos de cobre, como su nombre lo indica está conformada por una cantidad de hilos de cobre distribuidos uniformemente sobre el blindaje del aislamiento. Básicamente el conjunto total de hilos debe superar un área mínima requerida por la normas de fabricación. De acuerdo al perímetro del cable aislado dependerá la cantidad de hilos que se colocarán como pantalla.

Pantalla de neutro concéntrico.

Este tipo de pantalla corresponde a un conjunto de hilos de cobre que además de ejecutar la función de blindaje actúan como conductor de neutro en el sistema. De acuerdo a la configuración eléctrica del mismo, se poseen diferentes alternativas para el neutro, uno de los más utilizados en sistemas trifásicos es el Neutro Concéntrico al 33% que significa que los hilos de la pantalla suman un área equivalente a $1/3$ (un tercio) del área del conductor de fase y que en conjunto con las dos fases restantes del sistema suma un área de neutro equivalente al área de la sección transversal del conductor de fase. Para sistemas monofásicos suele utilizarse el Neutro Concéntrico 100% que significa que los hilos de la pantalla suman un área equivalente al área de la sección transversal del conductor.

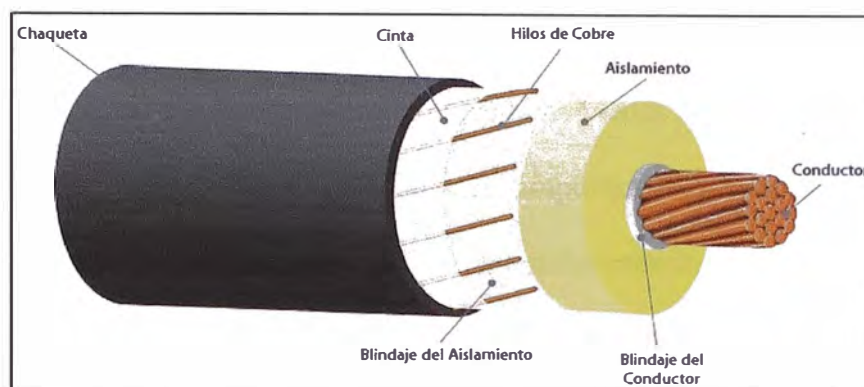


Figura 2.8 Cable de energía XLPE con pantalla de puesta a tierra con hilos de Cu.

Es importante tener presente la capacidad de corriente de corto circuito del apantallamiento, de la misma forma en la que se tiene en cuenta la capacidad de corriente de corto circuito para el conductor. Esta capacidad viene dada por el contenido de cobre y los materiales que están en contacto directo con la pantalla. En condiciones de corto circuito la temperatura del material del apantallamiento o de la chaqueta (materiales que eventualmente estarán en contacto con la pantalla metálica) puede crecer rápidamente debido a los niveles de corriente que se alcanzan en la falla y dado que estos materiales tienen una temperatura límite, ésta no debe ser sobrepasada so pena de daños irreversibles en el cable.

f.- Armadura. El cable de energía puede o no llevar este componente. Es recomendable su uso como protección mecánica y seguridad eléctrica en el caso de instalación del cable de energía directamente enterrado. Se coloca normalmente debajo de la cubierta exterior y esta constituida por flejes de acero o alambres de acero galvanizado enrollados helicoidalmente.

g.- Cubierta o Chaqueta Exterior. La chaqueta es el elemento que recubre el cable y que quedará finalmente expuesto al medio, por tal motivo, el material de la chaqueta debe cumplir con los siguientes aspectos:

Resistencia a la humedad.- Asociada con la capacidad del material para impedir la penetración de la humedad al interior del cable para Media Tensión.

Retardante a la propagación de llama.- Es importante en aquellas instalaciones donde el cable estará instalado en bandejas o en ambientes de posible conflagración.

Resistencia a los rayos UV.- Es importante en aquellas instalaciones en donde el cable recibirá la radiación solar de forma directa o en intervalos de tiempo extendidos.

Resistencia al impacto y abrasión.- Es importante para aquellos ambientes en los cuales el cable para Media Tensión se expone a posibles impactos, deformaciones o rozamientos inherentes al proceso para el cual prestan servicio. Dependiendo de la instalación puede requerir armaduras o elementos mecánicos de protección.

Resistencia a los hidrocarburos.- Describe el comportamiento del material de la chaqueta frente a la acción de agentes externos como los compuestos derivados del petróleo (gasolina, cetonas, etc.) que pueden estar presentes dependiendo del sitio de instalación.

La tabla presenta el comparativo entre los diferentes materiales empleados en la fabricación de la chaqueta de los cables para Media Tensión:

PROPIEDADES	PVC	PE
Eléctricas	B	E
Flamabilidad	MB	R
Flexibilidad	E	B
Bloqueo Humedad	B	E
Resistencia al Agua	MB	E
Resistencia a la Abrasión	MB	MB
Resistencia a los Hidrocarburos	MB	MB

E: Excelente MB: Muy Bueno B: Bueno R: Regular D: Deficiente

Tabla 2.9 Propiedades del PVC Vs el PE

2.4 Tipos de Cables de energía de media y alta tensión.

La nomenclatura de los cables de energía de media tensión se basa en el orden de sus componentes, los cuales son designados con letras de alfabeto. Cada letra indica un componente del cable de energía.

Las letras normalizadas (VDE, ITINTEC) para la designación de los cables de energía en nuestro medio son:

- N:** Cable de energía con conductor de cobre.
- NA:** Cable de energía con conductor de aluminio.
- Y:** Aislamiento de PVC de media tensión.
- 2Y:** Aislamiento de polietileno lineal.
- 2X:** Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).
- S:** Pantalla de cinta de cobre.
- SA:** Pantalla de cinta de aluminio.
- C:** Pantalla de hilos de cobre.
- E:** Cable de energía tripolar (pantalla en las tres fases).
- Y:** Chaqueta externa de PVC.

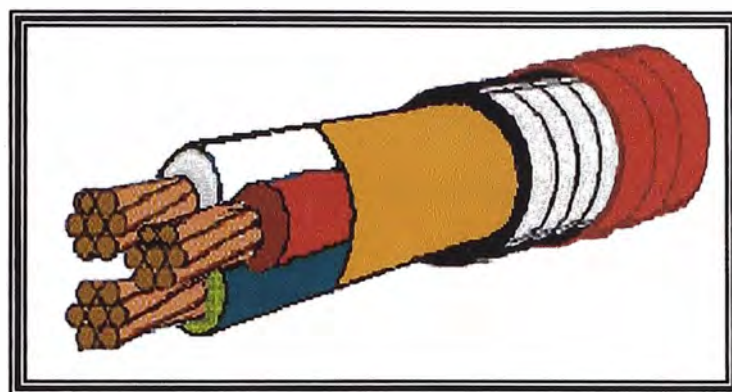
Para instalaciones subterráneas, los cables de energía más conocidos son:

- **NYSY:** Cable de energía formado por un conductor de cobre recocido, aislamiento de PVC, pantalla de cintas de cobre y chaqueta externa de PVC.
- **N2YSY:** Cable de energía formado por un conductor de cobre recocido, aislamiento de PE lineal, pantalla de cintas de cobre y chaqueta externa de PVC.
- **N2XSY:** Cable de energía formado por un conductor de cobre recocido, aislamiento de XLPE, pantalla de cintas de cobre y chaqueta externa de PVC.

- **N2XSEY:** Cable de energía formado por tres conductores de cobre recocido, aislamiento de XLPE, pantalla de cintas de cobre en cada fase y chaqueta externa común de PVC.

Para instalaciones aéreas, los más conocidos son:

- **N2XS2Y – S:** Conjunto de tres cables de energía unipolares reunidos en espiral alrededor de un elemento portante formado por una cuerda de acero galvanizado y forrado con polietileno, cada cable de energía unipolar está formado por un conductor de cobre recocido, aislamiento de XLPE, pantalla de cintas de cobre y chaqueta externa de PE.
- **NA2XSA2Y – S:** Conjunto de tres cables de energía unipolares reunidos en espiral alrededor de un elemento portante formado por una cuerda de acero galvanizado y forrado con polietileno, cada cable de energía unipolar está formado por un conductor de aluminio, aislamiento de XLPE, pantalla de cintas de aluminio y chaqueta externa de PE.



NKY / TEC (BT, MT)



N2XSY (MT, AT)



N2XSEY (MT)



N2XS2Y-S (MT)



NA2XSA2Y-S (MT)

Figura 2.9: Cables de energía comerciales en Media y Alta Tensión

2.5 Especificación técnica del cable de energía unipolar de XLPE 60 kV.

Es el tipo de cable de energía más utilizado en nuestro medio, especialmente en las empresas de electricidad, y tiene las características técnicas de construcción siguientes:

- Conductor de cobre rojo suave
- Pantalla interna: capa semiconductor
- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)
- Pantalla externa: segunda capa semiconductor
- Pantalla de puesta a tierra (cinta de cobre)
- Cubierta exterior de PVC color rojo.

66 kV W.B. SINAGUA / COPLAM					
Sección Area	Diámetros sobre... Diameters over...			Radios de curvatura Bending radios	
(mm ²)	Conductor Conductor	Aislamiento Insulation	Exterior Outer sheath	Instalación Installation	Posición final Final position
Cu	(mm)	(mm)	(mm)	(m)	(m)
150	14,1	36,3	45,8	1,4	0,7
185	15,7	36,9	46,6	1,4	0,7
240	18,0	39,2	49,1	1,5	0,7
300	20,5	41,8	52,7	1,6	0,8
400	23,3	44,6	56,5	1,7	0,8
500	26,4	47,7	59,8	1,8	0,9
630	30,7	53,0	66,1	2,0	1,0
800	35,4	57,8	71,3	2,1	1,1
1000	40,8	63,2	78,1	2,3	1,2
Al	(mm)	(mm)	(mm)	(m)	(m)
150	13,9	38,7	48,2	1,4	0,7
185	15,7	39,3	49,0	1,5	0,7
240	17,8	40,2	49,9	1,5	0,7
300	20,2	43,1	54,0	1,6	0,8
400	22,9	44,8	56,7	1,7	0,9
500	26,2	48,1	59,6	1,8	0,9
630	30,7	52,6	65,7	2,1	1,0
800	35,4	57,4	70,9	2,1	1,1
1000	00,0	00,0	00,0	0,0	0,0
1200	00,0	00,0	00,0	0,0	0,0

NOTA: Según norma IEC 60840

NOTE: In accordance with IEC 60840

**Tabla 2.10 Características técnicas del cable de energía N2XSY, 60/72,5 kV
General Cable.**

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

	Tensión entre fases	Conductor				Diámetro sobre aislamiento	Pantalla metálica			Diámetro exterior	Peso total
		Calibre	Area de la sección transversal	Número de alambres	Diámetro		No. de alambres de cobre	Calibre de cada alambre	Area transversal total		
		kV	kcmil	mm ²	No.		mm	mm	No.		
	69	500	253	37	18.7	54.7	18	13	47.3	69.4	6223
	69	750	380	61	23.0	59.0	18	13	47.3	75.3	8021
	69	1000	507	61	26.9	62.9	18	13	47.3	79.2	9521
	115	750	380	61	23.0	66.8	18	13	47.3	83.1	8967
	115	1000	507	61	26.9	70.7	18	13	47.3	87.0	10513
	115	--	800	91	33.4	78.7	18	13	47.3	95.1	14032

Tabla 2.11: Características técnicas del cable de energía N2XSY, 60/69 kV Condumex

CAPITULO III

TERMINACIONES PARA CABLES DE ENERGÍA DE ALTA TENSION

3.1 Introducción.

Las terminaciones llamadas también cabezas terminales, mufas terminales o botellas terminales fueron desarrolladas por la necesidad de controlar los efectos electromagnéticos producidos por el uso de la media y alta tensión así como los efectos que producen los diversos contaminantes del medio ambiente: humedad, salinidad, corrosión; adicionalmente otros elementos contaminantes generados por la actividad industrial. El objetivo de uso de las mismas es garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas y de los usuarios.

Se debe tener además en consideración la disminución del impacto ambiental en su fabricación y utilización así como la Seguridad de los trabajadores en el montaje, operación y mantenimiento.

En la actualidad existen terminaciones para alta tensión de diversas tecnologías y materiales, entre las mas conocidas tenemos: la tecnología autocontraíble (aislamiento polimérico de silicona), deslizable o push on (aislamiento polimérico de silicona), termocontraíble (aislamiento polimérico de EVA) y otras tecnologías con aislamientos en base a aceite, gas, porcelana, etc...

Para nuestro análisis de características, ventajas y beneficios tomaremos la tecnología autocontraíble. Asimismo mencionaremos la tecnología termocontraíble ya que ambas marcan la tendencia de uso en nuestro medio.

Las terminaciones autocontraíbles de la goma silicona están especificadas para ser usadas en cables de energía con pantalla y aislamiento sólido, su diseño en una sola pieza (aislamiento y control de campo) hasta en 35kV hace que su instalación sea fácil, rápida y segura, no siendo necesario el uso de herramientas especiales.

En las terminaciones autocontraíbles para 60 kV se trabaja y controla por separado el aislamiento del control de campo pero conservando el principio de usar piezas pre deformadas para su aplicación fácil, rápida y segura

3.2 Definición de términos técnicos.

Tensión Nominal.- es aquella a la que puede funcionar permanentemente una terminación en condiciones normales de servicio. Se designa por la tensión expresada en kV entre cada uno de los conductores de fase y la pantalla metálica (V_0), la tensión entre líneas cualquiera (V). La tensión nominal de una terminación será como mínimo la misma que la del cable de energía donde van instaladas.

Tensión de extinción de descarga parcial (Corona).- es la tensión a la cual las descargas parciales no son detectables por los instrumentos (ajustados a sensibilidad y tensión específicas).

Intensidad de corriente máxima admisible en régimen permanente.- es el valor máximo de la intensidad que puede soportar la terminación permanentemente, sin

que la temperatura alcanzada sobrepase en ningún caso la máxima admitida por el cable de energía.

Línea o distancia de fuga.- es la menor distancia sobre la superficie aislante del material, entre la parte viva y la pantalla del conductor de puesta a tierra.

Flashover.- es la descarga disruptiva alrededor o sobre la superficie de un aislamiento, entre dos puntos de diferente potencial, producido por la aplicación de voltaje, donde el camino de descarga está suficientemente ionizado para mantener un arco eléctrico.

Tensión de impulso (BIL: Basic Lightning Impulse Insulation Level), es el valor de la cresta de la tensión de impulso de la forma de onda especificada.

Las terminaciones deben soportar las tensiones de impulso de maniobra y atmosféricas de acuerdo a los standards IEEE Std. 48 – 1996, IEC 60840 2004-04.

Table 2—Standard dielectric tests for high-voltage extruded dielectric cable terminations assembled and ready for service

Insulation class (kV) (12)	Max design voltage to ground (kV) (13)	1 min Dry withstand (kV RMS)	10 s Wet withstand (3) (kV RMS)	6 h Dry withstand (kV RMS)	Cyclic aging dry (kV RMS)	Radio influence voltage dry (μ V)	Partial discharge (corona) extinction voltage (11) (kV RMS) Column 8	Lightning impulse (BIL) dry withstand (kV crest) Column 9	Switching impulse (BSL) (3) wet (dry) withstand (kV crest) Column 10	Direct voltage test (9) 15 min dry withstand (kV avg) Column 11
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11
2.5	1.6	20	20	10	4.5	50	2	60	—	40
5	3.2	25	25	15	9	50	4.5	75	—	50
8.7	5.5	35	30	25	15	50	7.5	95	—	65
15	9.5	50	45	35	26	50	13	110	—	75
25	16	65	60	55	43	100	21.5	150	—	105
34.5	22	90	80	75	60	150	30	200	—	140
46	29.5	120	100	100	60	200	40	250	—	170
69	44	175	145	120	80	300	60	350	—	245
115	73	205	190	160	133	400	80	450	—	275
120	73	260	230	190	140	450	100	550	—	320
138	88	310	275	210	160	500	120	650	—	355
161	102	365	315	250	186	500	140	750	—	395
230	146	460	445	330	265	—	200	1050	—	510

Tabla 3.1 Valores BIL IEEE Std. 48 – 1996

1	2	3	4 ¹⁾	5 ¹⁾	6 ¹⁾	7 ¹⁾	8 ¹⁾	9
Rated voltage	Highest voltage for equipment	Value of U_0 for determination of test voltages	Voltage test of 9.3 and 12.3.7	Partial discharge test of 9.2 and 12.3.4	Tan δ measurement of 12.3.5	Heating cycle voltage test of 12.3.6	Lightning impulse voltage test of 12.3.7	Voltage test after installation of 15.2
U	U_m	U_0	$2.5 U_0$	$1.5 U_0$	U_0	$2 U_0$		
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
45 to 47	52	26	65	39	26	52	250	52
60 to 69	72.5	36	90	54	36	72	325	72
110 to 115	123	64	160	96	64	128	550	128
132 to 138	145	76	190	114	76	152	650	132
150 to 161	170	87	218	131	87	174	750	150

¹⁾ If necessary, these test voltages shall be adjusted as stated in 12.3.1.

Tabla 3.2 Valores IEC Tensión de Impulso de rayo 60840 2004-04

Clase de aislamiento (kV)	BILL (kV crestas) IEEE	BILL (kV crestas) IEC
2.5	60	
5	75	
8.7	95	
15	110	
25	150	
34.5	200	
46	250	250
69	350	325

Tabla 3.3 Comparativo valores BILL requeridos para terminaciones hasta 69kV

Constante dieléctrica K.- es la medida de la capacidad de un material para almacenar carga eléctrica.

Material	K
Aire	1
Aislamiento polimérico (EPR, XLPE)	3
Material de alta K	30

Tabla 3.4 capacidades dieléctricas materiales para terminaciones

Cono de alivio o deflector.- componente de la terminación que unido a la pantalla metálica en el punto donde esta termina reduce el gradiente de potencial.

Elastómeros.- Son aquellas resinas que al vulcanizarse con agentes químicos como azufre producen materiales semejantes a la goma.

Monómero.- Es la unidad básica constituyente de un polímero. Así, el etileno es el monómero del polietileno.

Polímero.- Es una molécula de gran tamaño formada por la combinación de unidades químicas mas pequeñas y simples llamadas monómeros.

Terminación.- Dispositivo para terminar cables de energía de niveles de tensión mayores a 2.5 kV (media y alta tensión), se clasifican de la siguiente manera:

Clase 1: proveen control de esfuerzo en el corte de pantalla, aislamiento externo contra corrientes de fuga y sello contra ingreso de humedad.

Clase 2: proveen control de esfuerzo en el corte de pantalla y aislamiento externo contra corrientes de fuga.

Clase 3: control de esfuerzo en el corte de pantalla.

Terminación para uso interior.- es aquella diseñada para prestar servicio en instalaciones protegidas de la intemperie (en tableros o celdas que garanticen hermeticidad contra el agua y elementos contaminantes del medio)

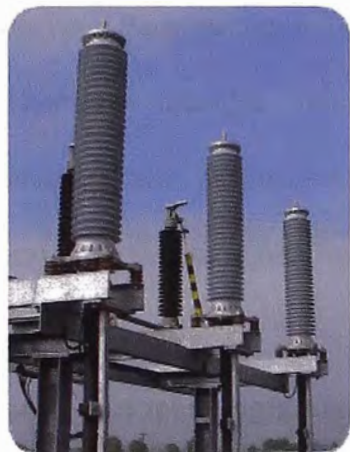
Terminación para uso exterior.- es aquella diseñada para prestar servicio en instalaciones expuestas a la intemperie.

3.3 Materiales usados como aislamiento en terminaciones de alta tensión.

Los materiales mas utilizados como aislamiento para la fabricación de terminaciones de alta tensión son:

- Goma silicona
- Goma EPDM
- EVA (termocontraíble)
- Porcelana
- Gas SF₆
- Aceite, otros

**Terminal autoportada
con aisladores de silicón**
hasta 245 kV



**Terminal flexible de silicón
(no autoportada)**
hasta 123 kV



**Terminal autoportada
con aisladores de porcelana**
hasta 245 kV



Terminales exteriores
hasta 245 kV



Terminales GIS y TRF
hasta 245 kV

Figura 3.1 Tecnologías en terminaciones en Alta Tensión.

3.4 La Goma silicona.

Se viene usando hace más de 30 años en terminaciones de media y alta tensión. Para su desarrollo se hicieron numerosos estudios de investigación con diferentes mezclas poliméricas hasta lograr una mezcla de silicona cuyas características permitieron obtener terminaciones no solo fáciles y rápidas de instalar sino que presenten una buena performance en atmósferas húmedas y contaminadas.

3.4.1 La tecnología autocontraíble.

Los materiales que se usan son moldeados por inyección (uso exterior) ó extruidos en forma tubular (uso interior), luego son pre-ensanchados sobre un núcleo espiral de nylon. Cuando se retira el espiral, el tubo se contrae ejerciendo una presión radial fuerte, uniforme y constante sobre el conductor. Esta presión contráctil ofrece un sello contra la humedad y un buen contacto entre las superficies de la terminación y el conductor sin recurrir al uso de adhesivos o aplicación de calor.

La facilidad de la aplicación se muestra esquemáticamente en las figuras siguientes:



Figura 3.2 Se posiciona el tubo autocontraíble sobre el cable



Figura 3.3 Se retira el núcleo espiral de nylon



Figura 3.4 El tubo se encuentra instalado

El sello contráctil se mantiene en el tiempo porque la goma silicona tiene un enlace químico que le da al material “memoria elástica”, esta característica da a la tecnología autocontraíble una ventaja sumamente importante ya que los tubos pueden amoldarse a la expansión y contracción en el cable de energía durante las variaciones de carga (que originan variación en la cantidad de calor generado y consecuentemente variación de temperaturas “dinámica térmica”)

3.4.2 Comportamiento de la goma silicona frente a la humedad.

A diferencia de otros materiales hidrofílicos como la porcelana o el EVA, la goma silicona es hidrofóbica, es decir rechaza el agua. Cuando cae una gota sobre la

superficie de silicona esta no se esparce, conserva una forma casi esférica como se ve en las siguientes imágenes:

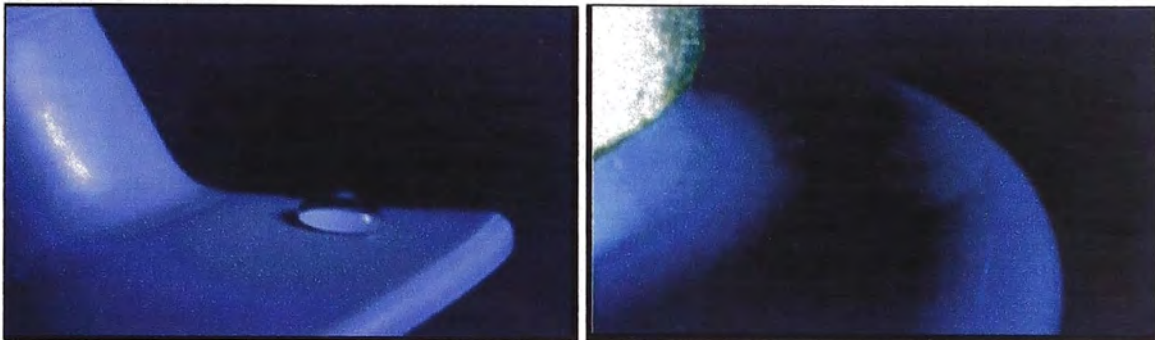


Figura 3.5 Hidrofóbico Vs Hidrofilico.

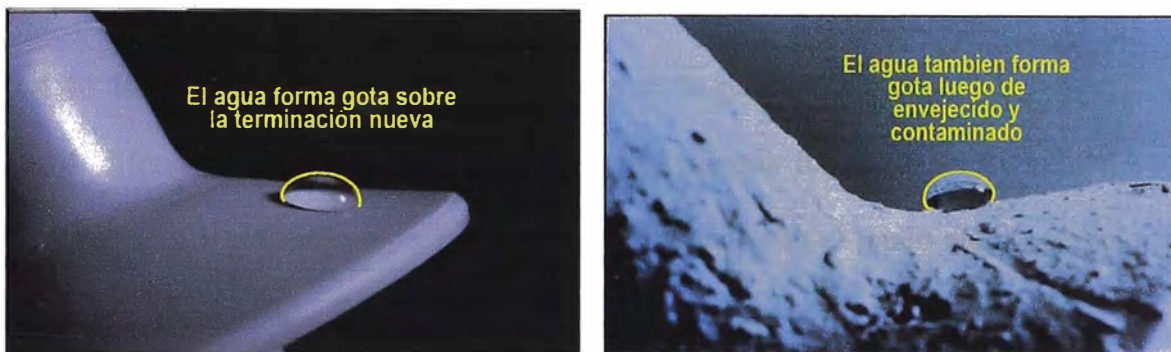


Figura 3.6 Característica Hidrofóbica de la Silicona

Otra forma de expresar esta característica es que los materiales hidrofóbicos como la silicona forman ángulo de contacto grande, en cambio los materiales hidrofílicos forman ángulos de contacto mucho menores.

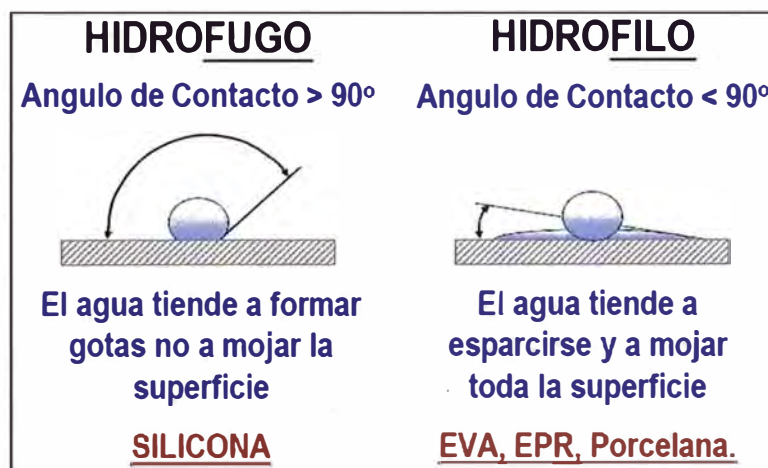


Figura 3.7 Ángulos Hidrofugo Vs Hidrofílo

3.4.3 Factores que afectan la característica Hidrofóbica de los materiales:

- Campos eléctricos intensos
- Corrientes de fuga elevadas
- Altas concentraciones de Ozono
- Radiación UV elevada
- Condensación de humedad
- Contaminación.

3.4.4 Recuperación de la Hidrofobicidad de la goma silicona:

A diferencia de otros materiales, la goma silicona luego de ser sometida a los factores que degradan la hidrofobicidad (mencionados en el punto anterior) recupera sus características tal como se ve en el siguiente grafico.

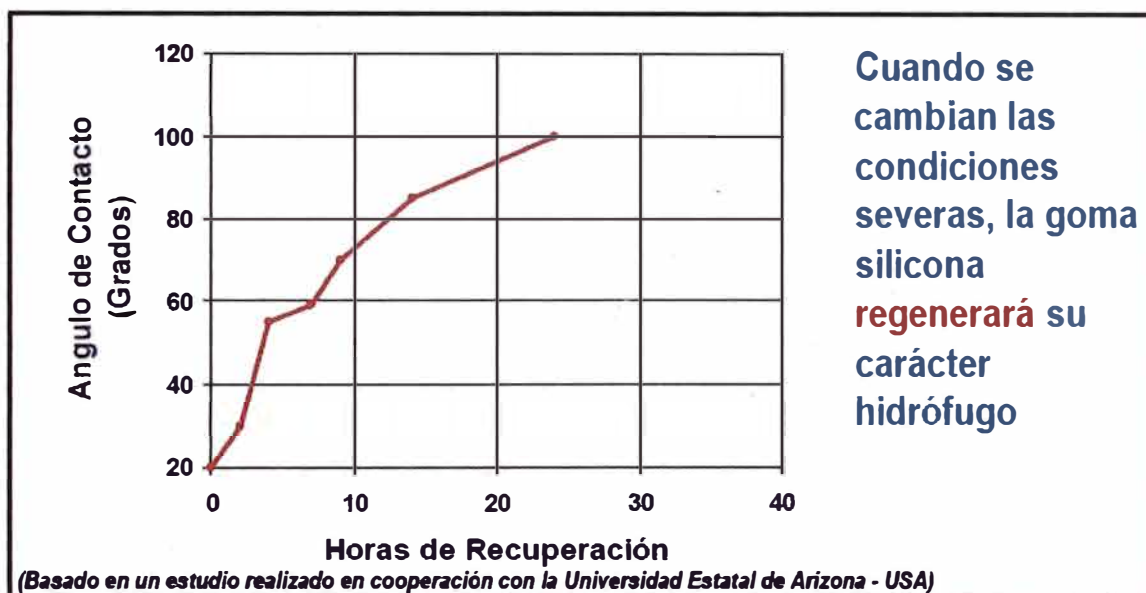


Figura 3.8 Tiempo de recuperación de la Hidrofobicidad de la silicona.

		Original	Envejecido	Años
Porcelana	A	62°	40°	10
	B	N/A	30°	16
	C	60°	40°	20
EPDM	A	95°	62°	6
	B	95°	0°	17
	C	95°	80°	2
Silicona	A	100°	103°	8
	B	103°	128°	7
	C	100°	105°	10
	D	N/A	105°	10

Tabla 3.5 Ángulos de contacto (Hidrofobicidad) de materiales usados en terminaciones.

3.4.5 Comportamiento de la goma silicona frente a los rayos UV.

La goma silicona es básicamente inorgánica, es decir en su estructura molecular hay poca presencia de carbono. El enlace principal está formado por Silicio – Oxígeno (Si-O), el cual tiene una fuerza de enlace muy alta que difícilmente los rayos ultravioletas (UV) pueden romper, las estructuras moleculares son mostradas en las figuras siguientes:

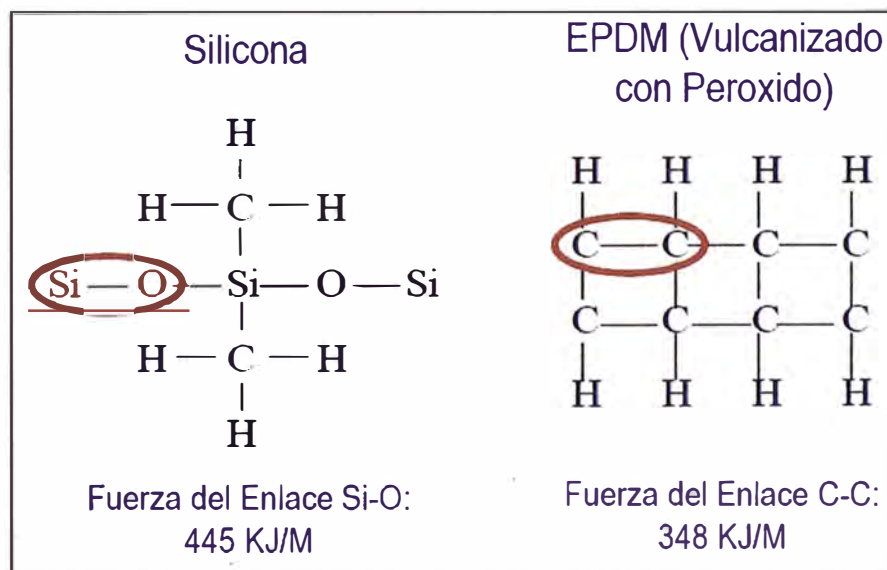


Figura 3.9 Comparativo Energías de enlace Silicona Vs EPDM

Como referencia podemos ver en la tabla 3.6 la magnitud de la fuerza de enlace de diversos elementos. Es necesario aplicar una energía mayor para romper dichos enlaces.

Energías de Enlace Polimérico		
Tipo de Enlace	Energía de Enlace (kJ/Mol)	Material
Si - O	445	Silicona
C - H	414	
C - O	360	
C - C	348	EPDM, EVA, PE
Si - C	318	
Si - H	318	
C - S	275	
Si - Si	222	
S - S	205	
UV @ 300 nm	398	

Tabla 3.6 Comparativo Energías de enlace polimérico.

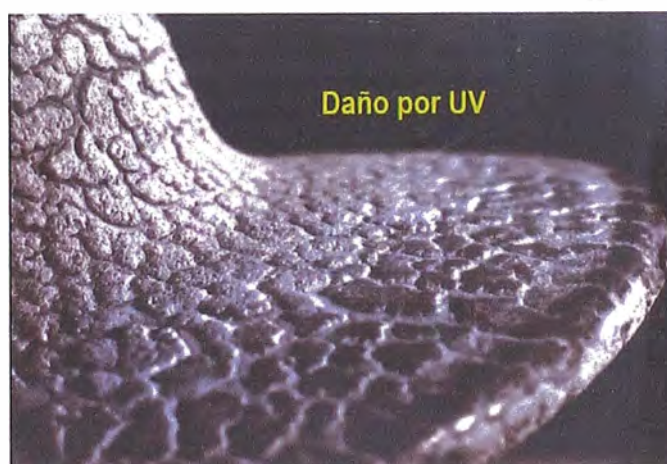


Figura 3.10 Daño por UV en el EPDM

3.4.6 Comportamiento de la silicona frente al tracking.

El tracking es el proceso de degradación irreversible de la superficie de un material debido a la formación de caminos conductivos de carbono resultando en una pérdida progresiva de aislamiento.

Se produce tracking cuando tenemos presencia simultánea de:

- Contaminación: partículas en el ambiente, sustancias químicas, sal.
- Humedad: neblina, condensación, lluvia.
- Tensión eléctrica.

Estos elementos hacen que la resistencia superficial de la terminación disminuya produciéndose corrientes de fuga, es por ello que las terminaciones para uso exterior llevan campanas, las cuales evitan que se forme un camino continuo de humedad y contaminación.



Figura 3.11 Efectos del tracking en terminaciones de alto contenido de Carbono.

3.4.7 Formas de controlar el tracking

- Incrementar la distancia entre el conductor de alta tensión y tierra
- Campanas corta-aguas
- Utilizar materiales resistentes al tracking: **Silicona**, Porcelana, Vidrio, Rellenos inorgánicos añadidos al caucho.

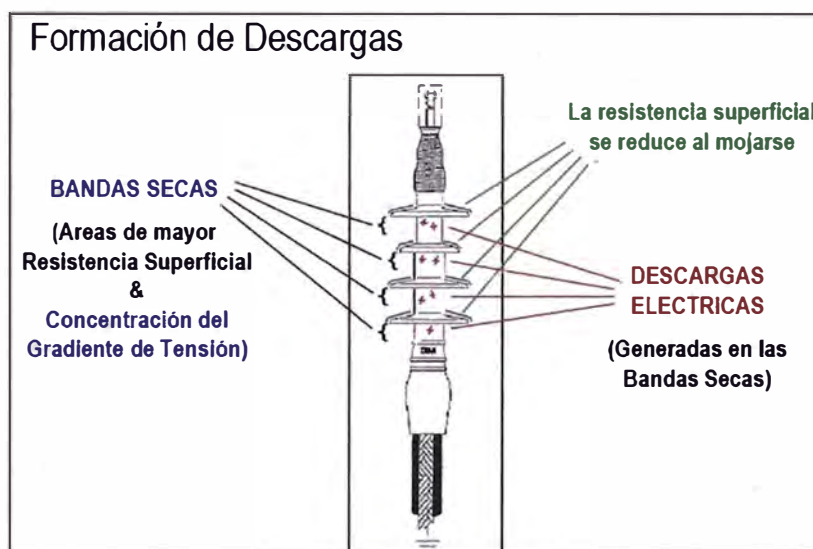
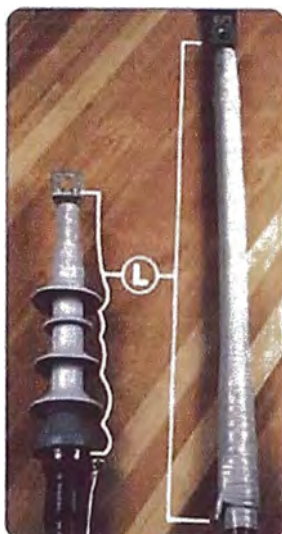


Figura 3.12 La silicona y su resistencia al Tracking

Nota importante: La silicona es en su mayor parte inorgánica, por lo tanto cualquier posible erosión debido a una descarga eléctrica no forma caminos conductivos de carbono.

3.5 Funciones de una terminación de alta tensión

De acuerdo a la norma IEEE Std. 48 1990, las terminaciones están clasificadas según las funciones que cumplen:

Terminación Clase 1:

- Control de esfuerzo eléctrico en el corte de pantalla
- Aislamiento contra corrientes de fuga (tracking)
- Sello de protección contra el medio ambiente.

Terminación clase 2:

- Control de esfuerzo eléctrico en el corte de pantalla
- Aislamiento contra corrientes de fuga (tracking)

Terminación clase 3:

- Control de esfuerzo eléctrico en el corte de pantalla.

3.6 Métodos de control de esfuerzo eléctrico.

El control del esfuerzo eléctrico en el corte de la pantalla semiconductor se resolvió inicialmente con el cono de alivio a base de cintas o premoldeados, luego se desarrolló la cinta de alta K y finalmente el tubo de alta K, que es el método que utilizan las terminaciones autocontraíbles de silicona.

Los cables de energía apantallados están fabricados para soportar esfuerzos eléctricos uniformes a lo largo del conductor. Tal como se indicó en el capítulo anterior, las líneas de flujo se distribuyen en forma radial y uniforme y las superficies equipotenciales son concéntricas.

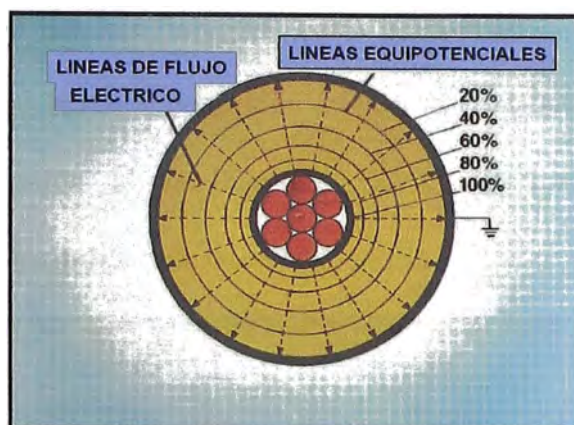


Figura 3.13 Distribución del campo eléctrico en un cable de energía de Media o Alta Tensión

Al efectuar la terminación de un cable de energía, es necesario cortar y retirar la pantalla a una distancia dada del conductor según lo mostrado en la Fig. 3.5, esto ocasiona una discontinuidad en la geometría axial del cable de energía y un cambio brusco en la distribución del campo eléctrico, originando una concentración de esfuerzos en el lugar donde termina la pantalla semiconductor.

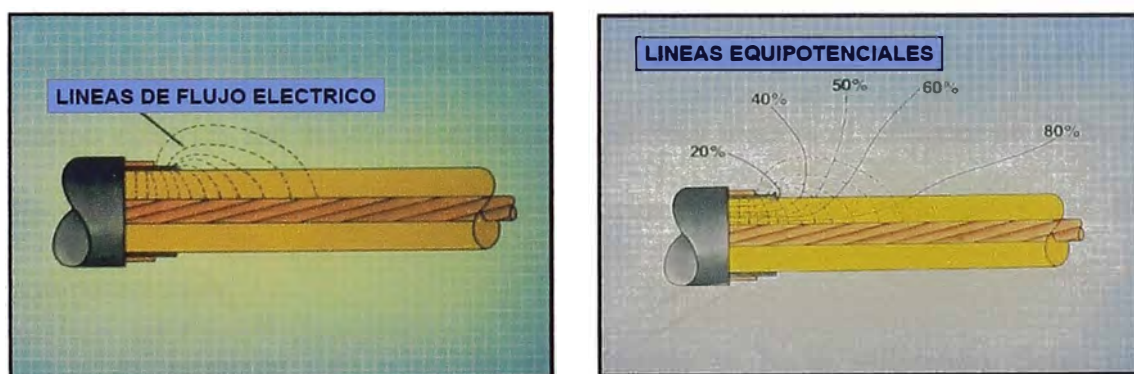


Figura 3.14 Concentración de campo eléctrico en el corte de la pantalla

Las líneas de campo que parten perpendicularmente del conductor, convergen hacia el extremo del blindaje electrostático y en consecuencia el espaciamiento entre líneas equipotenciales es menor en esta zona, lo que significa que allí los

gradientes de potencial resultan mayores. Estos gradientes son más elevados que los que existen en la zona cercana al conductor en tramos continuos de conductor.

Esta concentración al no ser controlada deteriora progresivamente el aislamiento con gran posibilidad de ocurrir una falla.



Figura 3.15 Falla del control de campo.

3.6.1 Método geométrico (Cono de alivio)

Este método se conoce hace muchos años y consiste en expandir el diámetro del blindaje electrostático, con esto se logra que la superficie donde se concentra el campo eléctrico sea mayor, disminuyendo de esta manera el esfuerzo en dicha zona. En la Fig. 3.16 se observa la distribución del campo eléctrico y las líneas equipotenciales.

Inicialmente este aumento de diámetro se hacía utilizando cintas (goma aislante y luego cinta semiconductora) y posteriormente se desarrolló el cono premoldeado. Sin embargo, el terminal resulta de diámetro abultado en la zona del cono y su ejecución es lenta y tediosa, especialmente en el caso del cono encintado que depende mucho de la habilidad del montajista.

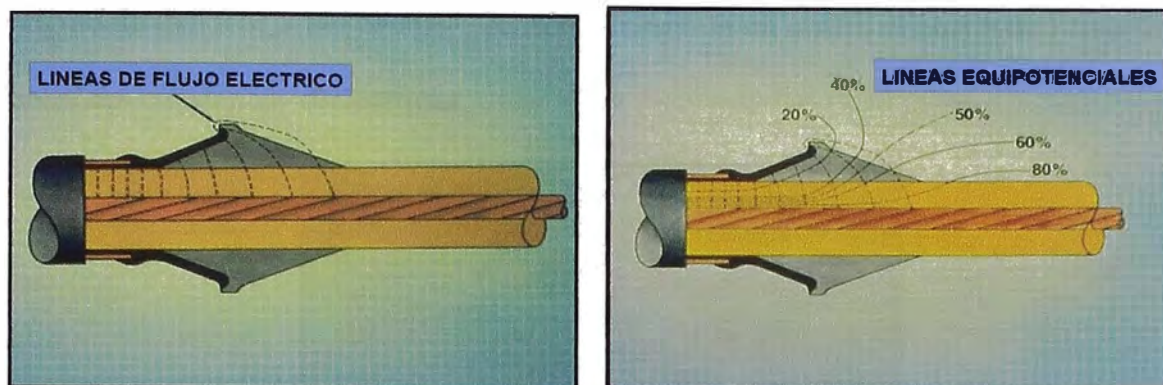


Figura 3.16 Método geométrico de control de campo.

3.6.2 Método capacitivo (Alta K)

Este método consiste en el uso de un material de alta constante dieléctrica (K), generalmente en el rango de K30, colocado encima del aislamiento que tiene K3, como se observa en la Fig. 3.17

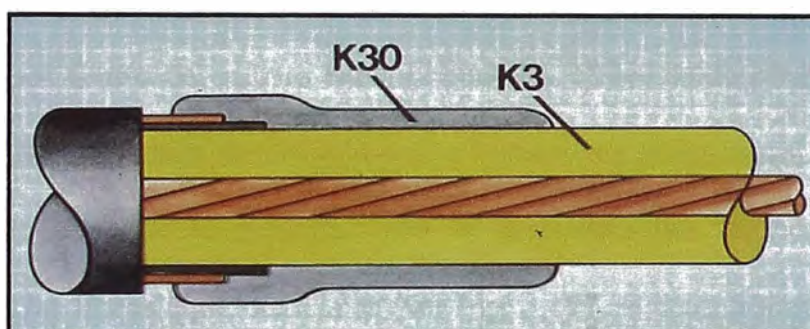


Figura 3.17 Método capacitivo de control de campo.

Para entender como actúa el tubo de control de esfuerzos, recordemos el concepto de refracción de las ondas. Se basa en el hecho de que la velocidad de las ondas varía según el medio por donde atraviesan. Así, si insertamos oblicuamente un lápiz en un vaso con agua, parecerá que se “dobla” a la altura de la superficie del agua, esto se debe a que la luz pasa por dos medios de diferentes densidades.

El mismo efecto ocurre con el campo eléctrico, se refracta al pasar de un material de constante K_1 a otro de constante K_2 . Esta refracción dependerá del

ángulo de incidencia del campo eléctrico al pasar de un medio al otro y de la relación entre sus constantes dieléctricas.

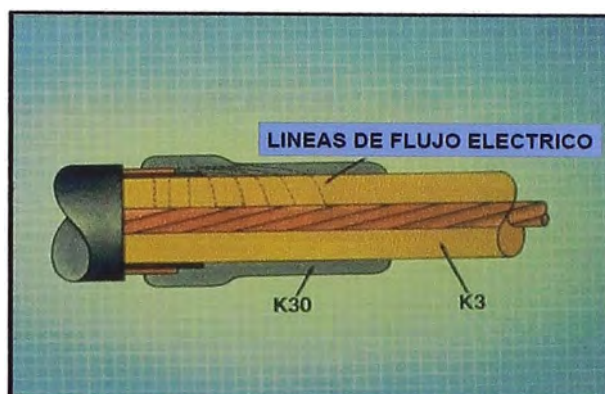


Figura 3.18 Ordenamiento de las líneas de flujo con el método capacitivo de control de campo.

En nuestro caso, el campo del conductor pasa por el aislamiento (K3) y se refracta en la interfase del aislamiento y el tubo de control de esfuerzo (K30), dirigiéndose por dentro del mismo hacia la pantalla. El resultado obtenido es que el esfuerzo eléctrico se reduce sustancialmente a lo largo del aislamiento, especialmente en la zona de corte de la pantalla. Esto se demuestra por el incremento de la separación de las líneas equipotenciales (ver Fig. 3.19), es decir a mayor relación de constantes dieléctricas, mayor será la magnitud de la refracción del campo eléctrico.

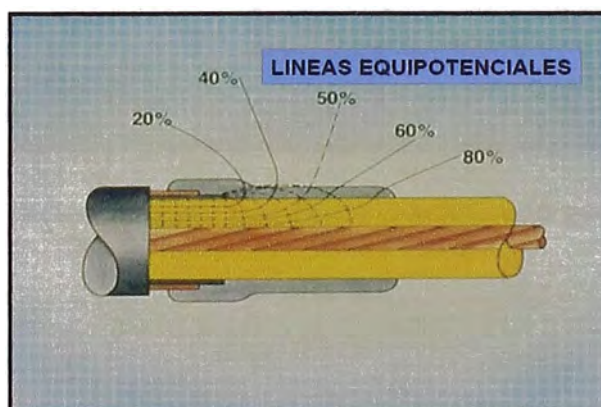


Figura 3.19 Separación de las líneas equipotenciales con el método capacitivo de control de campo

En la Fig. 3.20 se comparan los dos métodos de control de esfuerzo. Con el uso de tubos de alta K se ha obtenido terminaciones mas pequeñas y de mas fácil instalación, ya que este tubo viene incorporado el tubo aislante de goma silicona, montándose ambos con la tecnología autocontraíble.

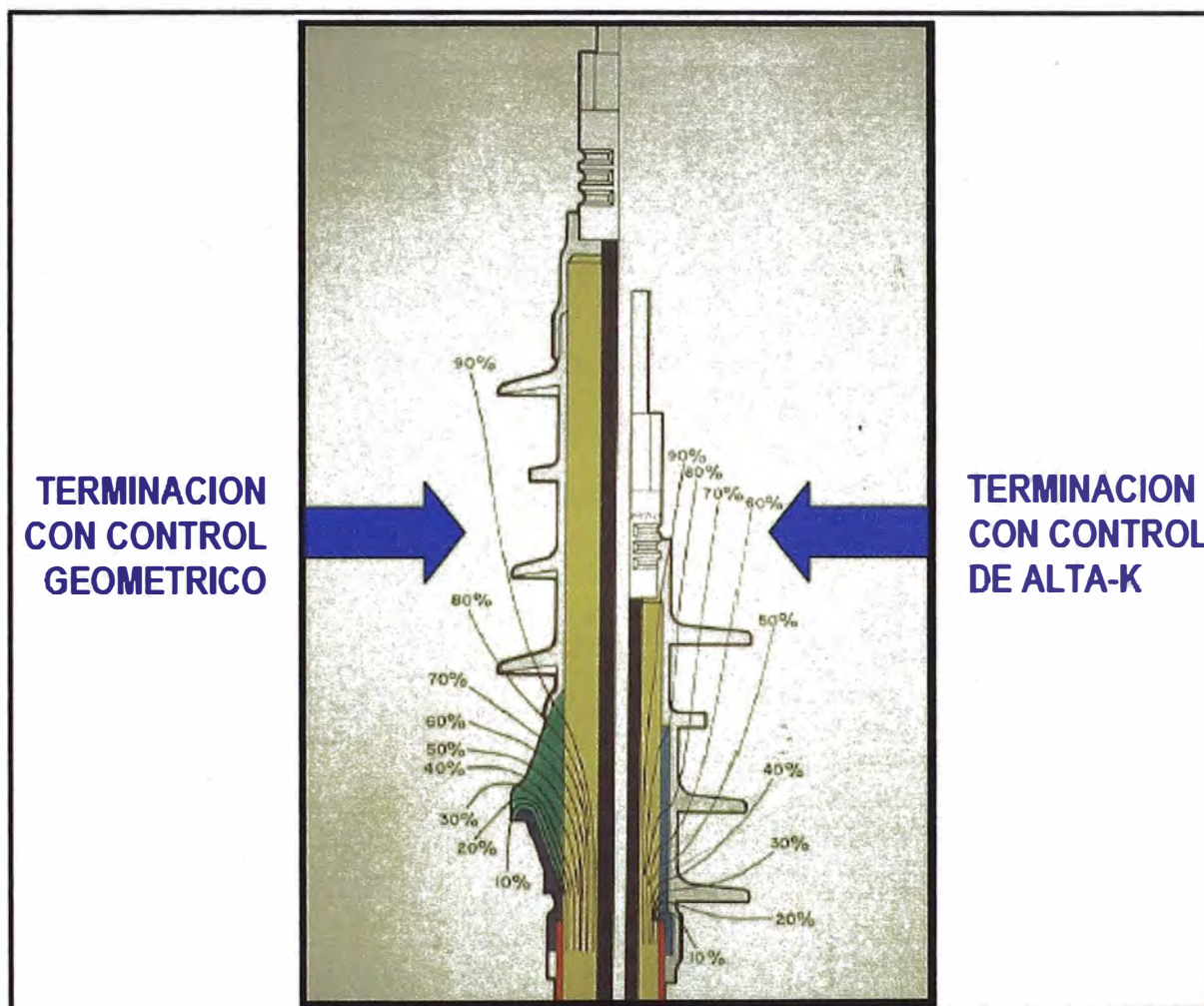


Figura 3.20 Comparación control de campo con Método geométrico y con tubos de alta K.

3.7 Fortalezas de la tecnología autocontraíble frente a la termocontraíble en terminaciones de alta tensión

Tecnologías: Fortalezas y Debilidades	
Tecnología Autocontraíble ó Contraíble en Frio	Tecnología Termocontraíble
Fortalezas:	Fortalezas:
Contraíble en frio: instalación segura	
Instalación simple y rápida	
No requiera herramientas especiales	
Diseño en una pieza, incluyendo las campanas (hasta en 35kV)	
Menos pasos críticos de instalación	
Presión radial continua	
Hidrofóbica	
Amplio rango de aplicación	Amplio rango de aplicación
Silicona de alta performance	
Excelente aplicación a baja temperatura	Se contrae en Climas frios
Inmediatamente energizable	
	Diseño probado con muchos años de experiencia
Debilidades:	Debilidades:
	Mayor tiempo de instalación
	Control de campo separado
	Se requiere soplete u otra fuente de calor
	Permiso de fuego para áreas peligrosas
	El uso en áreas pequeñas puede ser difícil
	Mas pasos críticos de instalación
	Necesidad de aplicar calor uniformemente sobre la superficie
	Necesidad de aplicar campanas por separado
	Hidrofilico
	El calor puede dañar los componentes de la terminacion
	El calor puede dañar los componentes del conductor
	Las partes deben enfriarse antes de energizar
	Riesgo de asfixia durante la instalación

Tabla 3.7 Análisis de fortalezas y debilidades de las tecnologías autocontraíble y termocontraíble.

Aviso de precaución para tecnología termocontraíble
- Ajuste el soplete para obtener una llama azul suave, con extremo amarillo. Se deben evitar las llamas azules con forma de punta de lapiz.
- Mantenga la llama en constante movimiento para evitar chamuscar el material.
- Asegurese que el tubo se ha contraído uniformemente en toda su circunferencia antes de seguir avanzando.
- El tubo debe tener una apariencia uniforme y sin arrugas. El perfil de los componentes internos debe quedar claramente definido
- Utilice adecuada ventilación y evite la carbonización o el quemado durante la instalación.
- Carbonizar o quemar el producto producirá humos que pueden provocar irritación en ojos, piel, nariz y garganta, dolor de cabeza, mareos, nauseas y en ausencia de ventilación puede llevar a la asfixia.

Tabla 3.8 Precauciones para trabajar con tecnología termocontraíble.

3.8 Corrección por altura.

Las terminaciones están especificadas para instalaciones de altitudes hasta 1000 metros sobre el nivel del mar. Para mayores alturas se debe tener en cuenta que la densidad del aire es menor con respecto a la del nivel del mar y en consecuencia la rigidez dieléctrica del aire se reduce. La menor densidad del aire afectará también la ventilación natural de la terminación.

Por estas razones, para aplicaciones mayores a 1000metros de altitud, se deberá derratear la Clase de tensión de la terminación usando el “factor de derrateo por altura” (ANSI / IEEE C57.12.00) de la tabla siguiente:

Altura (m)	Factor "K" de corrección de rigidez dieléctrica
1000	1.00
1500	0.95
2000	0.90
2500	0.85
3000	0.80
3500	0.76
4000	0.73
4500	0.67

Tabla 3.9 Factor de corrección por altura.

La corrección del nivel de tensión por altura esta expresada por:

$$V = \text{Voltaje Nominal} / K$$

Se deberá usar terminaciones con rating igual o superior al valor calculado.

3.9 Preparación del cable de energía de alta tensión para instalar una terminación.

Tan importante como la buena instalación de una terminación es la buena preparación del cable de energía, para lo cual debemos tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El operario deberá mantener las manos limpias y secas durante todo el proceso de montaje para no contaminar la zona de trabajo.
- Leer bien las instrucciones de montaje antes de iniciar el corte y retiro de las distintas capas que conforman el cable de energía, verificando las dimensiones que se deben respetar.
- Cortar el extremo del cable de energía en caso de observar daño mecánico o presencia de contaminantes como polvo, arena, humedad y otros.
- Limpiar y fijar la zona adyacente de corte de la cubierta del cable de energía, antes de retirar dicha cubierta (el lijado provee mayor adhesión de las gomas tipo mastic que se utilizan para el sello contra ingreso de humedad).
- Cortar y retirar cada capa del cable de energía sin dañar la siguiente capa.
- Si al retirar la pantalla semiconductora se hace un corte superficial en el aislamiento debemos eliminarlo usando la lija no conductiva, pero si el corte es profundo es preferible cortar el cable de energía y empezar nuevamente.

(Un corte profundo puede ocasionar que quede aire atrapado, el cual al ionizar producirá descargas corona y finalmente ocasionará la perforación del aislamiento)

- El corte de la pantalla metálica debe ser limpio, recto sin rebabas.
- En caso de requerir marcas provisionales en el semiconductor, se deberá usar cinta aislante con el adhesivo hacia fuera.
- La limpieza debe realizarse con el solvente que viene en el kit (no usar gasolina, kerosene o thinner), debe evitarse el contacto del solvente con el semiconductor para evitar arrastrar partículas conductivas hacia el aislamiento.
- Usar bornes terminales tipo perno fusible, a fin de asegurar un ajuste mecánico adecuado y que el mismo no dependa del criterio del operario, con esto controlamos la posibilidad de error humano en este punto.

3.10 Procedimiento de montaje de una terminación autocontraíble de goma silicona de alta tensión.

Cada kit contiene materiales suficientes para hacer 3 terminaciones unipolares. Los componentes son:

- 1 Tubo Adaptador de Aislamiento
- 1 Sellador y Aislador de Silicona para el Terminal
- 1 Hi-K Control de Campo
- 1 Aislador Tubular de Silicona
- 1 Aislador con Aletas de Silicona
- 1 Trenza Pre-formada de Puesta a Tierra
- 3 Muelles de Fuerza Constante
- 1 Rollo de Cinta Cu de Pantalla Scotch® 24
- 8 Tubos de Compuesto rojo P55/R (No es grasa de Silicona)
- 1 Rollo de Sellador Mastic 2229, (25 mm)
- 8 Tiras de Hi-K Control de Campo (4,2mm x 0,56m, 90mm x 0,28m)
- 1 Rollo de Cinta Silicona Scotch 70 (25 mm)
- 1 Rollo de Cinta PVC Súper 88 (38mm × 13,4 m)
- 1 Lámina de Hi-K Mastic de Control de Campo (150 mm)
- 1 Kit de Limpieza de Cables 3M™ CC-3
- 1 Tira de Cu 1181 de 0,38 m de longitud
- 4 Instructivos de Montaje

En la siguiente secuencia de imágenes se detalla el instructivo de Montaje de una Terminación autocontraíble para 60kV.

1.0 Preparación del Cable

- 1.1 Compruebe que las características y dimensiones del cable están dentro de las que se indican en la Tabla n° 1.
- 1.2 Prepare el cable según las dimensiones que se indican en la Figura 1. Verifique tener en cuenta la profundidad interna del conector: más 13 mm, solo si se usa compresión, por el alargamiento del terminal.

Nota: Considere una distancia adicional de conductor por el alargamiento, en la compresión, del conector de Aluminio.

Tamaño del Cable	150-185	240-300	400-630	800-1.000
Crecimiento del Al	6 mm	13 mm	19 mm	Según Instalación

Tabla 1

¡Atención! Si es cable "sin agua", recubierto de grafito, seguir las instrucciones del anexo "A" hasta 1.6

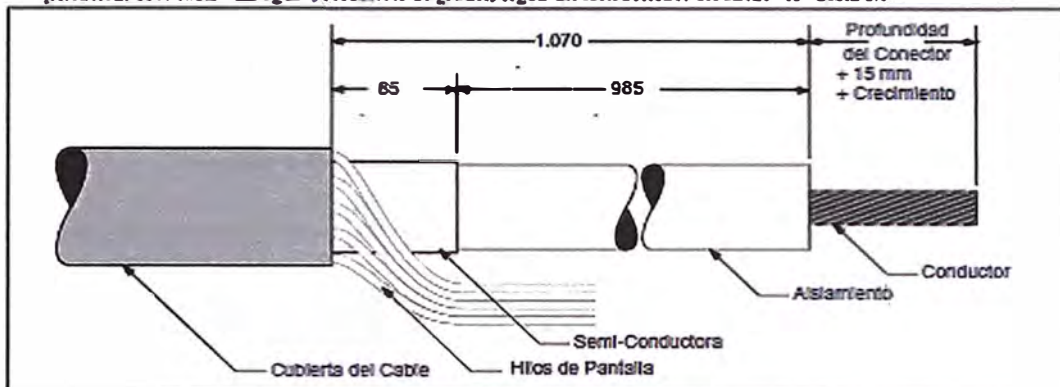


Figura 1

- 1.3 Tome del kit un rollo de Sellador Scotch 2229, en 25 mm de ancho. Corte una tira de sellador, de longitud suficiente, como para ponerla alrededor de la cubierta del cable. Retire el separador de esta tira de sellador y, con poca tensión, móntela alrededor de la cubierta del cable, a 25 mm del final de la cubierta. Figura 2

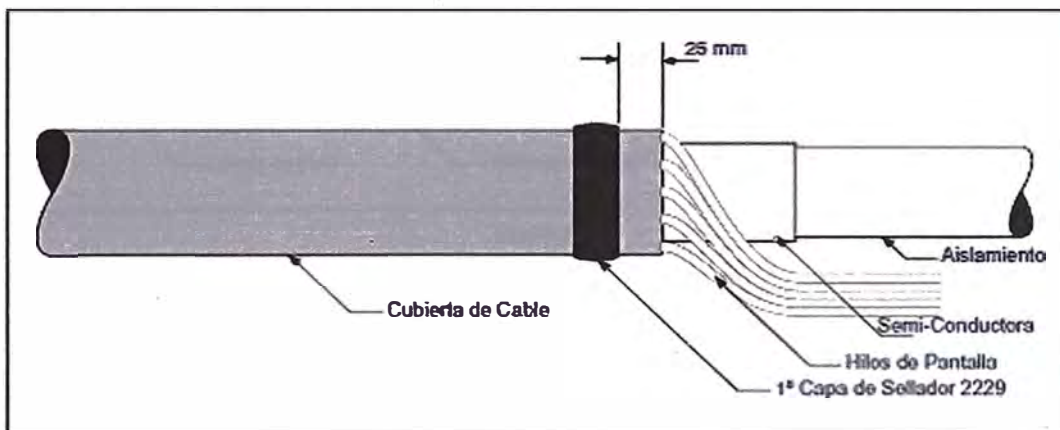


Figura 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA
SILICONA EN TERMINACIONES
AUTOCONTRAIBLES DE ALTA
TENSION

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.P.



Figura 3.21 Instructivo de Montaje

- 1.4 Volver los hilos de pantalla, paralelos, sobre la cubierta y apoyarlos sobre la capa de sellador. Fijar los hilos sobre la cubierta fijándolos con cinta de PVC, a 300 mm del final de la cubierta, *Figura 3*
- 1.5 Aplicar, sobre la primera y los hilos de pantalla, una segunda capa de Sellador Scotch® 2229. *Figura 3*

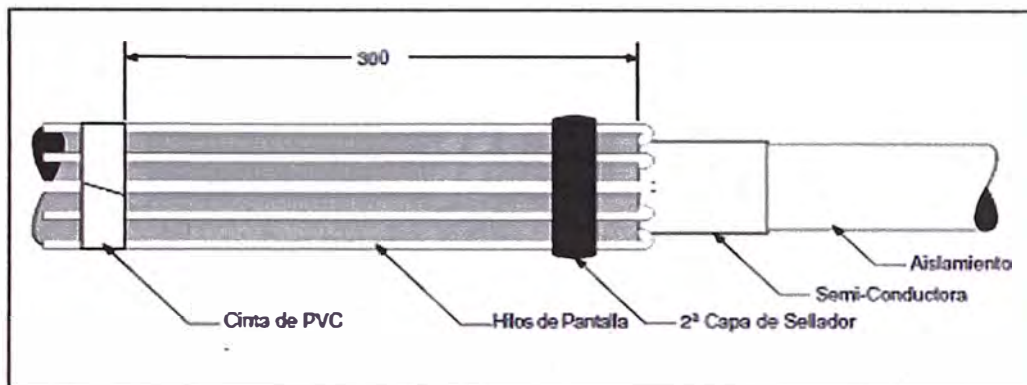


Figura 3

- 1.6 Encintar dos capas, a medio solape y con bastante tensión, de cinta de Scotch® Súper 88. Empezando sobre el sellador Scotch 2229, hasta llegar a una distancia de 55 mm del final de la semi-conductora del cable y con vuelta al principio y cubrir de nuevo el sellador Scotch 2229. La cinta a 55 mm del final de la semi-conductora del cable será usada como la marca de referencia para la instalación del tubo adaptador de aislamiento. *Figura 4*

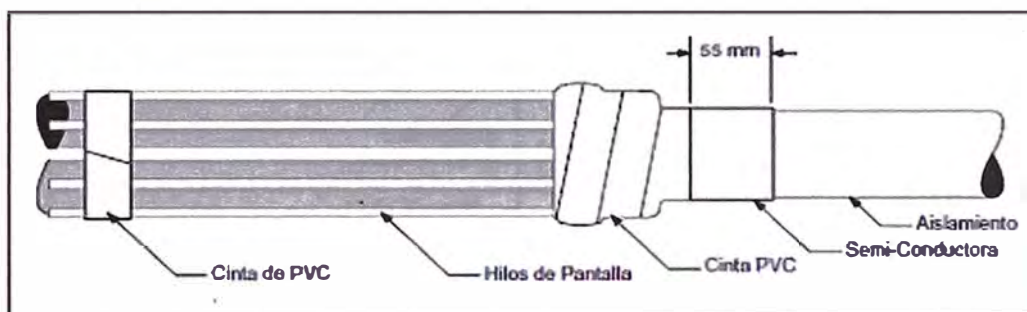


Figura 4

2.0 Limpie el Aislamiento del Cable Usando los procedimientos Normales.

- 2.1 Use solo abrasivo de óxido de aluminio para alisar y pulir la superficie del aislamiento primario.
- 2.2 Use abrasivo solamente sobre el aislamiento primario. No lo use sobre la semi-conductora.
- 2.3 Cuando use abrasivo no reduzca el diámetro del aislamiento primario por debajo de los admisibles para este empalme.
- 2.4 Pase un trapo, impregnado con un disolvente adecuado, sobre el aislamiento. No tocar con el disolvente la semi-conductora del cable.

Nota: Retirar todo rastro de disolvente con un trapo limpio y sin pelusas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA
SILICONA EN TERMINACIONES
AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA
TENSION

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.R.



Figura 3.22 Instructivo de Montaje

3.0 Instalación del Adaptador de Aislamiento

- 3.1 Tome una lámina de mastic de Control de Campo de 50 x 280 mm, retire el papel protector aplíquela alrededor del cable, de forma que monte; la mitad sobre la semi-conductora y la otra mitad sobre el aislamiento primario del cable. (Figura 5)

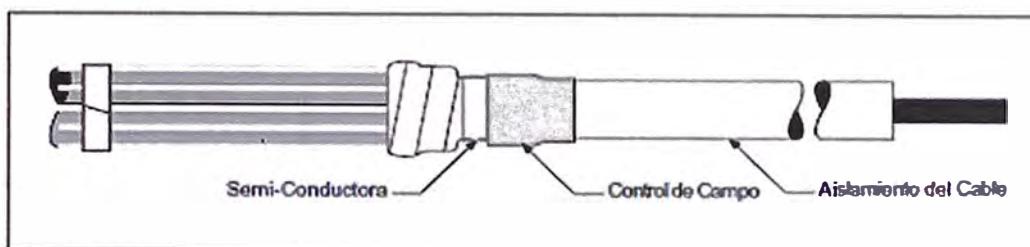


Figura 5

- 3.2 Cubra el mastic de Control de Campo con dos capas, a media solapa y con bastante tensión, de cinta Scotch Super 88. Deje sin cubrir los dos laterales del mastic de Control de Campo en 3 mm, aproximadamente. Elimine el canto del mastic de Control de Campo presionando este, suavemente, con los dedos. (Figura 6)

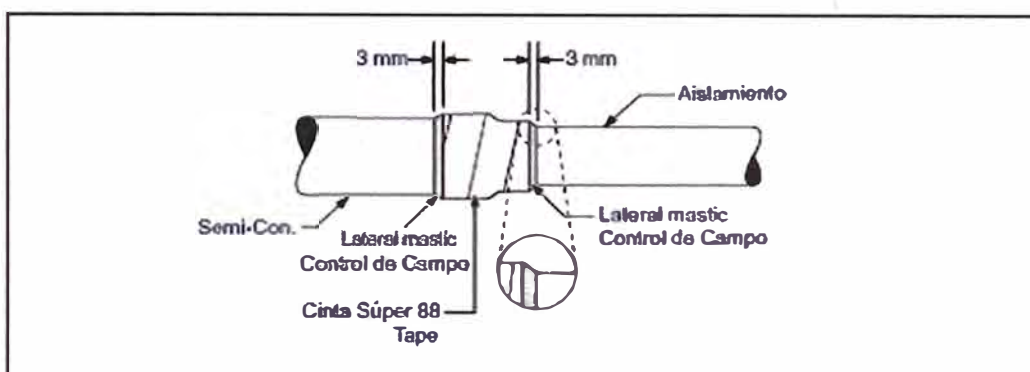


Figura 6

- 3.3 Cubra el aislamiento del cable, la cinta Súper 88 y el mastic de Control de Campo, con una capa, tres tubos, de compuesto rojo PSS/R (No usar grasa de silicona). (Figura 7)

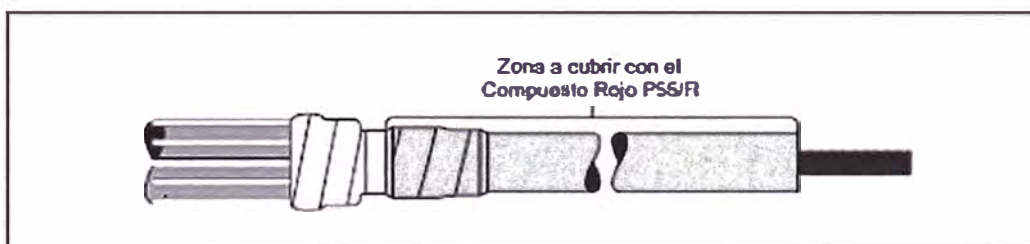


Figura 7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA
SILICONA EN TERMINACIONES
AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA
TENSION

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.R.



Figura 3.23 Instructivo de Montaje

- 3.4 Seleccione el Tubo Adaptador de Aislamiento y sitúelo sobre el cable; con la salida de la cinta-núcleo hacia el conector. Alinear el Tubo Adaptador de Aislamiento, (no el núcleo), con el final de la cinta de PVC sobre la semi-conductora y retirar la cinta-núcleo. La cinta-núcleo se retira con un suave tirón y posterior vuelta sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. (Figura 8)

Nota: El Tubo Adaptador de Aislamiento quedara mas corto que el aislamiento primario, entre 3 y 100 mm, dependiendo del diámetro del aislamiento del cable.

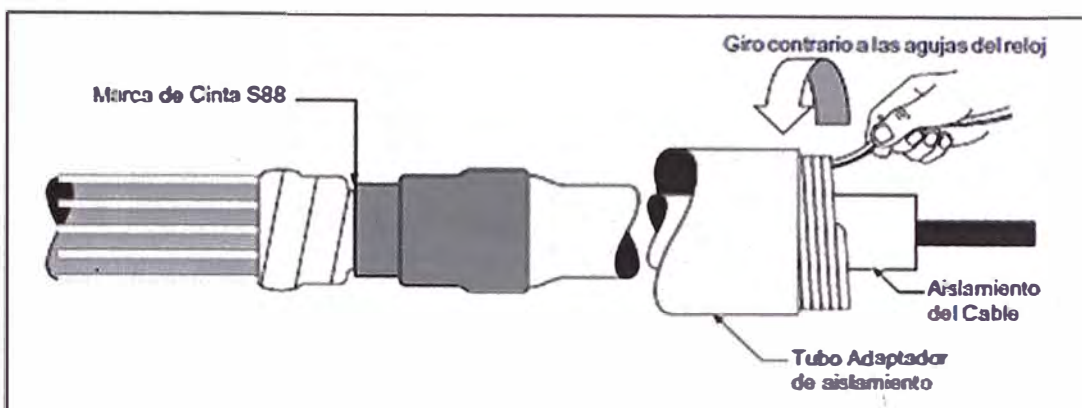


Figura 8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA
SILICONA EN TERMINACIONES
AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA
TENSIÓN

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.R.



Figura 3.24 Instructivo de Montaje

4.0 Instalación de la Terminación

- 4.1 Seleccione la lámina larga de Control de Campo. Retire el papel protector y sírle la lámina sobre el cable cubriendo 25 mm la parte semi-conductora negra del Tubo Adaptador de Aislamiento y los otros 125 mm sobre la parte gris del Tubo Adaptador de Aislamiento. Monte alrededor del cable, con poca tensión, dos vueltas de la lámina de Control de Campo. Corte la lámina a 6 mm, aproximadamente, después de sobrepasar las dos vueltas. Elimine el canto del Control de Campo presionando sobre este, suavemente, con los dedos. (Figura 9)

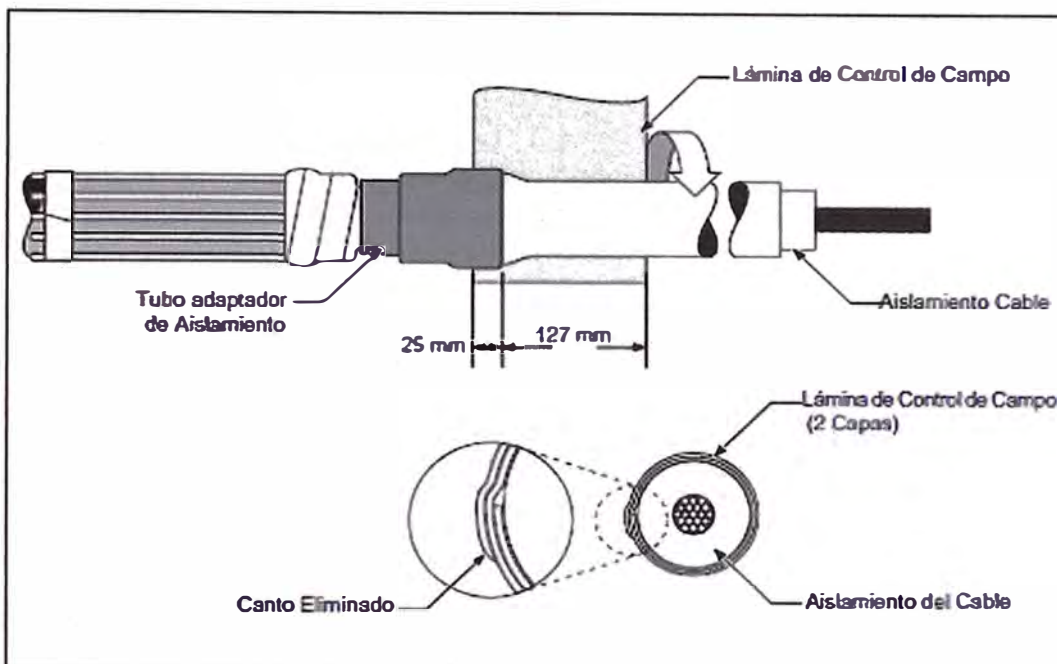


Figura 9

- 4.2 Cubra la lámina de Control de Campo con dos capas, a media solapa y con bastante tensión, de cinta Scotch® Súper 88. Deje sin cubrir los dos laterales del mastic de Control de Campo en 3 mm, aproximadamente. Elimine el canto del mastic de Control de Campo presionando este, suavemente, con los dedos. (Figura 10)

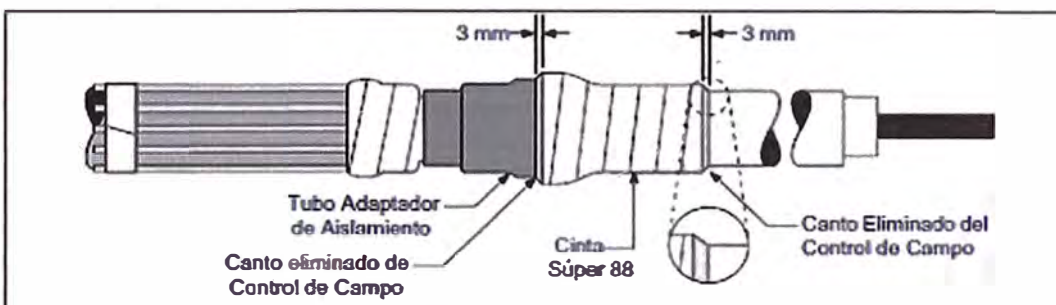


Figura 10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA
SILICONA EN TERMINACIONES
AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA
TENSION

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.R.



Figura 3.25 Instructivo de Montaje

- 4.3 Cubrir con una capa (2 tubos) de Compuesto Rojo P55/R, no grasa de silicona, la lámina de control de Campo a la vista, la cinta Súper 88 y el aislamiento primario, hasta llegar a 125 mm del final de este. (Figura 11)

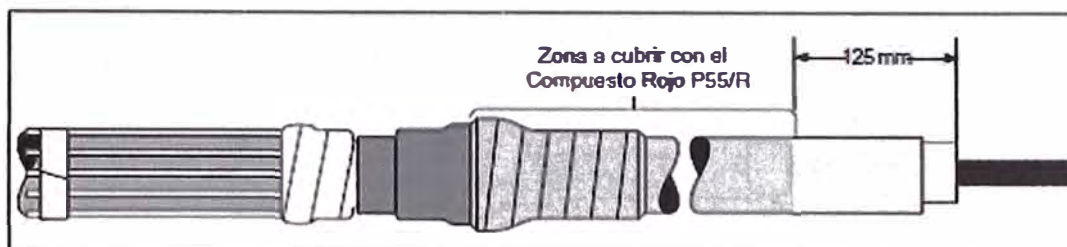


Figura 11

- 4.4 Seleccione el Tubo de Control de Campo (de dimensión media y con el núcleo blanco) y sitúelo sobre el cable con la salida de la Cinta-núcleo hacia el conector terminal. Alinear el Tubo de Control de Campo, no el núcleo, con el escalón de la zona negra semi-conductora del Tubo Adaptador de Aislamiento y retirar la cinta-núcleo. La cinta-núcleo se retira con un suave tirón y posterior vuelta de esta sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. Limpiar el aislamiento del cable a la vista. (Figura 12)

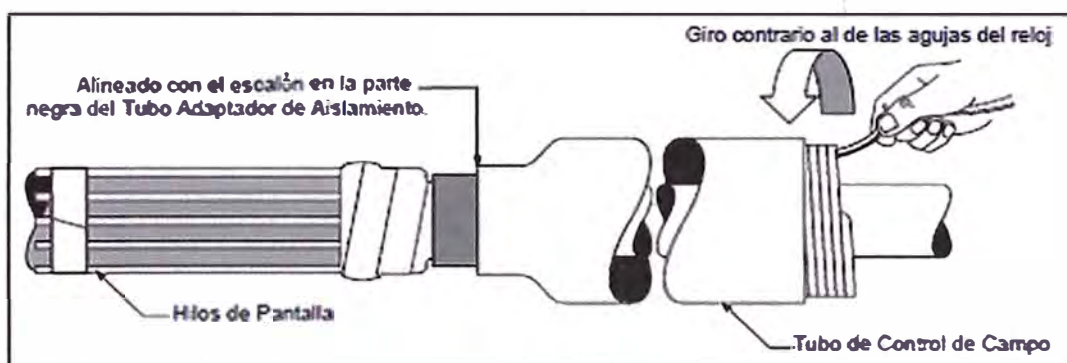


Figura 12

- 4.5 Seleccione una tira de mastic de Control de Campo, 50 mm x 280 mm. Retire el separador y aplíquela alrededor del final del tubo de Control de Campo y el aislamiento. La mitad de la tira de mastic de Control de Campo sobre el tubo de Control de Campo y la otra mitad sobre el tubo adaptador de aislamiento. (Figura 13)

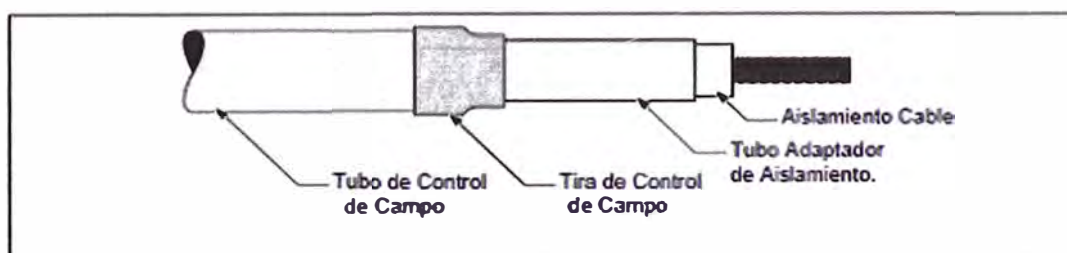


Figura 13

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA SILICONA EN TERMINACIONES AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA TENSION

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.P.



Figura 3.26 Instructivo de Montaje

- 4.2 Cubra el mastic de Control de Campo con dos capas, a media solapa y con bastante tensión, de cinta Scotch® Súper 88. Deje sin cubrir los dos laterales del mastic de Control de Campo en 3 mm, aproximadamente. Elimine el canto del mastic de Control de Campo presionando este suavemente con los dedos. (Figura 14)

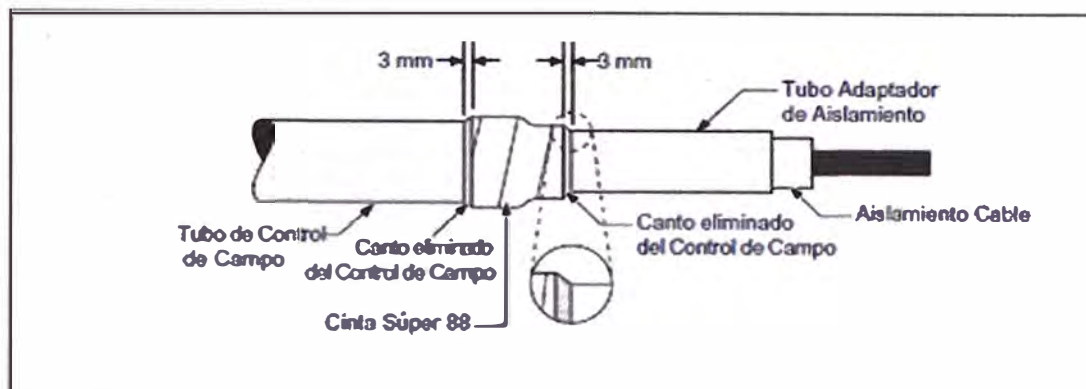


Figura 14

5.0 Montaje del Conector Terminal

- 5.1 Asegúrese de que el cable se encuentra comprendido en los rangos que se muestran en la Figura 1.
- 5.2 Monte el terminal siguiendo las instrucciones del fabricante. Retire el exceso de grasa del conector y elimine cualquier arista cortante surgida por el proceso de compresión.
- 5.3 Tome una tira de mastic de Control de campo de 50 mm x 280 mm y retire el separador, dóblela sobre si misma, a lo largo, formando un cordón de 12 mm de ancho, aproximadamente. (Figura 15)

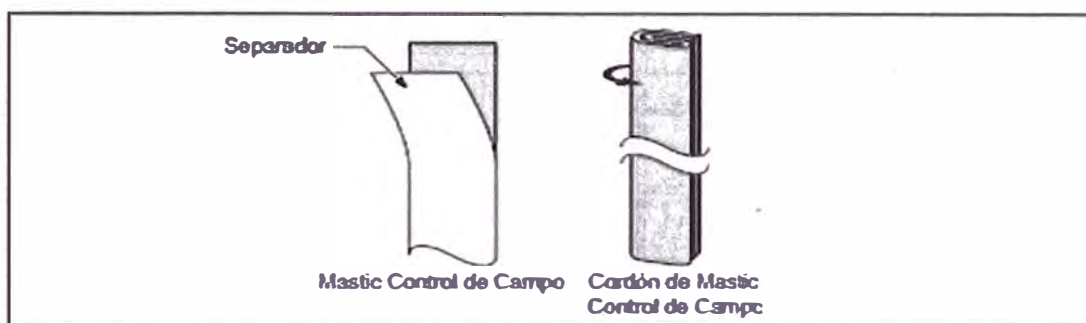


Figura 15

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA
SILICONA EN TERMINACIONES
AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA
TENSION

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.R.



Figura 3.27 Instructivo de Montaje

5.4 Aplique el cordón de mastic de control de Campo alrededor del conductor, entre el aislamiento del cable y el conector. Aplique el cordón hasta igualar el diámetro del aislamiento y conector. (Figura 16)

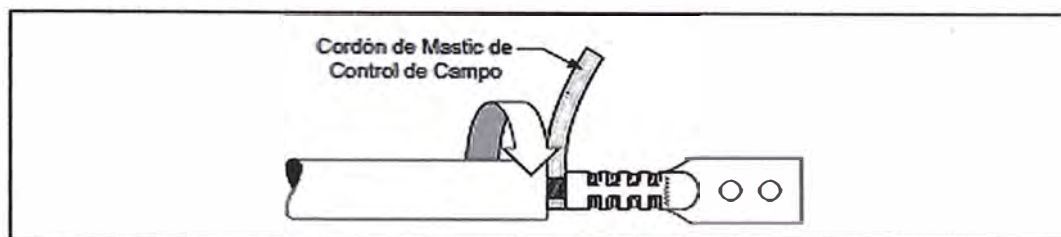


Figura 16

5.5 Aplique una capa adicional de mastic de Control de Campo, sin doblar; cubriendo 25 mm el tubo adaptador de aislamiento y 50 mm la parte cilíndrica del conector. (Figura 17)

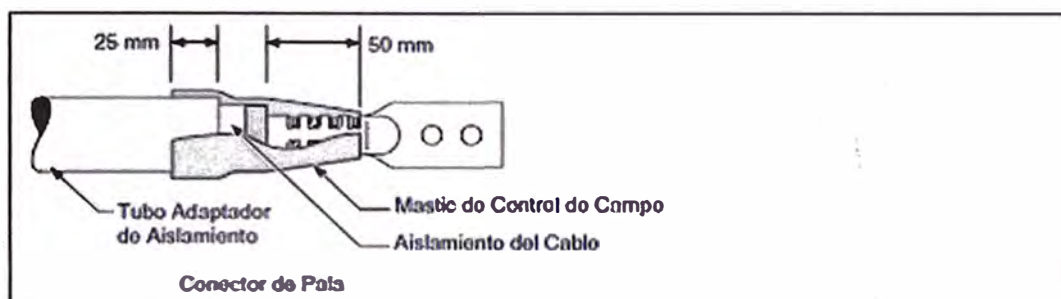


Figura 17

5.6 Cubrir el mastic de Control de Campo con dos capas, a media solapa y con una tensión moderada, de cinta Scotch® 70. Deje sin cubrir los dos laterales del mastic de Control de Campo en 3 mm, aproximadamente. Elimine el canto del mastic de Control de Campo presionando este, suavemente, con los dedos. (Figura 18)

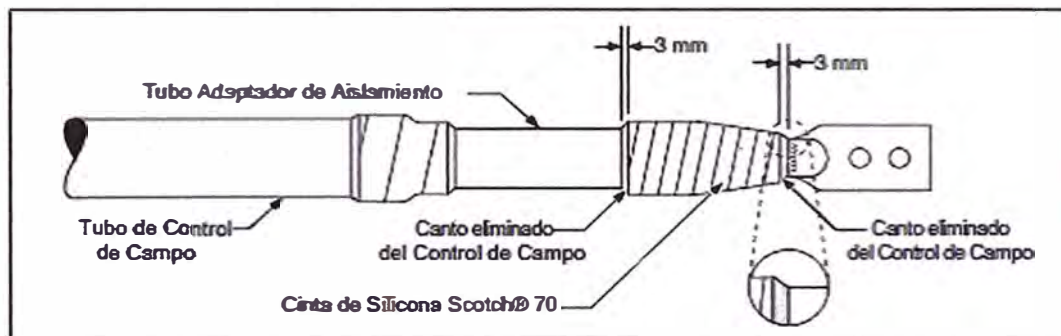


Figura 18

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA
SILICONA EN TERMINACIONES
AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA
TENSION

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.R.



Figura 3.28 Instructivo de Montaje

- 5.7 Cubrir con una capa de compuesto rojo P/55R (no grasa de Silicona) 50 mm de cinta Scotch 70 y unos 100 mm de aislamiento. (Figura 19)

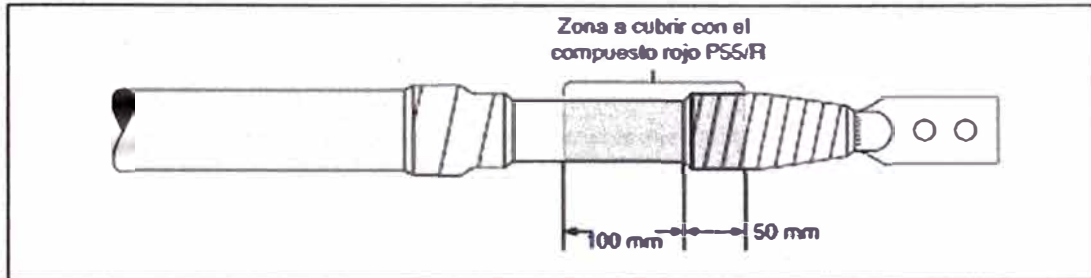


Figura 19

- 5.8 Monte el tubo Aislador del Conector, posicionándolo sobre el cable, con la salida de la cinta-núcleo en el lado opuesto al conector terminal y montando 50 mm sobre este. Contraer el tubo, en esta posición, tirando de la cinta-núcleo, con suave tirón y posterior vuelta sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. (Figura 20)

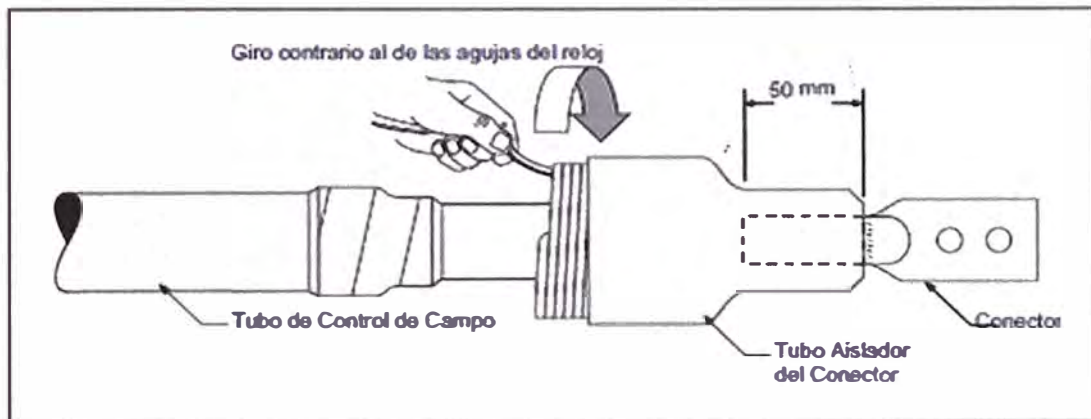


Figura 20

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA SILICONA EN TERMINACIONES AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA TENSION

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.R.



Figura 3.29 Instructivo de Montaje

- 5.9 Aplique una capa, con 3 tubos de compuesto rojo P55/R, desde el tubo aislador del conector hasta cubrir, totalmente el tubo de Control de Campo. Rellene, generosamente, el escalón del Tubo Aislador del Conector. No ponga el compuesto rojo P55/R sobre la superficie del Tubo Aislador del Conector. (Figura 21)

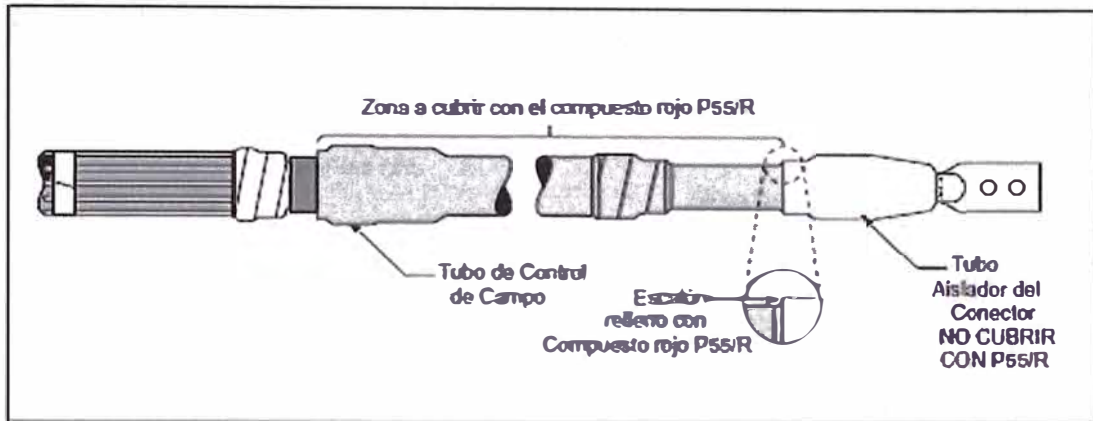


Figura 21

- 5.10 Tome el Tubo Aislador Principal, tubo largo liso, y posicione sobre el cable con la salida de la cinta-núcleo en dirección a la cubierta de este. Alinear el Tubo Aislador Principal con el Tubo Aislador del conector y contraerlo. Contraer el Tubo de Aislamiento Principal en esta posición con un suave tirón de la cinta-núcleo y posterior giro de esta sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. (Figura 22)

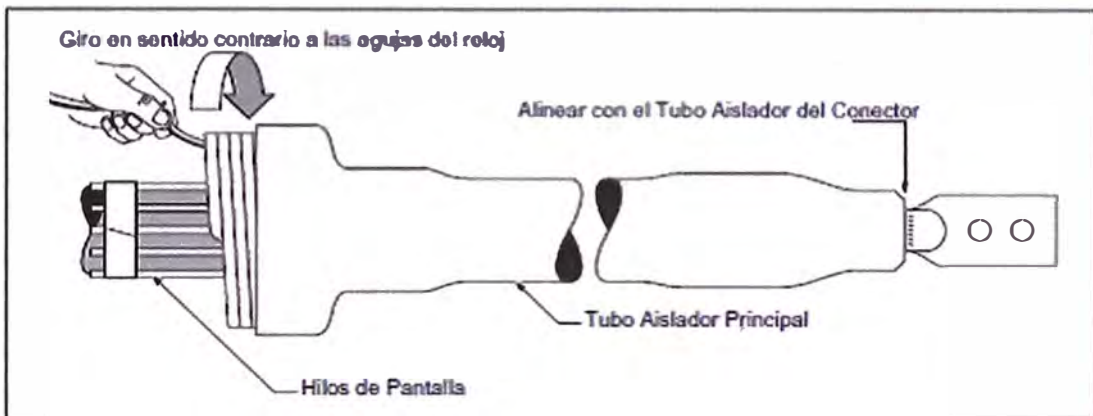


Figura 22

- 5.11 Limpiar el Aislador Principal con un limpiador adecuado, CC-4, y secar con un trapo sin pelusas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA
SILICONA EN TERMINACIONES
AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA
TENSION

DIB: AUGUSTO NEGREIROS
DIS: AUGUSTO NEGREIROS
APROBADO: A.I.R.



Figura 3.30 Instructivo de Montaje

5.12 Tome el Aislador de Aletas y, cuidadosamente, retire el núcleo rojo de transporte, tirando de la cinta-núcleo de este y girando sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. Sitúe el Aislador de Aletas sobre el cable, la salida de la cinta-núcleo hacia la cubierta del cable. Alinear el Aislador de Aletas con el Tubo Aislador Principal, ya instalado, y contraerlo. Para contraer el Tubo de Aletas retire la cinta-núcleo, tirando de esta con un suave tirón, y posterior giro sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. (Figura 23)

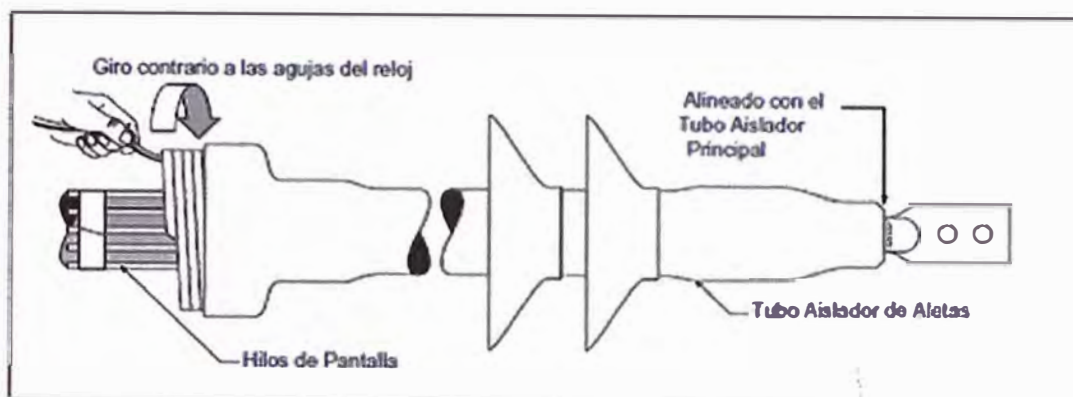


Figura 23

5.13 Conecte la terminación al sistema eléctrico.

5.14 Conecte a la tierra del sistema los hilos de la pantalla del cable.

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA</p>	<p>TITULO: UTILIZACION DE LA GOMA SILICONA EN TERMINACIONES AUTOCONTRAÍBLES DE ALTA TENSION</p>	<p>DIB: AUGUSTO NEGREIROS DIS: AUGUSTO NEGREIROS APROBADO: A.I.R.</p>	
---	---	---	--

Figura 3.31 Instructivo de Montaje

CAPITULO IV ESPECIFICACIONES TECNICAS.

4.1 Introducción.

En este capítulo se establecen las características técnicas que deben cumplir las terminaciones de alta tensión, para efectos de ser utilizadas en las redes de distribución de una empresa de electricidad. Esta información es normalmente requerida en las licitaciones de obra, por lo que para aclarar los conceptos que se deben especificar se indican ejemplos de valores típicos, los cuales en el caso de las terminaciones autocontraíbles de goma silicona, resultan ser iguales o mayores que los solicitados.

También se especifican otros elementos relacionados con las terminaciones como son: los cables de energía de energía, las condiciones ambientales y de operación.

4.2 Normas de fabricación y pruebas.

En nuestro medio, las empresas eléctricas solicitan que las terminaciones utilizadas en 60kV cumplan con una de las siguientes normas:

- IEEE Standard 48 evalúa terminaciones en el rango de 2.5kV a 765kV”
- IEC 60840 2004-04 evalúa terminaciones en el rango de 30kV a 150kV.

4.3 Condiciones ambientales.

Se establece las condiciones ambientales en las cuales trabajaran las terminaciones de alta tensión. Las empresas de electricidad de Lima han clasificado las siguientes zonas de su área de concesión, según el nivel de corrosión.

4.3.1 Zona costera de “corrosión severa, alta contaminación”

- Altura sobre el nivel del mar: Hasta 300mts
 - Humedad relativa: de 70% hasta 100%
 - Temperatura ambiente: de 15° C a 35° C
 - Neblina con suspensiones de sal, humos industriales y carencia de lluvias.
- Ambiente que presenta alta contaminación y corrosión.

4.3.2 Zona interior de “corrosión moderada”

- Altura sobre el nivel del mar: desde 300mts hasta 2000mts
- Humedad relativa: hasta 70%
- Temperatura ambiente: de 10° C a 35° C
- Lluvias y neblinas durante los meses de Diciembre a Abril.

4.4 Condiciones de Operación.

Con el objetivo de realizar una buena selección de las terminaciones de alta tensión es necesario conocer datos sobre el sistema eléctrico donde van a ser instaladas:

- Tensión de servicio
- Tensión máxima de operación
- Nivel de cortocircuito
- Tipo de conexión del neutro

4.5 Condiciones generales de suministro

Además de las características técnicas de las terminaciones es necesario conocer los tipos de cables de energía donde van a ser instaladas, por lo que se indican los datos de ambos materiales.

4.5.1 Características de los cables de energía.

Para efectos de selección de la terminación adecuada para un cable de energía determinado es necesario conocer los datos siguientes:

- Tensión de diseño
- tensión de servicio
- Calibre del conductor
- Diámetro sobre el aislamiento
- Tipo de aislamiento
- Tipo de instalación (unipolar ó tripolar)
- Altitud sobre el nivel del mar. (msnm)

4.5.2 Características de las terminaciones

Las características técnicas básicas que las terminaciones deberán cumplir son:

- Serán Clase 1, es decir proveerán control de esfuerzo eléctrico, aislamiento resistente al tracking y sello contra el ingreso de humedad.
- Indicar la tecnología de montaje.
- Tipo de instalación, uso interior o exterior.
- Incluirán el conector de puesta a tierra.
- El borne terminal será estanco y tendrá un baño de estaño para protección contra la corrosión.

- El instructivo de montaje, preferentemente en español será incluido en el kit.
- La caja del kit llevará los datos siguientes:
 - terminación exterior o interior
 - tensión nominal de diseño (E): 69 kV.
 - Tipo de cable de energía: unipolar o tripolar
 - Sección: mm² ó AWG
 - diámetro sobre el aislamiento: mm
 - Numero de catalogo: QTIII 7672-S-8
 - Código de stock.

4.6 Garantía de calidad técnica.

La garantía técnica otorgada es de 2 años a partir de la entrega del material y Consiste en la obligación de reponer el producto que presente fallas atribuibles al diseño o al proceso de fabricación.

4.7 Especificaciones técnicas de suministro.

Las especificaciones técnicas deberían ser abiertas, es decir no deben estar direccionadas a determinado fabricante o tecnología. En la tabla 4.1 se da un ejemplo de especificaciones en la cual los datos requeridos están dados por normas internacionales, sin embargo especifican una tecnología.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	VALOR OFRECIDO
2.0	TERMINAL UNIPOLAR DE CABLE PARA INTEMPERIE / INTERIOR			
2.1	Fabricante	--		
2.2	Procedencia	--		
2.3	Norma de fabricación y prueba	--	IEEE 48	
2.4	Tipo de material	--	Polimérico	
2.5	Tecnología		Termocontraible	
2.6	Tensión nominal	kV	60	
2.7	Tensión máxima de operación	kV	72.5	
2.8	Nivel Básico de Aislamiento	kV	350	
2.9	Potencia nominal a transmitir	MVA	80	
2.10	Sección del conductor de cobre	mm ²	500	
2.11	Diámetro exterior del cable (*)			
	- Máximo	mm		
	- Mínimo	mm		
2.12	Longitud recta total	mm	1 500 / 1 200	
2.13	Longitud de fuga mínima intemperie/interior	mm	2248 / 1813	
2.14	Diámetro de campana de aislamiento	mm		
2.15	Temperatura máxima del conductor de condiciones nominales	°C	90	
2.16	Temperatura del conductor durante sobrecargas de emergencia	°C	130	
2.17	Temperatura del conductor para el estado de cortocircuito	°C	250	
2.18	Masa total del terminal intemperie/interior	kg		
2.19	Extremo de conexión			
2.19.1	Tipo	--	Pin (tubular sólido)	
2.19.2	Diámetro del Pin	mm	40	
2.19.3	Tipo de ajuste	--	Pernos de Autocizallamiento	
2.19.4	Norma de fabricación y prueba		IEC 61238 Clase A	

Tabla 4.1 Especificaciones técnicas de terminación polimérica unipolar, uso interior, para cable de energía N2XSY, 60Kv.

CAPITULO V

PRUEBAS APLICADAS A TERMINACIONES DE ALTA TENSION.

5.1 Introducción

En nuestro medio para realizar las pruebas de terminaciones de alta tensión se considera como referencias la norma IEEE Std 48 ó la norma IEC 60840 2004-04.

Las pruebas se consideran pruebas tipo, es decir son realizadas por el fabricante durante el desarrollo de un nuevo producto o modelo de terminación y serán tales que después de haber sido superadas no deberán repetirse a excepción de que dicho modelo sufra modificaciones en su concepción o en alguno de los materiales utilizados.

Estas pruebas garantizan la buena performance a largo plazo de los accesorios. En general los accesorios deben tener una expectativa de vida similar al cable de energía.

Debido a la variedad de materiales usados y modelos de estos accesorios el fabricante tiene la potestad de diseñar sus propios métodos de calificación de sus productos, por lo que no se puede establecer pruebas de rutina. Sin embargo, las pruebas mínimas a efectuar a las terminaciones serán convenidas entre el fabricante el usuario.

5.2 Pruebas de la goma silicona como materia prima.

La goma silicona tiene buenas propiedades físicas, que la hacen apta para ser usada como materia prima para la fabricación de terminaciones de alta tensión. En el Anexo B se muestran características como: Factor de disipación, constante dieléctrica, elongación, carga de rotura y otros.

5.3 Pruebas de diseño y producto terminado.

5.3.1 Organismos internacionales:

Los principales organismos internacionales que se consideran como referencias para realizar las pruebas de diseño y producto son:

- IEEE USA
- IEC Europa
- CENELEC Europa
- BSI Inglaterra
- EDF Francia
- VDE Alemania
- JCAA Japón
- ABTN Brasil

5.3.2 Pruebas estandarizadas

De acuerdo a la norma IEEE Std 48 las terminaciones deben pasar satisfactoriamente las pruebas siguientes:

- a.- Prueba de tensión sostenida a frecuencia industrial 60 segundos en seco.
- b.- Prueba de tensión sostenida a frecuencia industrial 60 segundos en húmedo.
- c.- Prueba de tensión sostenida a frecuencia industrial 6 horas en seco.
- d.- Prueba de descargas parciales (efecto corona)
- e.- Prueba de tensión de impulso (BIL)
- f.- Prueba de carga cíclica

5.3.3 Secuencia típica de pruebas:

Las pruebas mencionadas no se realizan separadamente, sino que deberán seguir una secuencia de pruebas. Una secuencia típica es la siguiente:

1. Descargas parciales
2. Tensión sostenida AC 1min
3. Tensión sostenida AC 6 hr.
4. Tensión sostenida AC 10 seg (lluvia).
5. Tensión sostenida DC 15min
6. Impulso BILL
7. Descargas parciales
8. Ciclos térmicos
9. Descargas parciales
10. Impulso BILL
11. Prueba de presión (detectar fugas)

5.3.4 Pruebas adicionales.

Adicionalmente a las pruebas estandarizadas el fabricante puede diseñar sus propias pruebas de producto en coordinación con el usuario. Entre ellas mencionamos las siguientes:

- a.- Prueba salina: las terminaciones son expuestas a una mezcla vaporizada de agua y sal y energizadas a V_0 de tensión. El nivel de conductividad de la solución salina es de 1,000uS/cm.
- b.- Prueba de contaminantes sólidos: Simula zonas industriales de alta humedad y costeras. Las terminaciones son cubiertas con una mezcla de contaminantes sólidos (ASTM-D-2132) que incluyen:

Contaminante	Cantidad
Sílica	85 partes
Arcilla	9 partes
Sal (NaCl)	3 partes
Pulpa de Papel	3 partes
Agua	100 partes

Tabla 5.1 Composición de contaminantes para prueba de laboratorio.

Son constantemente rociadas por agua y energizadas a un valor de 150% de la tensión nominal.

- c.- Prueba francesa de humedad: Se utiliza para terminaciones de uso interior en ambientes de humedad relativa 95% y temperatura de 30 a 45°. Se aplica una tensión de $2xV_0$ durante 350 horas.

5.3.5 Descripción de las principales pruebas de terminaciones de alta tensión:

Previamente a la realización de las pruebas, las muestras deberán estar Preparadas teniendo en cuenta lo siguiente:

- Deben estar limpias
- Deben estar secas o húmedas (según el tipo de prueba)
- Deben estar montadas sobre el cable de energía de mayor calibre para el cual están diseñadas.
- Deben ser montadas siguiendo las instrucciones del fabricante, incluyendo el control de esfuerzo y el sello contra ingreso de humedad.
- Deben estar conectadas a los equipos de prueba utilizando elementos similares a los que se usan en una instalación estándar.

a.- Prueba de tensión sostenida a frecuencia industrial: La tensión de prueba se aplicará entre el conductor y la pantalla puesta a tierra para el caso de cables de energía unipolares y entre un solo conductor y los otros dos unidos entre si y las pantallas puestas a tierra para el caso de los cables de energía tripolares.

Si la muestra soporta la tensión de prueba especificada, durante los tiempos que se indican en las columnas 3, 4 y 5 de la tabla 5.2, se considera que la muestra ha pasado la prueba. Si ocurre descarga disruptiva ó perforación, se deberá repetir la prueba. Si en la repetición de la prueba se presenta nuevamente una descarga disruptiva o perforación se considera que la muestra no pasó la prueba y será rechazada; en cambio si en la repetición no hay presencia de descarga ni otro tipo de falla entonces se considera que la muestra si pasó la prueba.

Cabe mencionar que la prueba de tensión sostenida durante 10 segundos en húmedo solo es requerida para los modelos de uso exterior.

b.- Prueba de descargas parciales (corona) tensión de extinción: El instrumento detector de descargas parciales debe estar ajustado para medir pulsos de descarga del orden de 3pC. La tensión de prueba debe ser elevada por lo menos hasta 120% del valor indicado en la columna 8 de la tabla 5.2. Si la descarga parcial excede de 3pC la tensión será disminuida hasta el valor indicado en la columna 8 y deberá mantener este nivel mínimo 3 seg. y máximo 60 segundos. La muestra pasará la prueba si el nivel de descarga parcial no excede de 3pC durante el periodo indicado.

c.- Prueba de tensión de impulso (BIL): Se realiza con la tensión normalizada de 1.2/50us, con los valores de cresta que se indican en la columna 9 de la tabla 5.2. Se deben aplicar 10 impulsos positivos y 10 impulsos negativos entre conductor y pantalla de puesta a tierra para el caso de cables de energía unipolares y entre un solo conductor y los otros dos unidos entre si y las pantallas puestas a tierra para el caso de cables de energía tripolares.

Se considera el resultado como satisfactorio si no se producen descargas externas ni perforaciones. Se admite que durante los ensayos de un terminal se produzca una descarga externa en cuyo caso deberán aplicarse 10 nuevos impulsos de la misma polaridad. Si no se produce ninguna descarga externa ni perforación se considerara que la muestra paso la prueba.

d.- Prueba de tensión sostenida en corriente continua: La muestra será sometida a la tensión continua indicada en la columna 11 de la tabla 5.2 durante 15 minutos. Si ocurre una descarga o perforación, se repite la prueba. Si vuelve a producirse descarga o perforación se considera que la muestra no pasó la prueba.

e.- Prueba de ciclo de carga (envejecimiento acelerado): Para terminaciones en cable de energía unipolar y clase de aislamiento hasta 69kV, se preparan 4 muestras montadas en los extremos de 2 tramos de cables de energía. Estos tramos de cable de energía tendrán una longitud de 2.0 mts como mínimo cada uno y estarán conectados en paralelo con ambas pantallas conectadas a tierra.

La prueba consta de 3 etapas:

Primera etapa: En la columna 6 de la tabla 5.2 se indica la tensión que será aplicada sin interrupción durante un periodo de 30 días. La fase de calentamiento se inicia haciendo circular por los cables de energía una corriente tal que la temperatura en el conductor se encuentre a unos 5° C de su temperatura máxima de operación en emergencia y por un periodo de 6 horas. La fase de enfriamiento se realiza sin corriente pero con tensión aplicada, durante un tiempo tal que la temperatura del conductor se encuentre a unos 5° C de la temperatura ambiente.

Un ciclo de carga aproximadamente se logra en 24 horas dependiendo del tiempo que tome llegar a las temperaturas requeridas de calentamiento y enfriamiento. Se debe completar 30 ciclos de carga.

Segunda etapa: Luego de los 30 ciclos de carga mencionados, las 4 muestras serán sometidas a la prueba de descargas parciales (corona)

Tercera etapa: Finalmente las 4 muestras serán sometidas a la prueba de tensión de impulso aplicando una tensión normalizada de 1.2 / 50 us.

Luego de haber realizado las tres etapas se verifica el estado físico de las muestras y si se comprueba que se haya producido perforación o daños en el dieléctrico en una de las muestras se considerará como falladas todas las muestras.

f.- Prueba de presión (detección de fugas): La muestra será sometida a una presión de 200 kPa (30 lb/pulg²) en el extremo del cable de energía por una hora. Si se usa gas a presión la muestra debe ser sumergida en un recipiente de agua con solución jabonosa a no menos de 5cm debajo de la superficie. Si se usa un líquido a presión la muestra deberá ser espolvoreada con tiza en las zonas de los sellos y se aplicara una presión de 100 kPa (15 lb/pulg²) durante dos horas ó 50 kPa (7 lb/pulg²) durante 6 horas.

La muestra pasará la prueba si no se presentan fugas ni roturas luego de haber realizado el ensayo.

Table 2—Standard dielectric tests for high-voltage extruded dielectric cable terminations assembled and ready for service

Insulation class (kV) (12)	Max design voltage to ground (kV) (13)	1 min Dry withstand (kV RMS)	10 s Wet withstand (3) (kV RMS)	6 h Dry withstand (kV RMS)	Cyclic aging dry (kV RMS)	Radio influence voltage dry (μ V)	Partial discharge (corona) extinction voltage (11) (kV RMS) Column 8	Lightning impulse (BIL) dry withstand (kV crest) Column 9	Switching Impulse (BSL) (3) wet (dry) withstand (kV crest) Column 10	Direct voltage test (9) 15 min dry withstand (kV avg) Column 11
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11
2.5	1.6	20	20	10	4.5	50	2	60	—	40
5	3.2	25	25	15	9	50	4.5	75	—	50
8.7	5.5	35	30	25	15	50	7.5	95	—	65
15	9.5	50	45	35	26	50	13	110	—	75
25	16	65	60	55	43	100	21.5	150	—	105
34.5	22	90	80	75	60	150	30	200	—	140
46	29.5	120	100	100	60	200	40	250	—	170
69	44	175	145	120	80	300	60	350	—	245
115	73	205	190	160	133	400	80	450	—	275
120	73	260	230	190	140	450	100	550	—	320
138	88	310	275	210	160	500	120	650	—	355
161	102	365	315	250	186	500	140	750	—	395
230	146	460	445	330	265	—	200	1050	—	510

ALTERNATING-CURRENT CABLE TERMINATIONS 2.5 kV THROUGH 765 kV

Tabla 5.2 Pruebas dieléctricas para terminaciones instaladas en cables de energía de media y alta tensión de aislamiento extruido

5.4 Resultado de las pruebas realizadas en terminaciones autocontraíbles de alta tensión (60kV)

En la tabla 5.3 se muestran los resultados obtenidos al realizar las pruebas de diseño, para una terminación autocontraíble de goma silicona Clase 60kV, tomando como referencia los valores indicados por la norma IEEE Std 48-1990. Datos adicionales para mayo número de campanas se muestran en el anexo B.

Typical Results, IEEE Standard 48 Long-Term Test Sequence

Insulation Class Test	69 kV	
	Requirements	Typical Value
Partial Discharge Extinction Voltage @ 3 pC*	60 kV	80 kV
Power Frequency Voltage 1 min. Dry Withstand	175 kV	pass
Power Frequency Voltage 6 hour Dry Withstand	120 kV	pass
Power Frequency Voltage 1 min. Wet Withstand	145 kV	pass
Direct Voltage 15 min. Dry Withstand	245 kV	pass
Lightning Impulse Voltage Withstand (BIL)	350 kV	pass
Partial Discharge Extinction Voltage @ 3 pC	60 kV	80 kV
Cyclic Aging (30 days, 130°C cond. temp.)	80 kV	pass
Lightning Impulse Voltage Withstand (BIL)	350 kV	pass
Partial Discharge Extinction Voltage @ 3 pC	60 kV	80 kV
Pressure Leak (see Sealing Tests below)	7 psi for 6 hours	pass

* IEEE 48 requires <5 pC @ 60 kV

Tabla 5.3 Resultados de pruebas según norma IEEE Std 48-1990

5.5 Protocolo de pruebas típico de terminaciones autocontraíbles para uso interior / exterior.

En el Anexo A se muestra el protocolo de pruebas de una terminación autocontraíble de goma silicona para uso exterior, en la cual se observa que los resultados de las pruebas exceden largamente los valores requeridos por la norma IEEE Std 48.

CAPITULO VI

COSTOS DE UTILIZACION

6.1 Introducción

Las terminaciones fabricadas con materiales elastoméricos son cada día menos costosas; los materiales y equipos tales como: transformadores, celdas, cables de energía y otros son más significativos en la estructura de costos de obras en redes de distribución primaria. Sin embargo, en forma referencial se indican en este capítulo precios de terminaciones de goma silicona y el costo de la mano de obra para el montaje.

6.2 Tiempos de instalación.

El tiempo total de instalación de una terminación esta dado por la suma del tiempo de preparación del cable de energía más el tiempo de montaje del kit.

En la tabla 6.1 se muestran los tiempos referenciales que toma la instalación de terminaciones en un cable de energía seco unipolar, 60kV según el tipo de tecnología empleada para su montaje.

Actividad (para una fase)	Autocontraible	Termocontraible	Porcelana
Preparación del conductor	3	3	3
Montaje de Terminación	2	5	7
Tiempo Total (horas):	5	8	10

Tabla 6.1 Comparativo de tiempos de montaje de terminaciones con las tecnologías Autocontraible, Termocontraible y Porcelana

Vemos que la tecnología autocontraíble es la que emplea menos tiempo para instalar un kit de terminaciones, por lo tanto el costo de mano de obra también será menor.

6.3 Precios referenciales de terminaciones y costos de montaje.

En la tabla 6.2 se muestran los precios de mercado de kits de terminaciones unipolares, clase 60kV, para uso interior/exterior.

Especificación Técnica: Unipolar, uso interior / exterior, 60kV, 120–1000 (mm²)	Precio del Kit US\$	Montaje (Costo mano de obra US\$)	Total
Autocontraíble	4,000	2,000	6,000
Termocontraíble	4,000	3,500	7,500
Porcelana	7,000	4,500	11,500
Nota: Precios sin incluir impuestos de ley.			

Tabla 6.2 Comparativo costos totales en el montaje de terminaciones de tecnologías Autocontraíble, Termocontraíble y Porcelana

CONCLUSIONES

Como consecuencia del análisis en detalle de las características, ventajas y beneficios de la goma silicona en su aplicación para terminaciones de alta tensión podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. La silicona por sus excelentes características eléctricas, mecánicas, resistencia a los agentes contaminantes del medio ambiente y la actividad industrial presenta importantes ventajas frente a otras alternativas, ha demostrado ser un buen material para la fabricación de terminaciones de alta tensión. Estas características son:
 - Es Hidrófuga (rechaza el agua) y recupera su hidrofobicidad, a diferencia de la porcelana ú otros polímeros.
 - Es altamente resistente y estable frente a los rayos ultravioleta a diferencia de otros polímeros que requieren aditivos para adquirir esta cualidad.
 - Tiene una superficie lisa que minimiza la adhesión de contaminación.
 - Es en su mayor parte inorgánica, por lo que las erosiones producidas por descargas eléctricas no forman caminos conductivos de carbono.
 - Con pocos tamaños se abarca todos los calibres comerciales de cables de energía.

2. Las terminaciones de silicona frente a otros materiales como el termocontraíble, EPDM o la porcelana tiene las ventajas siguientes:
 - Es segura, la silicona no emite gases tóxicos en su montaje a diferencia de los materiales termocontraíbles que pueden poner en riesgo la integridad de los trabajadores y las instalaciones del entorno, ante una eventual falla en el sistema la silicona no explota ni emite esquirlas a diferencia de la porcelana
 - Es fácil y rápida de instalar, tiene pocos componentes por cada kit (diseño de la terminación de una sola pieza hasta en 35kV), es decir hay menos pasos críticos en su montaje, esta ventaja disminuye el tiempo de montaje así como la posibilidad de error humano.
 - No requiere el uso de herramientas especiales.
 - Genera presión radial continua en armonía con la variación (dinámica térmica del cable de energía debido a la variación de carga en el servicio)
 - Excelente comportamiento a baja temperatura, otros materiales se cristalizan debajo de cero grados centígrados.
 - Se puede energizar de inmediato a diferencia de las terminaciones termocontraíbles que requieren tiempo para su enfriamiento.
3. El precio de los kits de terminaciones autocontraíbles no es significativo dentro de un presupuesto de obra. El factor determinante para la selección del usuario es la seguridad, gran facilidad de montaje y el hecho de no tener que utilizar herramientas especiales ó insumos como gas (termocontraíbles)
4. Las terminaciones de goma silicona exceden las exigencias de las normas eléctricas internacionales.

ANEXO A

ESPECIFICACIONES TECNICAS, INSTRUCTIVOS

DE MONTAJE DE TERMINACIONES

AUTOCONTRAÍBLES DE GOMA SILICONA PARA

ALTA TENSION

Performance Standards Comparison -- 17/30(36) kV Outdoor Termination

Dic-98

TEST DESCRIPTION	VDE 0278 Part 5 (XLPE - U=30 kV)	GENELEC (XLPE - U=30 kV)	IEC 502-2 (XLPE - U=30 kV)	JCAA (XLPE - U=33 kV)	IEEE-48-1996 (XLPE - U=35 kV)
AC Voltage Dry Withstand	1 Min @ 70 kV	5 Min @ 81 kV 15 Min @ 45 kV	5 Min @ 81 kV 15 Min @ 45 kV	3 Hrs @ 86 kV	1 Min @ 90 kV 6 Hrs @ 75 kV
AC Voltage Wet Withstand	1 Min. @ 70 kV	N/A	1 Min. @ 72 kV	N/A	10 Sec @ 80 kV
DC Voltage Withstand	30 Min @ 144 kV	15 Min @ 108 kV	N/A	1 Hr @ 95 kV	15 Min @ 140 kV
Partial Discharge (Max. pC @ Voltage)	20 pC @ 36 kV	10 pC @ 30 kV (Hot & R/T)	10 pC @ 30 kV	10 pC @ 30 kV	5 pC @ 30 kV
Impulse @ Maximum Conductor Temperature	N/A	10(+/-) Surges at 170 kV	10(+/-) Surges at 170 kV	N/A	N/A (Splices Only)
Impulse @ Ambient Temperature	10 (+/-) Surges at 170 kV	10 (+/-) Surges at 170 kV	10 (+/-) Surges at 170 kV	3(-) Surg. @ 305 kV (200 kV BIL)	10 (+/-) Surges at 200 kV
Thermal Cycle On x Off Times Max. Cond. Temp. Applied Voltage	117 Cycles 3 Hrs x 5 Hrs 95 Deg C 30 kV	126 Cycles 8 Hrs Total (*) 105 Deg C (***) 45 kV	63 Cycles 8 Hrs Total (**) 105 Deg C (***) 45 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 90 Deg C 46 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 130 Deg C 60 kV
Shielding Test	N/A	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	N/A	N/A
Salt Fog W/S Test (Conductive Mist)	1000 Hrs. @ 21 kV	1000 Hrs. @ 22.5 kV	1000 Hrs. @ 22.5 kV	N/A	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Humid Condition)	N/A (Indoor Term Only)	N/A (Indoor Term Only)	N/A (Indoor Term Only)	> 63 to 86 kV	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Polluted Condition)	N/A	N/A	N/A	> 40 kV	N/A
Immersion (Leakage Test)	9 Load Cycles + Impulse & DC W/S	10 Load Cycles + Remainder of Test Series	N/A	N/A	N/A
Pressure Leak Test	N/A	N/A	N/A	1 Hr. @ 49 kPa	1 Hr. @ 200 kPa
Thermal Short Circuit	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	N/A	N/A
Dynamic Short Circuit	High-Current Applications Only	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	N/A	N/A

* Minimum: 2 Hours Steady

** Minimum: 2 Hours Steady x 3 Hours Cooling

*** Tolerance of +10 Deg C Added

Performance Standards Comparison -- 17/30(36) kV Indoor Termination

Dic-98

TEST DESCRIPTION	VDE 0278 Part 4 (XLPE - U=30 kV)	CENELEC (XLPE - U=30 kV)	IEC 502-2 (XLPE - U=30 kV)	JCAA (XLPE - U=33 kV)	IEEE-48-1996 (XLPE - U=35 kV)
AC Voltage Dry Withstand	1 Min @ 70 kV	5 Min @ 81 kV 15 Min @ 45 kV	5 Min @ 81 kV 15 Min @ 45 kV	3 Hrs @ 86 kV	1 Min @ 90 kV 6 Hrs @ 75 kV
AC Voltage Wet Withstand	N/A (Outdoor Term Only)	N/A	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	10 Sec @ 61 kV (Indoor-Wet Class)
DC Voltage Withstand	30 Min @ 144 kV	15 Min @ 108 kV	N/A	1 Hr @ 95 kV	15 Min @ 140 kV
Partial Discharge (Max. pC @ Voltage)	20 pC @ 36 kV	10 pC @ 30 kV (Hot & R/T)	10 pC @ 30 kV	10 pC @ 30 kV	5 pC @ 30 kV
Impulse @ Maximum Conductor Temperature	N/A	10(+/-) Surges at 170 kV	10(+/-) Surges at 170 kV	N/A	N/A (Splices Only)
Impulse @ Ambient Temperature	10 (+/-) Surges at 170 kV	10 (+/-) Surges at 170 kV	10 (+/-) Surges at 170 kV	3(-) Surg. @ 305 kV (200 kV BIL)	10 (+/-) Surges at 200 kV
Thermal Cycle On x Off Times Max. Cond. Temp. Applied Voltage	126 Cycles 3 Hrs x 5 Hrs 95 Deg C 45 kV	126 Cycles 8 Hrs Total (*) 105 Deg C (***)	63 Cycles 8 Hrs Total (**) 105 Deg C (***)	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 90 Deg C 46 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 130 Deg C 60 kV
Shielding Test	N/A	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	N/A	N/A
Salt Fog W/S Test (Conductive Mist)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Humid Condition)	100 Hrs @ 21 kV	300 Hrs @ 22.5 kV	300 Hrs @ 22.5 kV	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Polluted Condition)	N/A	N/A	N/A	> 40 kV	N/A
Immersion (Leakage Test)	N/A (Outdoor Term Only)	N/A	N/A	N/A	N/A
Pressure Leak Test	N/A	N/A	N/A	1 Hr. @ 49 kPa	1 Hr. @ 200 kPa
Thermal Short Circuit	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	N/A	N/A
Dynamic Short Circuit	High-Current Applications Only	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	N/A	N/A

* Minimum: 2 Hours Steady

** Minimum: 2 Hours Steady x 3 Hours Cooling

*** Tolerance of +10 Deg C Added

Performance Standards Comparison -- 12/20(24) kV Outdoor Termination

TEST DESCRIPTION	VDE 0278 Part 5 (XLPE - U=20 kV)	CENELEC (XLPE - U=20 kV)	IEC 502-2 (XLPE - U=20 kV)	JCAA (XLPE - U=22 kV)	IEEE-48-1996 (XLPE - U=25 kV)
AC Voltage Dry Withstand	1 Min @ 50 kV 1 Min @ 50 kV	5 Min @ 54 kV 15 Min @ 30 kV	5 Min @ 54 kV 15 Min @ 30 kV	3 Hrs @ 57 kV	1 Min @ 65 kV 6 Hrs @ 55 kV
AC Voltage Wet Withstand	1 Min @ 50 kV	1 Min @ 48 kV	1 Min @ 48 kV	N/A	10 Sec @ 60 kV
DC Voltage Withstand	30 Min @ 96 kV	15 Min @ 72 kV	N/A	1 Hr @ 64 kV	15 Min @ 105 kV
Partial Discharge (Max. pC @ Voltage)	20 pC @ 24 kV	10 pC @ 21 kV (Hot & R/T)	10 pC @ 20 kV	10 pC @ 17 kV	5 pC @ 21.5 kV
Impulse @ Maximum Conductor Temperature	N/A	10(+/-) Surges at 125 kV	10(+/-) Surges at 125 kV	N/A	N/A (Splices Only)
Impulse @ Ambient Temperature	10 (+/-) Surges at 125 kV	10 (+/-) Surges at 125 kV	10 (+/-) Surges at 125 kV	3(-) Surg. @ 230 kV (150 kV BIL)	10 (+/-) Surges at 150 kV
Thermal Cycle On x Off Times Max. Cond. Temp. Applied Voltage	117 Cycles 3 Hrs x 5 Hrs 95 Deg C 30 kV	116 Cycles 8 Hrs Total (*) 105 Deg C (***) 30 kv	63 Cycles 8 Hrs Total (**) 105 Deg C (***) 30 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 90 Deg C 30 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 130 Deg C 43 kV
Shielding Test	N/A	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	N/A	N/A
Salt Fog W/S Test (Conductive Mist)	1000 Hrs. @ 14 kV	1000 Hrs. @ 15 kV	1000 Hrs. @ 15 kV	N/A	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Humid Condition)	N/A (Indoor Term Only)	N/A (Indoor Term. Only)	N/A (Indoor Term. Only)	42 kV Minimum to 57 kV	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Polluted Condition)	N/A	N/A	N/A	26 kV Minimum	N/A
Immersion (Leakage Test)	9 Load Cycles + Impulse & DC W/S	10 Load Cycles + Remainder of Test Series	N/A	N/A	N/A
Pressure Leak Test	N/A	N/A	N/A	1 Hr. @ 49 kPa	1 Hr. @ 200 kPa
Thermal Short Circuit	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	N/A	N/A
Dynamic Short Circuit	High-Current Applications Only	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	N/A	N/A

* Minimum: 2 Hours Steady

** Minimum: 2 Hours Steady x 3 Hours Cooling

*** Tolerance of +10 Deg C Added

Performance Standards Comparison -- 12/20(24) kV Indoor Termination

Dic-98

TEST DESCRIPTION	VDE 0278 Part 4 (XLPE - U=20 kV)	CENELEC (XLPE - U=20 kV)	IEC 502-2 (XLPE - U=20 kV)	JCAA (XLPE - U=22 kV)	IEEE-48-1996 (XLPE - U=25 kV)
AC Voltage Dry Withstand	1 Min @ 50 kV	5 Min @ 54 kV 15 Min @ 30 kV	5 Min @ 54 kV 15 Min @ 30 kV	3 Hrs @ 57 kV	1 Min @ 65 kV 6 Hrs @ 55 kV
AC Voltage Wet Withstand	N/A (Outdoor Term Only)	N/A	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	10 Sec @ 43 kV (Indoor-Wet Class)
DC Voltage Withstand	30 Min @ 96 kV	15 Min @ 72 kV	N/A	1 Hr @ 64 kV	15 Min @ 105 kV
Partial Discharge (Max. pC @ Voltage)	20 pC @ 24 kV	10 pC @ 21 kV (Hot & R/T)	10 pC @ 21 kV	10 pC @ 17 kV	5 pC @ 21.5 kV
Impulse @ Maximum Conductor Temperature	N/A	10(+/-) Surges at 125 kV	10(+/-) Surges at 125 kV	N/A	N/A (Splices Only)
Impulse @ Ambient Temperature	10 (+/-) Surges at 125 kV	10 (+/-) Surges at 125 kV	10 (+/-) Surges at 125 kV	3(-) Surg. @ 230 kV (150 kV BIL)	10 (+/-) Surges at 150 kV
Thermal Cycle On x Off Times Max. Cond. Temp. Applied Voltage	126 Cycles 3 Hrs x 5 Hrs 95 Deg C 30 kV	126 Cycles 8 Hrs Total (*) 105 Deg C (***) 30 kv	63 Cycles 8 Hrs Total (**) 105 Deg C (***) 30 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 90 Deg C 30 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 130 Deg C 43 kV
Shielding Test	N/A	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	N/A	N/A
Salt Fog W/S Test (Conductive Mist)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	N/A	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Humid Condition)	100 Hrs @ 14 kV	300 Hrs @ 15 kV	300 Hrs @ 15 kV	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Polluted Condition)	N/A	N/A	N/A	26 kV Minimum	N/A
Immersion (Leakage Test)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	N/A	N/A	N/A
Pressure Leak Test	N/A	N/A	N/A	1 Hr. @ 49 kPa	1 Hr. @ 200 kPa
Thermal Short Circuit	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	N/A	N/A
Dynamic Short Circuit	High-Current Applications Only	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	N/A	N/A

* Minimum: 2 Hours Steady

** Minimum: 2 Hours Steady x 3 Hours Cooling

*** Tolerance of +10 Deg C Added

Performance Standards Comparison -- 6/10(12) kV Outdoor Termination

Dic-98

TEST DESCRIPTION	VDE 0278 Part 5 (XLPE - U=10 kV)	CENELEC (XLPE - U=10 kV)	IEC 502-2 (XLPE - U=10 kV)	JCAA (XLPE - U=11 kV)	IEEE-48-1996 (XLPE - U=15 kV)
AC Voltage Dry Withstand	1 Min @ 28 kV	5 Min @ 27 kV 15 Min @ 15 kV	5 Min @ 27 kV 15 Min @ 15 kV	3 Hrs @ 29 kV	1 Min @ 50 kV 6 Hrs @ 35 kV
AC Voltage Wet Withstand	1 Min. @ 28 kV	1 Min. @ 24 kV	1 Min. @ 24 kV	N/A	10 Sec @ 45 kV
DC Voltage Withstand	30 Min @ 48 kV	15 Min @ 36 kV	N/A	1 Hr @ 32 kV	15 Min @ 75 kV
Partial Discharge (Max. pC @ Voltage)	20 pC @ 12 kV	10 pC @ 10 kV (Hot & R/T)	10 pC @ 10 kV	10 pC @ 10 kV	5 pC @ 13 kV
Impulse @ Maximum Conductor Temperature	N/A	10(+/-) Surges at 75 kV	10(+/-) Surges at 75 kV	N/A	N/A (Splices Only)
Impulse @ Ambient Temperature	10 (+/-) Surges at 75 kV	10 (+/-) Surges at 75 kV	10 (+/-) Surges at 75 kV	3(-) Surg. @ 140 kV (90 kV BIL)	10 (+/-) Surges at 110 kV
Thermal Cycle On x Off Times Max. Cond. Temp. Applied Voltage	117 Cycles 3 Hrs x 5 Hrs 95 Deg C 15 kV	126 Cycles 8 Hrs Total (*) 105 Deg C (***) 15 kV	63 Cycles 8 Hrs Total (**) 105 Deg C (***) 15 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 90 Deg C 15 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 130 Deg C 26 kV
Shielding Test	N/A	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	N/A	N/A
Salt Fog W/S Test (Conductive Mist)	1000 Hrs. @ 7 kV	1000 Hrs. @ 7.5 kV	1000 Hrs. @ 7.5 kV	N/A	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Humid Condition)	N/A (Indoor Term Only)	N/A (Indoor Term Only)	N/A (Indoor Term Only)	> 21 to 29 kV	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Polluted Condition)	N/A	N/A	N/A	> 13.2 kV	N/A
Immersion (Leakage Test)	9 Load Cycles + Impulse & DC W/S	10 Load Cycles + Remainder of Test Series	N/A	N/A	N/A
Pressure Leak Test	N/A	N/A	N/A	1 Hr. @ 49 kPa	1 Hr. @ 200 kPa
Thermal Short Circuit	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	N/A	N/A
Dynamic Short Circuit	High-Current Applications Only	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	N/A	N/A

* Minimum: 2 Hours Steady

** Minimum: 2 Hours Steady x 3 Hours Cooling

*** Tolerance of +10 Deg C Added

Performance Standards Comparison -- 6/10(12) kV Indoor Termination

Dic-98

TEST DESCRIPTION	VDE 0278 Part 4 (XLPE - U=10 kV)	GENELEC (XLPE - U=10 kV)	IEC 502-2 (XLPE - U=10 kV)	JCAA (XLPE - U=11 kV)	IEEE-48-1996 (XLPE - U=15 kV)
AC Voltage Dry Withstand	1 Min @ 28 kV	5 Min @ 27 kV 15 Min @ 15 kV	5 Min @ 27 kV 15 Min @ 15 kV	3 Hrs @ 29 kV	1 Min @ 50 kV 6 Hrs @ 35 kV
AC Voltage Wet Withstand	N/A (Outdoor Term Only)	N/A	N/A (Outdoor Term Only)	N/A	10 Sec @ 26 kV (Indoor-Wet Class)
DC Voltage Withstand	30 Min @ 48 kV	15 Min @ 36 kV	N/A	1 Hr @ 32 kV	15 Min @ 75 kV
Partial Discharge (Max. pC @ Voltage)	20 pC @ 12 kV	10 pC @ 10 kV (Hot & R/T)	10 pC @ 10 kV	10 pC @ 10 kV	5 pC @ 13 kV
Impulse @ Maximum Conductor Temperature	N/A	10(+/-) Surges at 75 kV	10(+/-) Surges at 75 kV	N/A	N/A (Splices Only)
Impulse @ Ambient Temperature	10 (+/-) Surges at 75 kV	10 (+/-) Surges at 75 kV	10 (+/-) Surges at 75 kV	3(-) Surg. @ 140 kV (90 kV BIL)	10 (+/-) Surges at 110 kV
Thermal Cycle On x Off Times Max. Cond. Temp. Applied Voltage	126 Cycles 3 Hrs x 5 Hrs 95 Deg C 15 kV	126 Cycles 8 Hrs Total (*) 105 Deg C (***) 15 kV	63 Cycles 8 Hrs Total (**) 105 Deg C (***) 15 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 90 Deg C 15 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 130 Deg C 26 kV
Shielding Test	N/A	2 Surges to Max. Shield I sc	2 Surges to Max. Shield I sc	N/A	N/A
Salt Fog W/S Test (Conductive Mist)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Humid Condition)	100 Hrs @ 7 kV	300 Hrs @ 7.5 kV	300 Hrs @ 7.5 kV	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Polluted Condition)	N/A	N/A	N/A	> 13.2 kV	N/A
Immersion (Leakage Test)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	N/A	N/A
Pressure Leak Test	N/A	N/A	N/A	1 Hr. @ 49 kPa	1 Hr. @ 200 kPa
Thermal Short Circuit	2 Surges to Max. Cond. I sc Temp.	2 Surges to Max. Cond. I sc Temp.	2 Surges to Max. Cond. I sc Temp.	N/A	N/A
Dynamic Short Circuit	High-Current Applications Only	1 Surge @ Cond. S.C. I d	1 Surge @ Cond. S.C. I d	N/A	N/A

* Minimum: 2 Hours Steady

** Minimum: 2 Hours Steady x 3 Hours Cooling

*** Tolerance of +10 Deg C Added

Performance Standards Comparison -- 3.6/6(7.2) kV Outdoor Termination

Dic-98

TEST DESCRIPTION	VDE 0278 Part 5 (XLPE - U=6 kV)	GENELEC (XLPE - U=6.6 kV)	IEC 502-2 (XLPE - U=6.6 kV)	JCAA (XLPE - U=6.6 kV)	IEEE-48-1996 (XLPE - U=5 kV)
AC Voltage Dry Withstand	N/A	5 Min @ 17 kV 15 Min @ 9.5 kV	5 Min @ 16 kV 15 Min @ 9 kV	1 Hr. @ 35 kV	1 Min @ 25 kV 6 Hrs @ 15 kV
AC Voltage Wet Withstand	1 Min. @ 20 kV	1 Min. @ 15 kV	1 Min. @ 14.5 kV	N/A	10 Sec @ 25 kV
DC Voltage Withstand	30 Min @ 28 kV	15 Min @ 23 kV	N/A	N/A (For 6.6 kV)	15 Min @ 50 kV
Partial Discharge (Max. pC @ Voltage)	N/A	10 pC @ 6.5 kV (Hot & R/T)	10 pC @ 6 kV	10 pC @ 5 kV	5 pC @ 4.5 kV
Impulse @ Maximum Conductor Temperature	N/A	10(+/-) Surges at 60 kV	10(+/-) Surges at 60 kV	N/A	N/A (Splices Only)
Impulse @ Ambient Temperature	10 (+/-) Surges at 60 kV	10 (+/-) Surges at 60 kV	10 (+/-) Surges at 60 kV	3(-) Surg. @ 95 kV (60 kV BIL)	10 (+/-) Surges at 75 kV
Thermal Cycle On x Off Times Max. Cond. Temp. Applied Voltage	117 Cycles 3 Hrs x 5 Hrs 95 Deg C 9 kV	126 Cycles 8 Hrs Total (*) 105 Deg C (***) 9.5 kv	63 Cycles 8 Hrs Total (**) 105 Deg C (***) 9 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 90 Deg C 9.5 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 130 Deg C 9 kV
Shielding Test	N/A	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	N/A	N/A
Salt Fog W/S Test (Conductive Mist)	N/A (Not For 6 kV)	1000 Hrs. @ 5 kV	1000 Hrs. @ 4.5 kV	N/A	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Humid Condition)	N/A (Indoor Term Only)	N/A (Indoor Term Only)	N/A (Indoor Term Only)	> 12.6 to 17.0 kV	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Polluted Condition)	N/A	N/A	N/A	> 8 kV	N/A
Immersion (Leakage Test)	9 Load Cycles + Impulse & DC W/S	N/A	N/A	N/A	N/A
Pressure Leak Test	N/A	N/A	N/A	1 Hr. @ 49 kPa	1 Hr. @ 200 kPa
Thermal Short Circuit	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	N/A	N/A
Dynamic Short Circuit	High-Current Applications Only	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	N/A	N/A

* Minimum: 2 Hours Steady

** Minimum: 2 Hours Steady x 3 Hours Cooling

*** Tolerance of +10 Deg C Added

Performance Standards Comparison -- 3.6/6(7.2) kV Indoor Termination

Dic-98

TEST DESCRIPTION	VDE 0278 Part 4 (XLPE - U=6 kV)	CENELEC (XLPE - U=6.6kV)	IEC 502-2 (XLPE - U=6 kV)	JCAA (XLPE - U=6.6 kV)	IEEE-48-1996 (XLPE - U=5 kV)
AC Voltage Dry Withstand	1 Min @ 20 kV	5 Min @ 17 kV 15 Min @ 9.5 kV	5 Min @ 16 kV 15 Min @ 9 kV	1 Hr. @ 35 kV	1 Min @ 25 kV 6 Hrs @ 15 kV
AC Voltage Wet Withstand	N/A (Outdoor Term Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	10 Sec @ 9 kV (Indoor-Wet Class)
DC Voltage Withstand	30 Min @ 28 kV	15 Min @ 23 kV	N/A	N/A (For 6.6 kV)	15 Min @ 50 kV
Partial Discharge (Max. pC @ Voltage)	N/A	10 pC @ 6.5 kV (Hot & R/T)	10 pC @ 6 kV	10 pC @ 5 kV	5 pC @ 4.5 kV
Impulse @ Maximum Conductor Temperature	N/A	10(+/-) Surges at 60 kV	10(+/-) Surges at 60 kV	N/A	N/A (Splices Only)
Impulse @ Ambient Temperature	10 (+/-) Surges at 60 kV	10 (+/-) Surges at 60 kV	10 (+/-) Surges at 60 kV	3(-) Surg. @ 95 kV (60 kV BIL)	10 (+/-) Surges at 75 kV
Thermal Cycle On x Off Times Max. Cond. Temp. Applied Voltage	126 Cycles 3 Hrs x 5 Hrs 95 Deg C 9 kV	126 Cycles 8 Hrs Total (*) 105 Deg C (***) 9.5 kv	63 Cycles 8 Hrs Total (**) 105 Deg C (***) 9 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 90 Deg C 9.5 kV	30 Cycles 8 Hrs x 16 Hrs 130 Deg C 9 kV
Shielding Test	N/A	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	2 Surges to Max. Shield I _{sc}	N/A	N/A
Salt Fog W/S Test (Conductive Mist)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Humid Condition)	N/A (Not For 6 kV)	300 Hrs @ 5 kV	300 Hrs @ 4.5 kV	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A
AC F/O Volt. W/S Test (Polluted Condition)	N/A	N/A	N/A	> 8 kV	N/A
Immersion (Leakage Test)	N/A (Outdoor Term. Only)	N/A	N/A	N/A	N/A
Pressure Leak Test	N/A	N/A	N/A	1 Hr. @ 49 kPa	1 Hr. @ 200 kPa
Thermal Short Circuit	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	2 Surges to Max. Cond. I _{sc} Temp.	N/A	N/A
Dynamic Short Circuit	High-Current Applications Only	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	1 Surge @ Cond. S.C. I _d	N/A	N/A

* Minimum: 2 Hours Steady

** Minimum: 2 Hours Steady x 3 Hours Cooling

*** Tolerance of +10 Deg C Added



Terminación de Silicona QT-III Contráctil en Frío

7672-S-8-JCN (RW)

Instrucciones de Montaje

Terminación Clase 1
69 kV Class 325 kV BIL
IEC 60840
72,5 kV

Contenido del Kit:

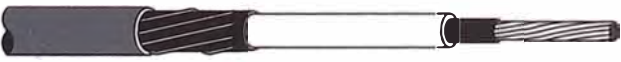
- 1 Tubo Adaptador de Aislamiento
- 1 Sellador y Aislador de Silicona para el Terminal
- 1 Hi-K Control de Campo
- 1 Aislador Tubular de Silicona
- 1 Aislador con Aletas de Silicona
- 1 Trenza Pre-formada de Puesta a Tierra
- 3 Muelles de Fuerza Constante
- 1 Rollo de Cinta Cu de Pantalla Scotch® 24
- 8 Tubos de Compuesto rojo P55/R (No es grasa de Silicona)
- 1 Rollo de Sellador Mastic 2229, (25 mm)
- 8 Tiras de Hi-K Control de Campo (4,2mm x 0,56m, 90mm x 0,28m)
- 1 Rollo de Cinta Silicona Scotch 70 (25 mm)
- 1 Rollo de Cinta PVC Súper 88 (38mm x 13,4 m)
- 1 Lámina de Hi-K Mastic de Control de Campo (150 mm)
- 1 Kit de Limpieza de Cables 3M™ CC-3
- 1 Tira de Cu 1181 de 0,38 m de longitud
- 4 Instrucciones de Montaje



ATENCIÓN: No usar cuchillos para abrir las bolsas de Plástico.

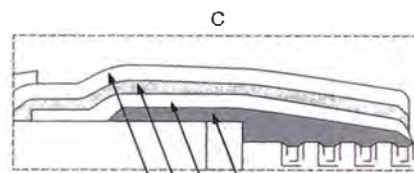
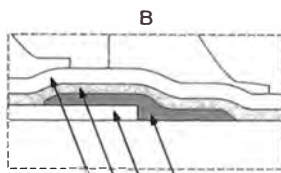
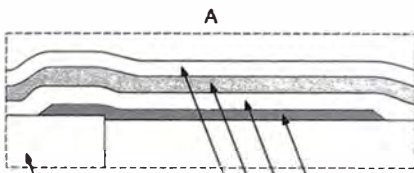
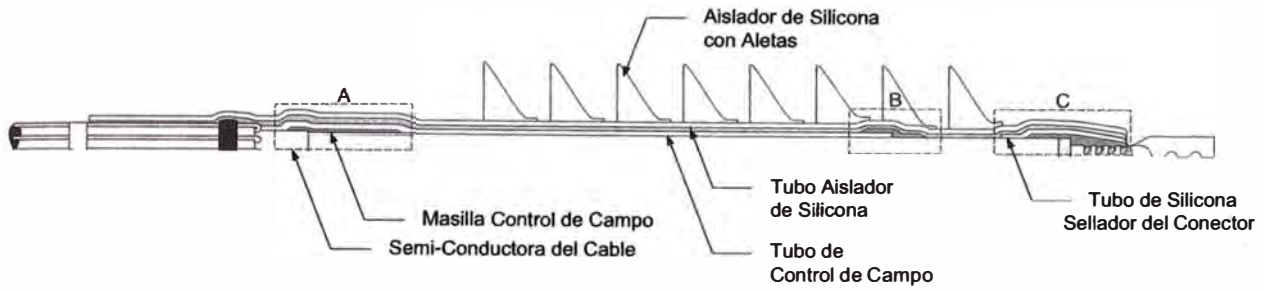
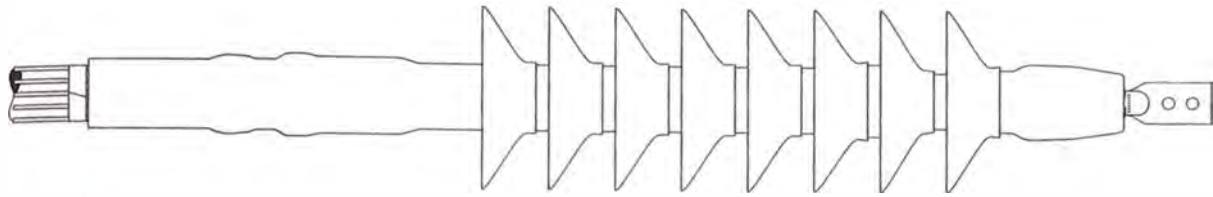
Referencia	Diámetros Sobre Aislamiento Primario	Diámetro Sobre Cubierta	Sección del Conductor (mm ²)
7672-S-8 (RW)	36.6 – 65.5 mm	49,5 - 79.0 mm	150 –1.000

Tabla 1

 <p>Cable de Aislamiento Seco y Pantalla de Hilos</p>	<p>Terminación 3M™ QT-III Silicona Contráctil en Frío Para Cables de Aislamiento Seco 33/66 (72) Kv Terminación 7672-S-8-JCN (RW)</p>
	<p>78-8131-7387-5-A</p>
	<p>⚠ CAUTION Working around energized systems may cause serious injury or death. Installation should be performed by personnel familiar with good safety practice in handling electrical equipment. De-energize and ground all electrical systems before installing product.</p>

Instalación Correcta de la Terminación

Atención: para cables "sin agua" y cubierta grafitada seguir instrucciones del anexo "A"



Semi-Conductora Externa del Cable

Masilla de Control de Campo

Tubo de Control de Campo

Tubo Aislador de Silicona

Aislador de Silicona con Aletas

Masilla de Control de Campo

Tubo de Control de Campo

Tubo Aislador de Silicona

Aislador de Silicona con Aletas

Masilla de Control de Campo

Tubo de Silicona Sellador del Conector

Tubo Aislador de Silicona

Aislador de Silicona con Aletas

Nota:

Compruebe que todos los tubos de la Terminación QT-III pasan sobre el conector terminal, presentado sobre el cable. Si el conector no pasa a través de los núcleos, la terminación no puede ser instalada usando este conector. No retirar ninguno de los núcleos por este motivo.

1.0 Preparación del Cable

- 1.1 Compruebe que las características y dimensiones del cable están dentro de las que se indican en la Tabla nº 1.
- 1.2 Prepare el cable según las dimensiones que se indican en la Figura 1. Verifique tener en cuenta la profundidad interna del conector; mas 13 mm, solo si se usa compresión, por el alargamiento del terminal.

Nota: Considere una distancia adicional de conductor por el alargamiento, en la compresión, del conector de Aluminio.

Tamaño del Cable	150–185	240–300	400– 630	800–1.000
Crecimiento del Al	6 mm	13 mm	19 mm	Según Instalación

Tabla 2

¡Atención! Si es cable "sin agua", recubierto de grafito, seguir las instrucciones del anexo "A" hasta 1.6

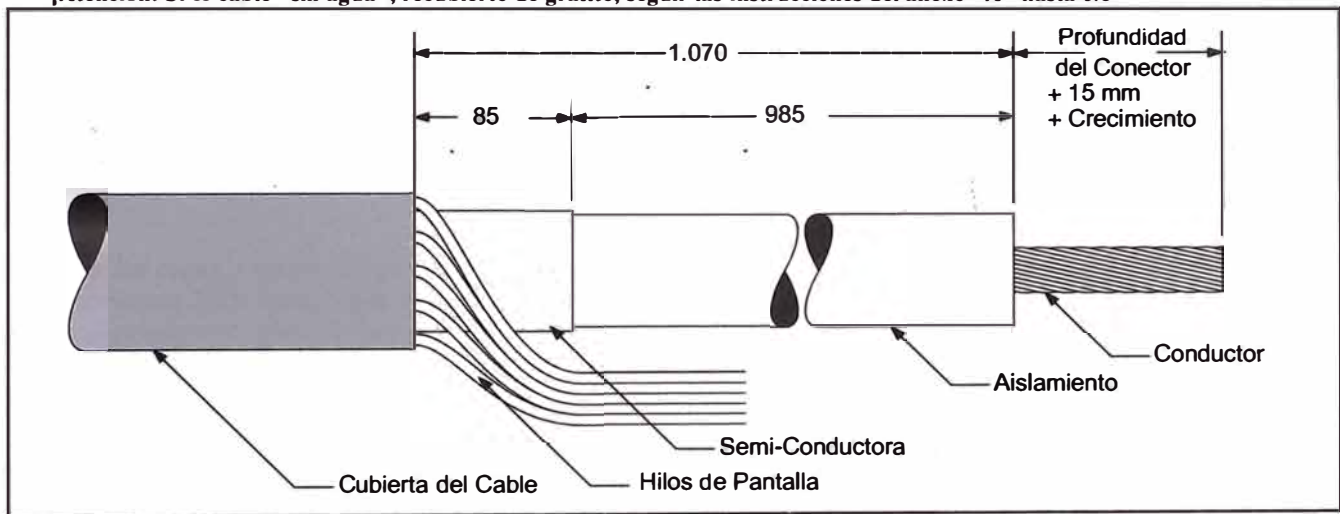


Figura 1

- 1.3 Tome del kit un rollo de Sellador Scotch 2229, en 25 mm de ancho. Corte una tira de sellador, de longitud suficiente, como para ponerla alrededor de la cubierta del cable. Retire el separador de esta tira de sellador y, con poca tensión, móntela alrededor de la cubierta del cable, a 25 mm del final de la cubierta. *Figura 2*

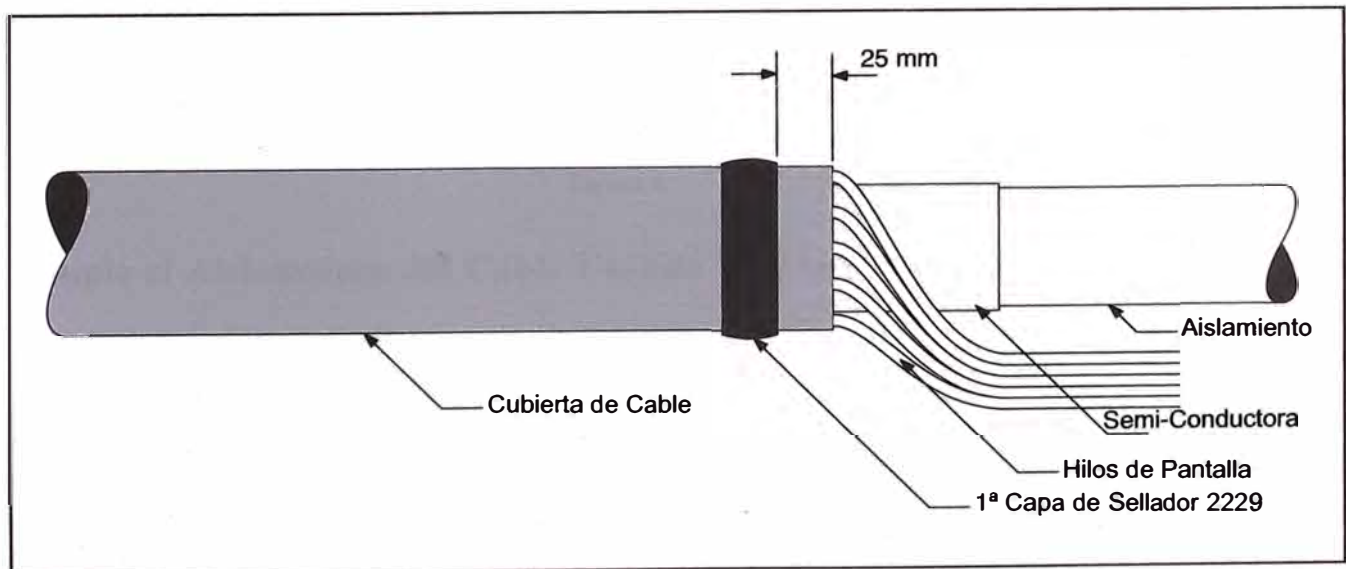


Figura 2

- 1.4 Volver los hilos de pantalla, paralelos, sobre la cubierta y apoyarlos sobre la capa de sellador. Fijar los hilos sobre la cubierta fijándolos con cinta de PVC, a 300 mm del final de la cubierta. *Figura 3*
- 1.5 Aplicar, sobre la primera y los hilos de pantalla, una segunda capa de Sellador Scotch® 2229. *Figura 3*

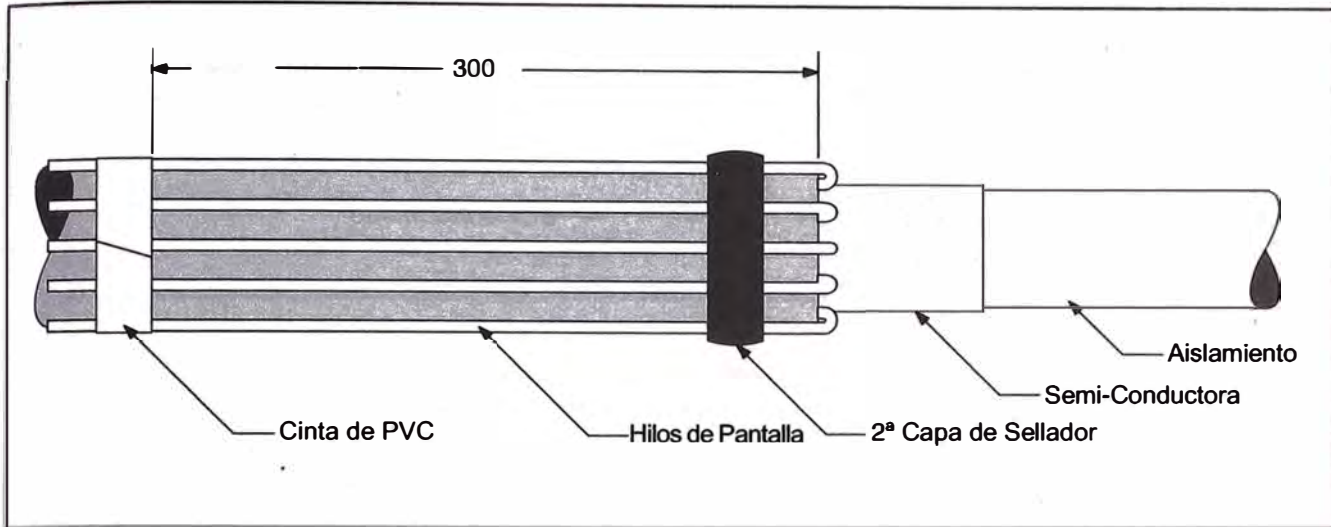


Figura 3

- 1.6 Encintar dos capas, a medio solape y con bastante tensión, de cinta de Scotch® Súper 88. Empezando sobre el sellador Scotch 2229, hasta llegar a una distancia de 55 mm del final de la semi-conductora del cable y con vuelta al principio y cubrir de nuevo el sellador Scotch 2229. La cinta a 55 mm del final de la semi-conductora del cable será usada como la marca de referencia para la instalación del tubo adaptador de aislamiento. *Figure 4*

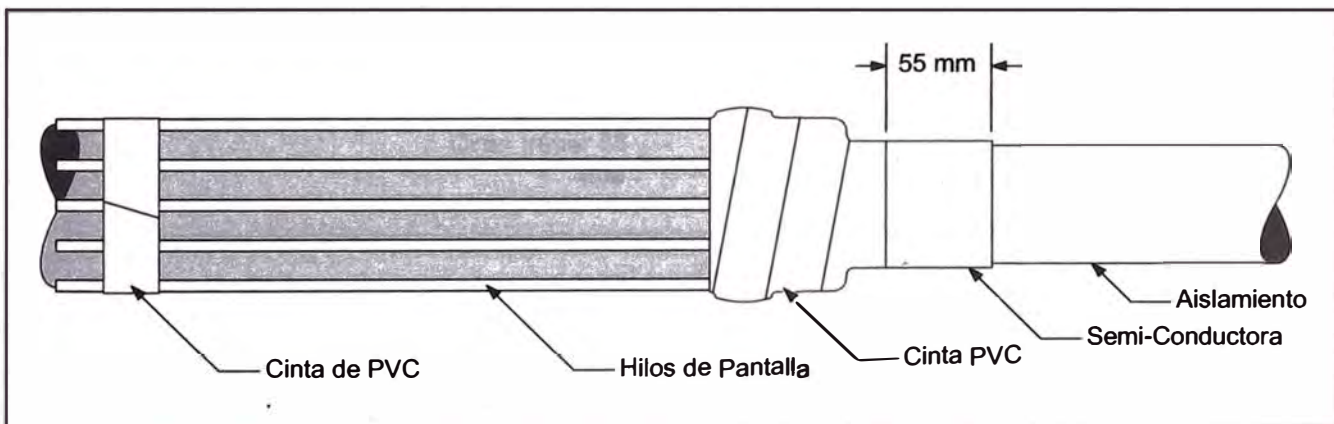


Figura 4

2.0 Limpie el Aislamiento del Cable Usando los procedimientos Normales.

- 2.1 Use solo abrasivo de óxido de aluminio para alisar y pulir la superficie del aislamiento primario.
- 2.2 Use abrasivo solamente sobre el aislamiento primario. **No lo use sobre la semi-conductora.**
- 2.3 Cuando use abrasivo no reduzca el diámetro del aislamiento primario por debajo de los admisibles para este empalme.
- 2.4 Pase un trapo, impregnado con un disolvente adecuado, sobre el aislamiento. **No tocar con el disolvente la semi-conductora del cable.**

Nota: Retirar todo rastro de disolvente con un trapo limpio y sin pelusas.

3.0 Instalación del Adaptador de Aislamiento

- 3.1 Tome una lámina de mastic de Control de Campo de 50 x 280 mm, retírele el papel protector aplíquela alrededor del cable, de forma que monte; la mitad sobre la semi-conductora y la otra mitad sobre el aislamiento primario del cable. (Figura 5)

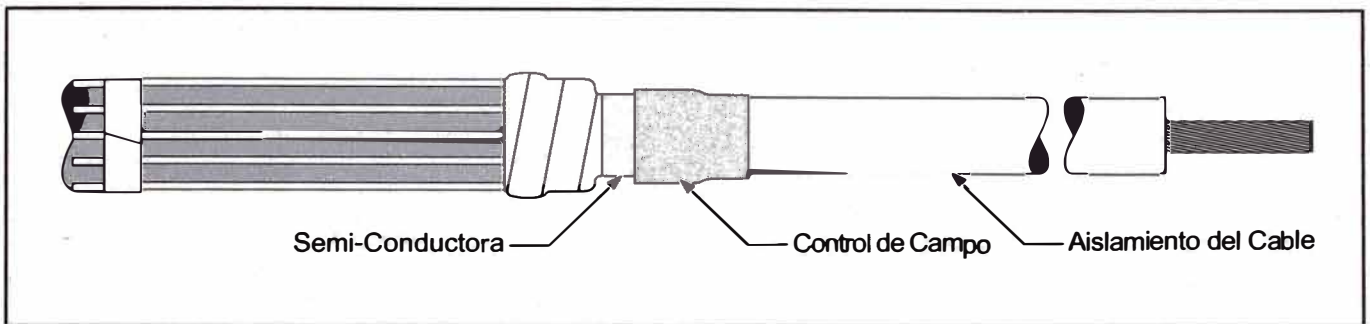


Figura 5

- 3.2 Cubra el mastic de Control de Campo con dos capas, a media solapa y con bastante tensión, de cinta Scotch® Súper 88. Deje sin cubrir los dos laterales del mastic de Control de Campo en 3 mm, aproximadamente. Elimine el canto del mastic de Control de Campo presionando este, suavemente, con los dedos. (Figura 6)

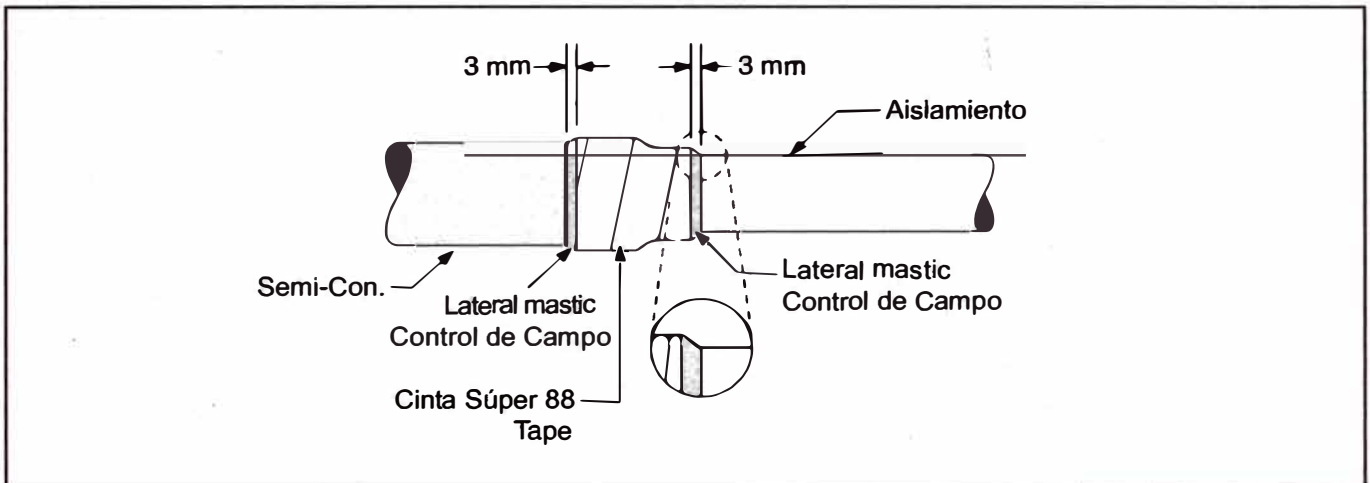


Figura 6

- 3.3 Cubra el aislamiento del cable, la cinta Súper 88 y el mastic de Control de Campo, con una capa, tres tubos, de compuesto rojo P55/R (No usar grasa de silicona). (Figura 7)

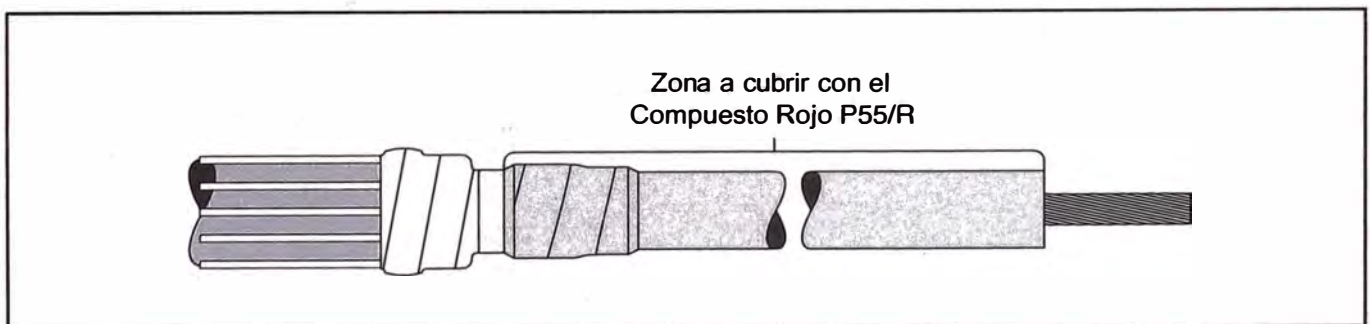


Figura 7

- 3.4 Seleccione el Tubo Adaptador de Aislamiento y sitúelo sobre el cable; con la salida del la cinta-núcleo hacia el conector. Alinear el Tubo Adaptador de Aislamiento, (no el núcleo), con el final de la cinta de PVC sobre la semi-conductora y retirar la cinta-núcleo. La cinta-núcleo se retira con un suave tirón y posterior vuelta sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. (Figura 8)

Nota: El Tubo Adaptador de Aislamiento quedara mas corto que el aislamiento primario, entre 4 y 100 mm, dependiendo del diámetro del aislamiento del cable.

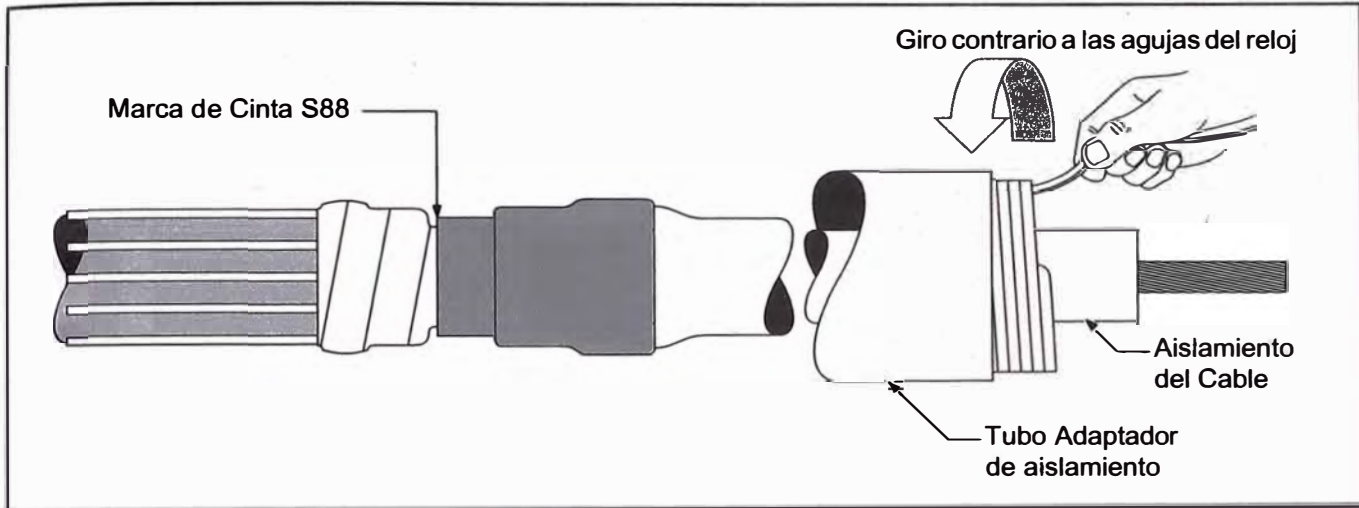


Figura 8

4.0 Instalación de la Terminación

4.1 Seleccione la lámina larga de Control de Campo. Retire el papel protector y sitúe la lámina sobre el cable cubriendo 25 mm la parte semi-conductora negra del Tubo Adaptador de Aislamiento y los otros 125 mm sobre la parte gris del Tubo Adaptador de Aislamiento. Monte alrededor del cable, con poca tensión, dos vueltas de la lámina de Control de Campo. Corte la lámina a 6 mm, aproximadamente, después de sobrepasar las dos vueltas. Elimine el canto del Control de Campo presionando sobre este, suavemente, con los dedos. (Figura 9)

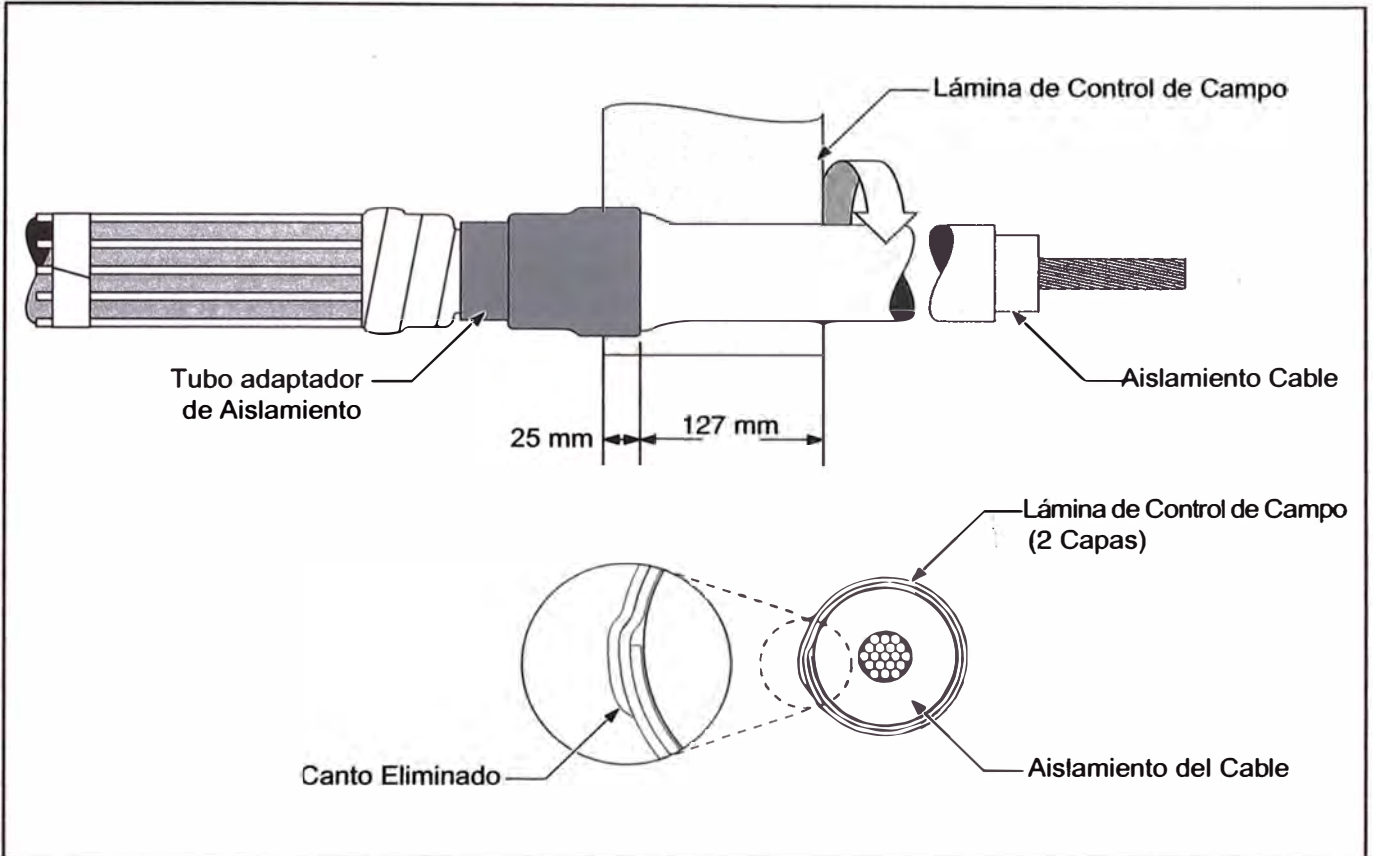


Figura 9

14.2 Cubra la lámina de Control de Campo con dos capas, a media solapa y con bastante tensión, de cinta Scotch® Súper 88. Deje sin cubrir los dos laterales del mastic de Control de Campo en 3 mm, aproximadamente. Elimine el canto del mastic de Control de Campo presionando este, suavemente, con los dedos. (Figura 10)

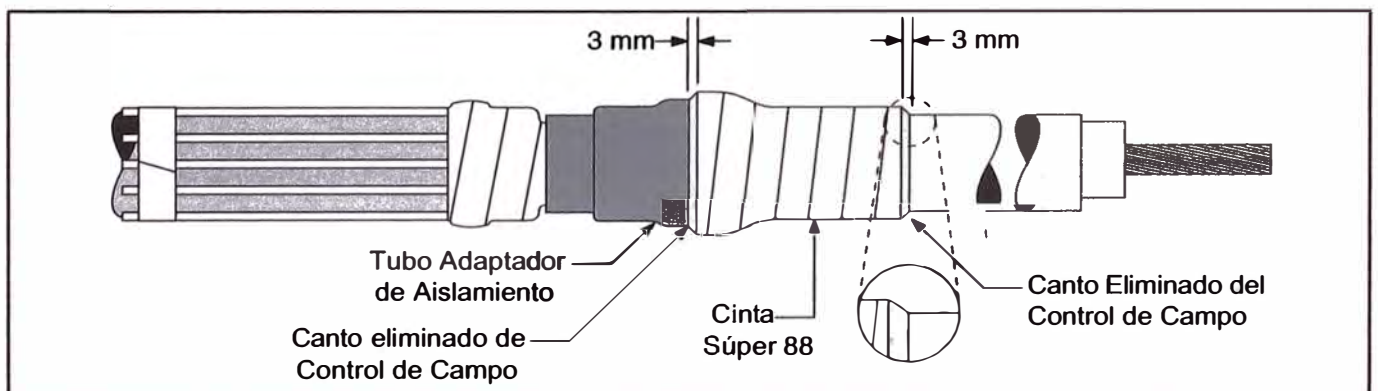


Figura 10

- 4.3 Cubrir con una capa (2 tubos) de Compuesto Rojo P55/R, no grasa de silicona, la lámina de control de Campo a la vista, la cinta Súper 88 y el aislamiento primario, hasta llegar a 125 mm del final de este. (Figura 11)

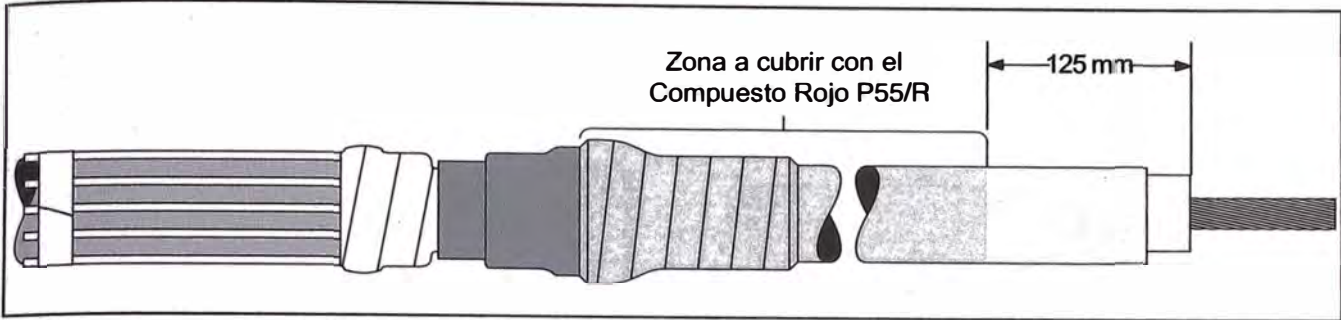


Figura 11

- 4.4 Seleccione el Tubo de Control de Campo (de dimensión media y con el núcleo blanco) y sitúelo sobre el cable con la salida de la Cinta-núcleo hacia el conector terminal. Alinear el Tubo de Control de Campo, no el núcleo, con el escalón de la zona negra semi-conductora del Tubo Adaptador de Aislamiento y retirar la cinta-núcleo. La cinta-núcleo se retira con un suave tirón y posterior vuelta de esta sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. Limpiar el aislamiento del cable a la vista. (Figura 12)

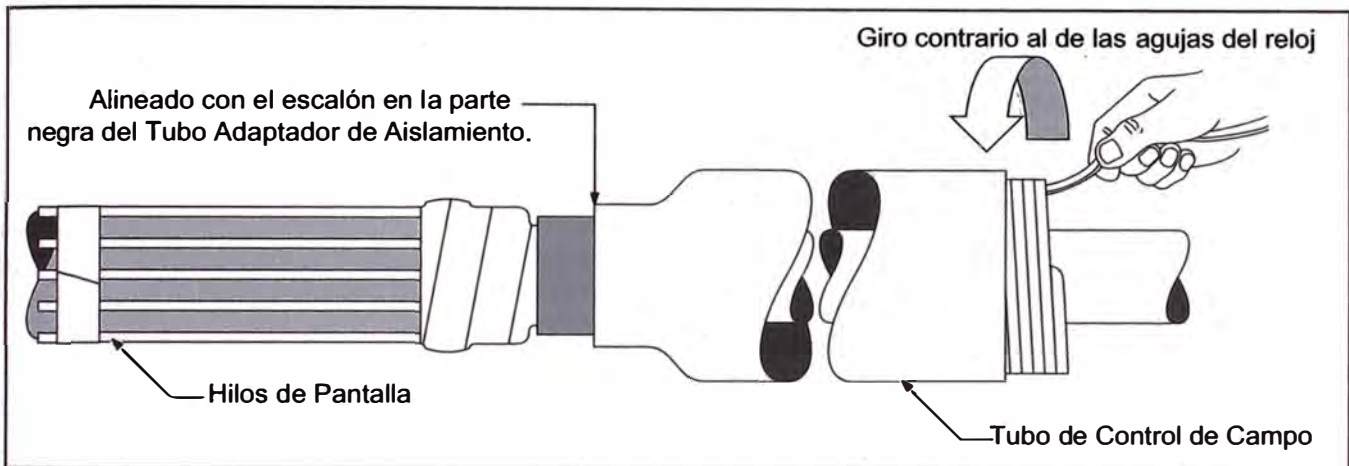


Figura 12

- 4.5 Seleccione una tira de mastic de Control de Campo, 50 mm x 280 mm. Retire el separador y aplíquela alrededor del final del tubo de Control de Campo y el aislamiento. La mitad de la tira de mastic de Control de Campo sobre el tubo de Control de Campo y la otra mitad sobre el tubo adaptador de aislamiento. (Figura 13)

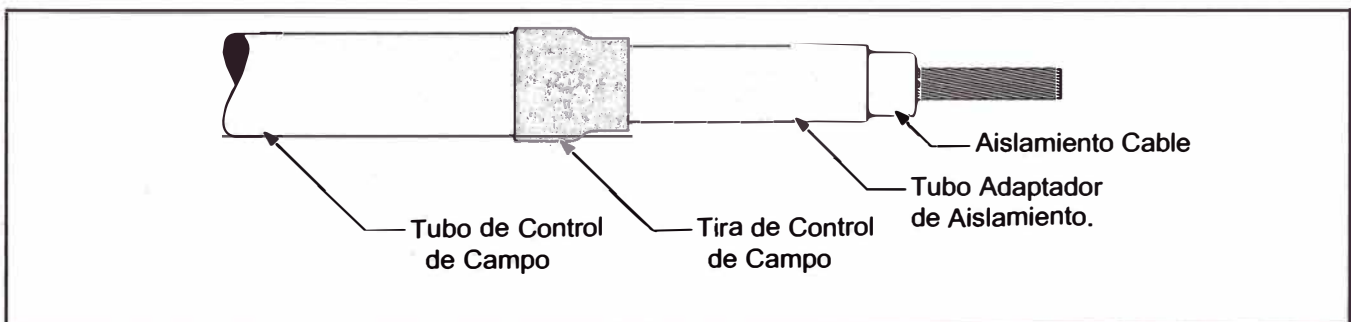


Figura 13

4.2 Cubra el mastic de Control de Campo con dos capas, a media solapa y con bastante tensión, de cinta Scotch® Súper 88. Deje sin cubrir los dos laterales del mastic de Control de Campo en 3 mm, aproximadamente. Elimine el canto del mastic de Control de Campo presionando este, suavemente, con los dedos. (Figura 14)

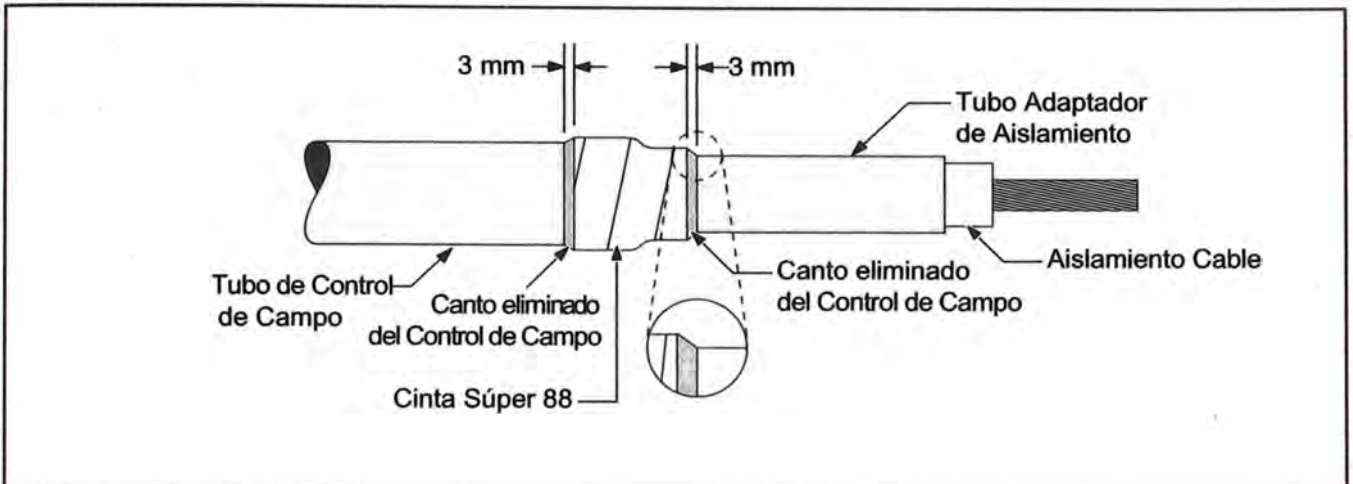


Figura 14

5.0 Montaje del Conector Terminal

- 5.1 Asegúrese de que el cable se encuentra comprendido en los rangos que se muestran en la Figura 1.
- 5.2 Monte el terminal siguiendo las instrucciones del fabricante. Retire el exceso de grasa del conector y elimine cualquier arista cortante surgida por el proceso de compresión.
- 5.3 Tome una tira de mastic de Control de campo de 50 mm x 280 mm y retire el separador, dóblela sobre si misma, a lo largo, formando un cordón de 12 mm de ancho, aproximadamente. (Figura 15)

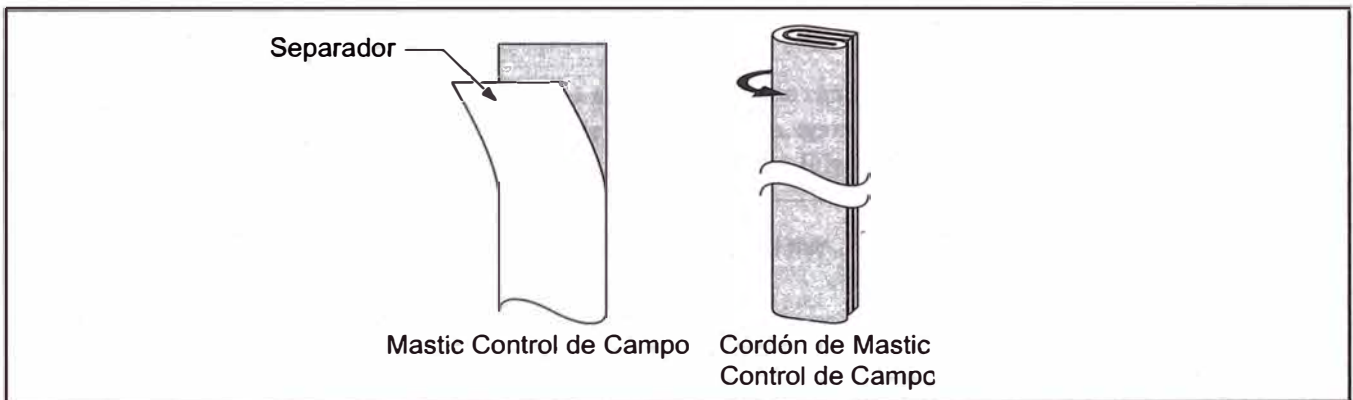


Figura 15

5.4 Aplique el cordón de mastic de control de Campo alrededor del conductor, entre el aislamiento del cable y el conector. Aplique el cordón hasta igualar el diámetro del aislamiento y conector. (Figura 16)

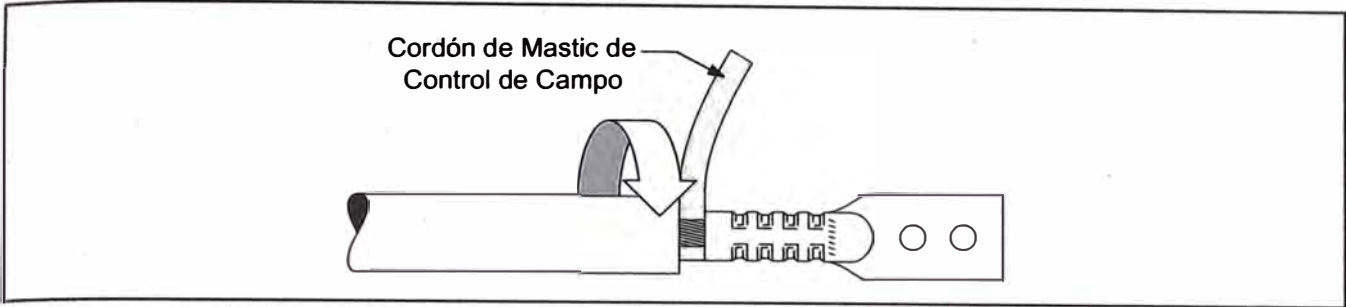


Figura 16

5.5 Aplique una capa adicional de mastic de Control de Campo, sin doblar; cubriendo 25 mm el tubo adaptador de aislamiento y 50 mm la parte cilíndrica del conector. (Figura 17)

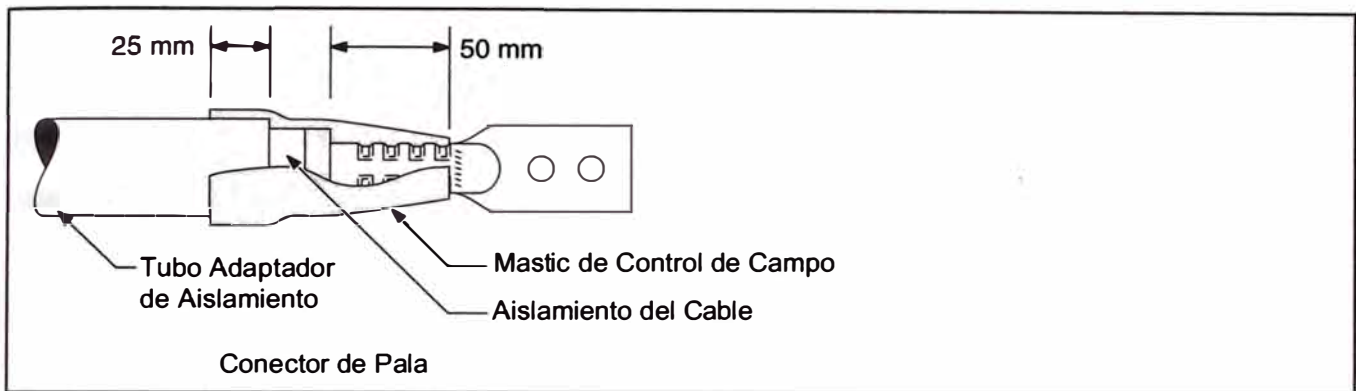


Figura 17

5.6 Cubrir el mastic de Control de Campo con dos capas, a media solapa y con una tensión moderada, de cinta Scotch® 70. Deje sin cubrir los dos laterales del mastic de Control de Campo en 3 mm, aproximadamente. Elimine el canto del mastic de Control de Campo presionando este, suavemente, con los dedos. (Figura 18)

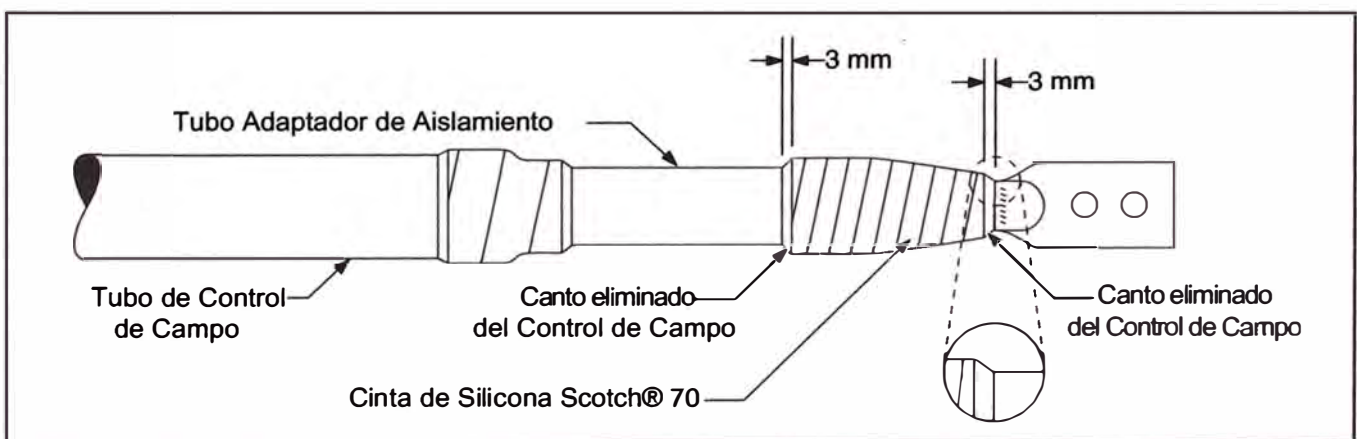


Figura 18

5.7 Cubrir con una capa de compuesto rojo P/55R (no grasa de Silicona) 50 mm de cinta Scotch 70 y unos 100 mm de aislamiento. (Figura 19)

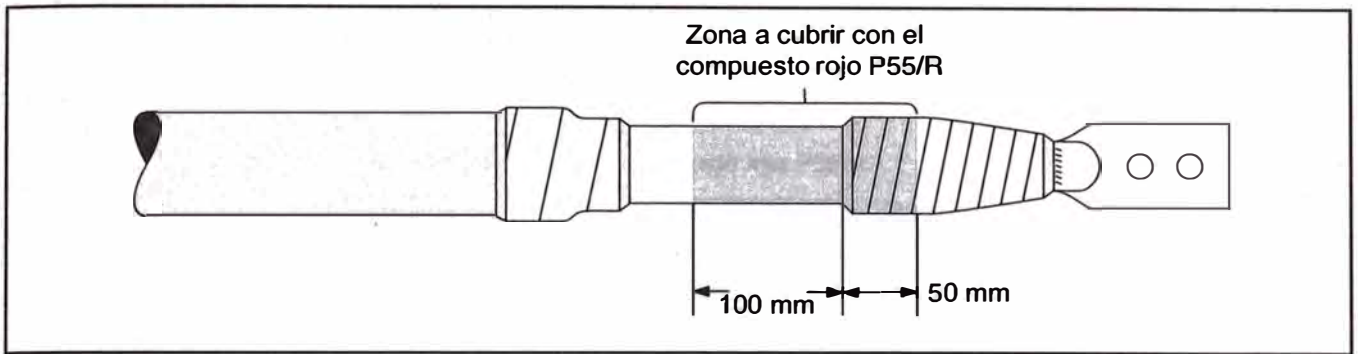


Figura 19

5.8 Monte el tubo Aislador del Conector, posicionándolo sobre el cable, con la salida de la cinta-núcleo en el lado opuesto al conector terminal y montando 50 mm sobre este. Contraer el tubo, en esta posición, tirando de la cinta-núcleo, con suave tirón y posterior vuelta sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. (Figura 20)

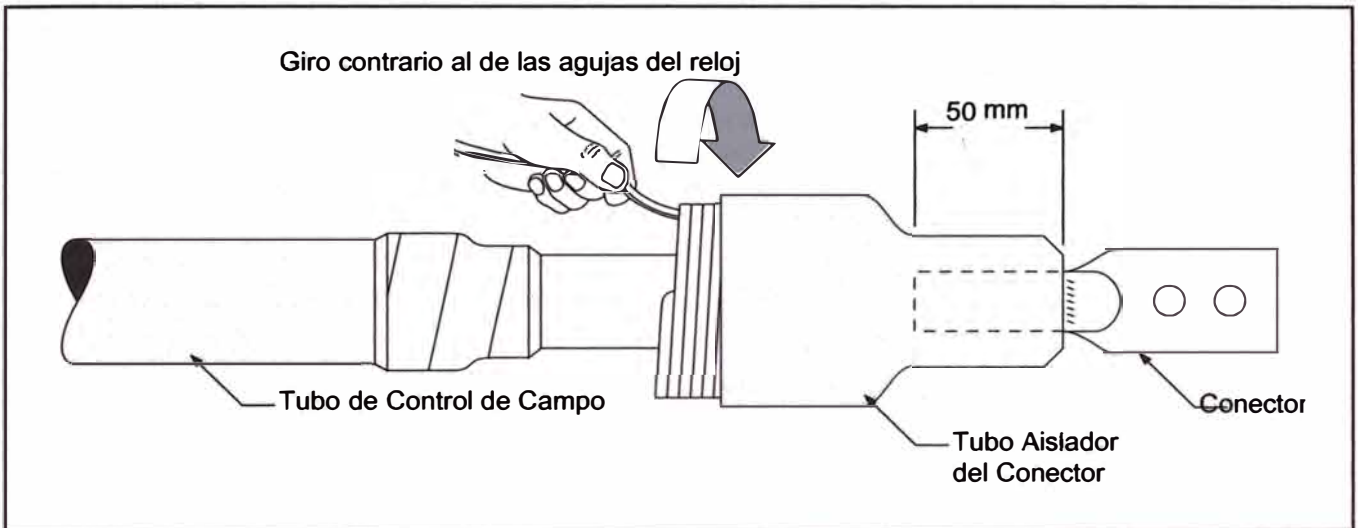


Figura 20

- 5.9 Aplique una capa, con 3 tubos de compuesto rojo P55/R, desde el tubo aislador del conector hasta cubrir, totalmente el tubo de Control de Campo. Rellene, generosamente, el escalón del Tubo Aislador del Conector. **No ponga el compuesto rojo P55/R sobre la superficie del Tubo Aislador del Conector.** (Figura 21)

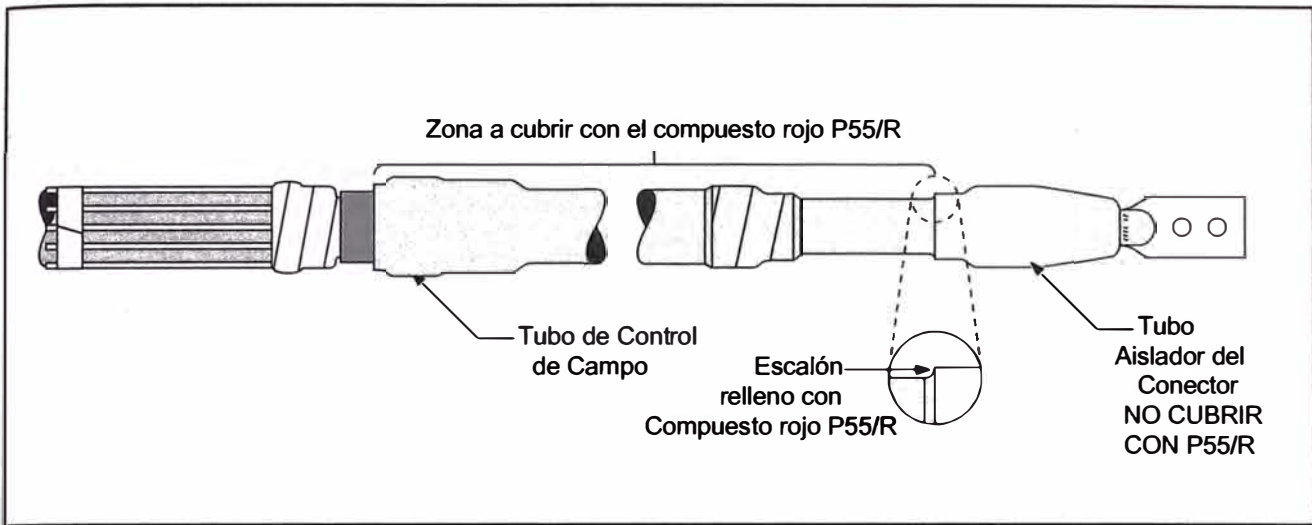


Figura 21

- 5.10 Tome el Tubo Aislador Principal, tubo largo liso, y posicónelo sobre el cable con la salida de la cinta-núcleo en dirección a la cubierta de este. Alinear el Tubo Aislador Principal con el Tubo Aislador del conector y contraerlo. Contraer el Tubo de Aislamiento Principal en esta posición con un suave tirón de la cinta-núcleo y posterior giro de esta sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. (Figura 22)

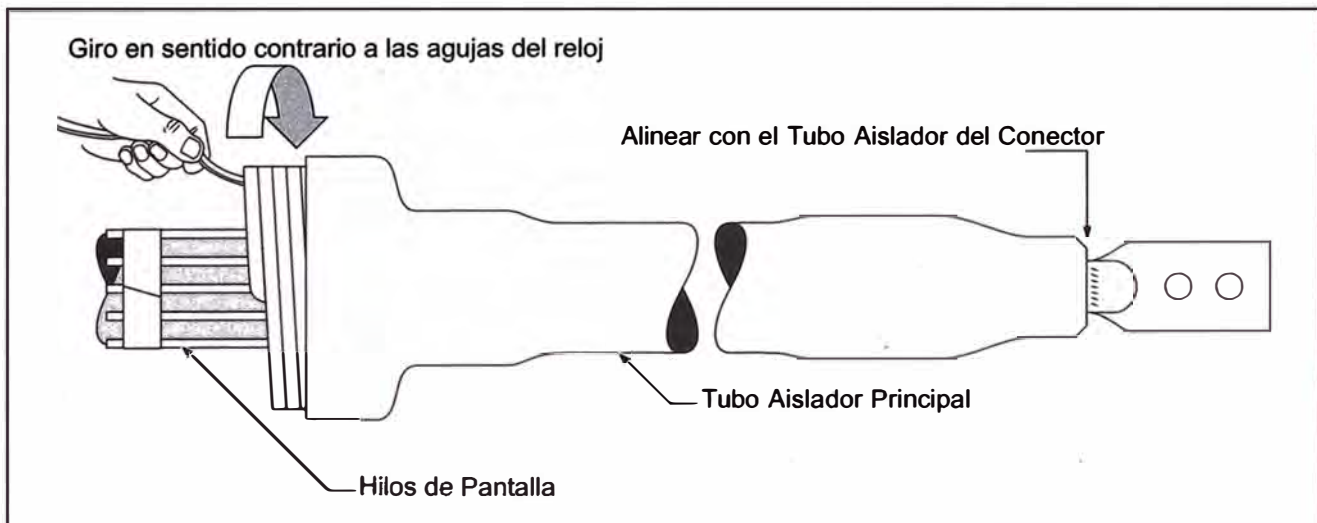


Figura 22

- 5.11 Limpiar el Aislador Principal con un limpiador adecuado, CC-4, y secar con un trapo sin pelusas.

5.12 Tome el Aislador de Aletas y, cuidadosamente, retire el núcleo rojo de transporte, tirando de la cinta-núcleo de este y girando sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. Sitúe el Aislador de Aletas sobre el cable, la salida de la cinta-núcleo hacia la cubierta del cable. Alinear el Aislador de Aletas con el Tubo Aislador Principal, ya instalado, y contraerlo. Para contraer el Tubo de Aletas retire la cinta-núcleo, tirando de esta con un suave tirón, y posterior giro sobre el cable en sentido contrario al de las agujas del reloj. (Figura 23)

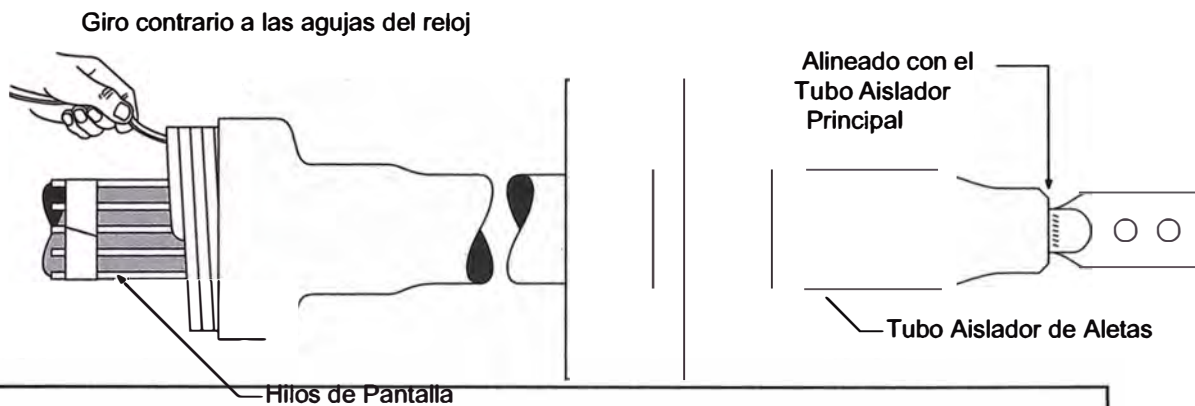
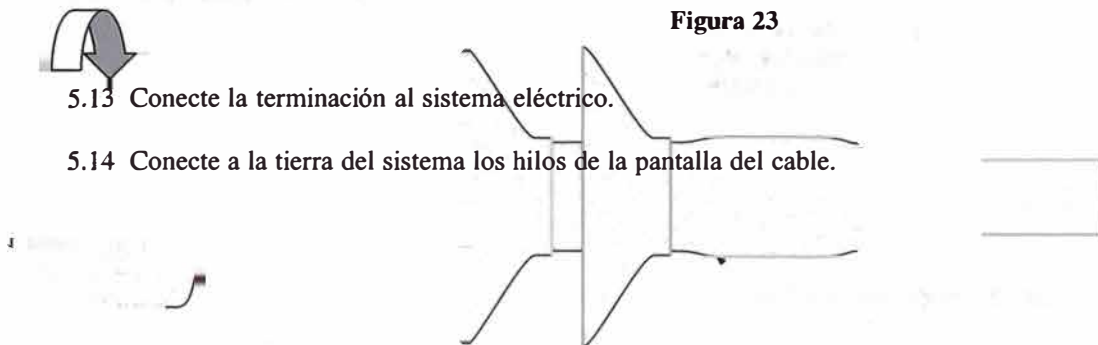


Figura 23

5.13 Conecte la terminación al sistema eléctrico.

5.14 Conecte a la tierra del sistema los hilos de la pantalla del cable.



3M and Scotchlok are trademarks of 3M Company.
Scotch is a registered trademark of 3M Company.

Important Notice

All statements, technical information, and recommendations related to 3M's products are based on information believed to be reliable, but the accuracy or completeness is not guaranteed. Before using this product, you must evaluate it and determine if it is suitable for your intended application. You assume all risks and liability associated with such use. Any statements related to the product which are not contained in 3M's current publications, or any contrary statements contained on your purchase order shall have no force or effect unless expressly agreed upon, in writing, by an authorized officer of 3M.

Warranty; Limited Remedy; Limited Liability.

This product will be free from defects in material and manufacture for a period of one (1) year from the time of purchase. **3M MAKES NO OTHER WARRANTIES INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.** If this product is defective within the warranty period stated above, your exclusive remedy shall be, at 3M's option, to replace or repair the 3M product or refund the purchase price of the 3M product. **Except where prohibited by law, 3M will not be liable for any indirect, special, incidental or consequential loss or damage arising from this 3M product, regardless of the legal theory asserted.**



Electrical Markets Division

6801 River Place Blvd.
Austin, TX 78726-9000
800-626-8381
Fax 800-828-9329
www.3M.com/electrical

Please Recycle.

Litho in USA
© 3M 2006 78-8131-7837-5-A



Cold Shrink Silicone Rubber Skirted Termination Kit QT-III 7672-S-8 Series

Data Sheet

1. Product Description

3M™ Cold Shrink Termination Kit QT-III 7672-S-8 Series contains one silicone rubber termination qualified to IEEE 48 Class 1 for 69 kV and IEC 60859 for 72,5 kV terminations for outdoor applications.

The complete termination is constructed of four sub-assemblies: 1) The Lug Seal Assembly consists of a short silicone rubber tube over the Hi-K sealing mastic which is loaded on a red support core. 2) The Stress Control System consists of a Hi-K EPDM tube over the Hi-K stress control mastic. 3) The Silicone Rubber Insulator System consists of a silicone rubber tube over Hi-K void filling mastic at top end of the tube. 4) Silicone Rubber Skirted Insulator Assembly consists of 8 silicone rubber skirts positioned over a silicone rubber tube and loaded on a support core. The four sub-assemblies are pre-stretched and loaded onto individual support cores. The disposable support cores can be recycled.

The termination kit shall include a ground strap assembly as the means of grounding the terminated cable. The ground strap assembly consists of a three-loop pre-formed ground braid with a copper lug pre-crimped onto the ground braid tails. Three constant force springs are used to attach the ground strap assembly to the cable's metallic shield.

This kit is designed to terminate 69 kV, 650 mil solid dielectric, Tape, Longitudinally Corrugated (LC/HSG) Jacketed Concentric Neutral (JCN), Tape Over Wire (TOW) or Wire Over Tape (WOT). Conductor size range is 250–2000 kcmil (125–1000mm²).

Kit Contents:

Each kit contains sufficient quantities of the following materials to make one single-phase termination (compression lug is not included in the kit).

- 1 Silicone Rubber Lug Seal Insulator Assembly
- 1 Hi-K Stress Control Assembly
- 1 Silicone Rubber Insulator Assembly
- 1 Silicone Rubber Skirted Insulator Assembly
- 1 Pre-formed Ground Strap Assembly
- 3 Constant Force Springs
- 1 Roll Scotch® Electrical Shielding Tape 24
- 6 Tubes P55/R Red Compound (Non-Silicone Grease)
- 1 Roll Scotch® Sealing Mastic 2229, 1" (25 mm) wide
- 8 Strips Hi-K Mastic (1-6" x 22", 7-2" x 11")
- 1 Roll Scotch® Silicone Rubber Tape 70
- 1 Roll Scotch® Vinyl Electrical Tape Super 88, 1½" x 44'
- 1 6" (150 mm) Hi-K Mastic Pad
- 1 3M™ Cable Cleaning Pads CC-3
- 1 Copper Foil Tape Strip 1181, 15" long
- 4 Instruction Sheets

Termination Features:

- Conforms to IEEE Standard 48 Class 1 requirements for 69 kV, 350 kV BIL outdoor applications.
- Conforms to IEC 60859 for 72,5 kV outdoor applications.
- Hi-K stress control, specially formulated high dielectric constant material minimizes surface stress by more uniformly distributing the electrical field over the entire surface of the insulator.
- Cold shrink delivery system for easy installation. Simply slide each termination sub-assembly over the prepared cable to its proper position and unwind the core to shrink in place.
- Compact design allows for easier installation in restricted spaces.
- Silicone rubber insulators, EPDM stress control tubes, stress controlling compound and silicone sealing compound are compatible with all common solid dielectric insulation, such as polyethylene (PE), cross-linked polyethylene (XLPE) and ethylene propylene rubber (EPR).

2. Application

The 3M™ Cold Shrink Silicone Rubber Skirted Termination QT-III 7672-S-8 is designed for:

- Outdoor installations required to meet:
 - IEEE 48 for 69 kV
 - IEC 60859 for 72,5 kV
- Applications requiring 350 kV BIL performance levels.
- Solid dielectric insulation, such as PE, XLPE and EPR.
- Tape shield, Jacketed Concentric Neutral (JCN), Tape Over Wire (TOW), Wire Over Tape (WOT) or LC shield high voltage cables.

Environmental Classification

The 3M QT-III termination 7672-S-8 can be specified for all IEEE 48 Class I outdoor and IEC 60859 72,5 kV applications.

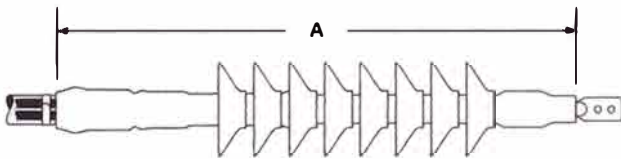
3. Physical and Electrical Properties

The QT-III termination 7672-S-8 can be used on cables with a maximum temperature rating of 105°C and emergency overload rating of 130°C. The termination 7672-S-8 meets all of the requirements of:

- IEEE 48 Class 1 requirements for 69 kV
- IEC 60859 requirements for 72,5 kV

The current rating of this termination meets or exceeds the current rating of the cable on which it is installed. The termination 7672-S-8 is designed for all outdoor applications.

Typical Dimensions



Kit Number	Dimension A ≈ Maximum	Creepage Distance ≈ Maximum
7672-S-8	60" (1524 mm)	90" (2286 mm)

A. Typical Physical and Electrical Properties

Hi-K Stress Control Tube

Physical Properties

Test Method	Typical Value*
• Tensile Strength (ASTM D412)	
@ 100% Elongation	205 psi
@ 300% Elongation	660 psi

Electrical Properties

Test Method	Typical Value*
• Dielectric Constant (K) (ASTM D150)	
60 Hz; @ 500 V; 23°C (73°F)	22
• Dissipation Factor (ASTM D150)	
60 Hz; @ 500 V; 23°C (73°F)	0.10

Hi-K Stress Controlling Compound

Electrical Properties

Test Method	Typical Value*
• Dielectric Constant (K) (ASTM D150)	
60 Hz; @ 500 V; 23°C (73°F)	36
• Dissipation Factor (ASTM D150)	
60 Hz; @ 500 V; 23°C (73°F)	1.30

Hi-K Silicone Sealing Compound

Electrical Properties

Test Method	Typical Value*
• Dielectric Constant (K) (ASTM D150)	
60 Hz; @ 500 V; 23°C (73°F)	36
• Dissipation Factor (ASTM D150)	
60 Hz; @ 500 V; 23°C (73°F)	1.30

Silicone Rubber Insulator

Physical Properties

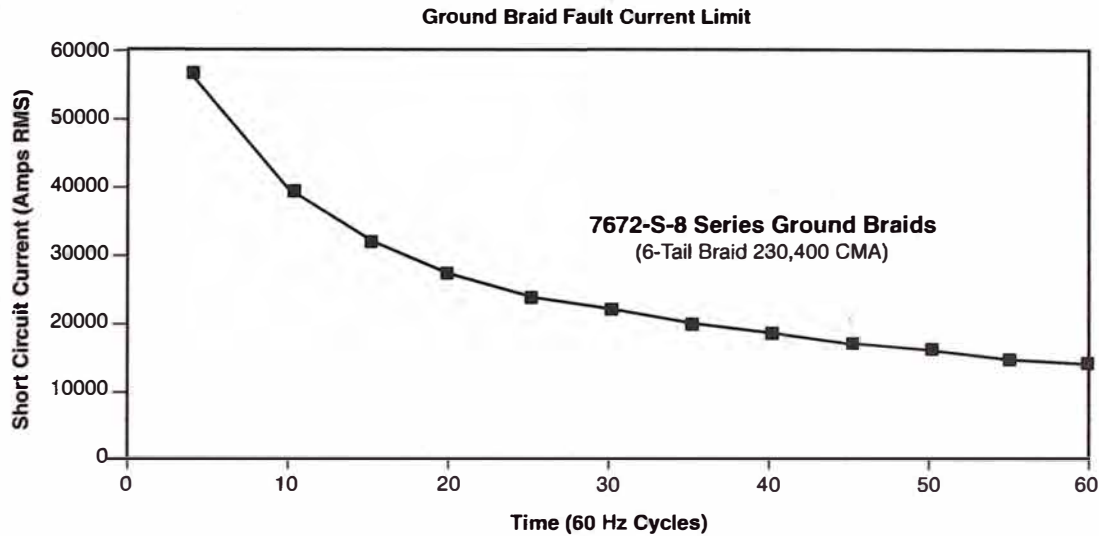
Test Method	Typical Value*
• Color	Dark Gray
• Tensile Strength (ASTM D412)	
@ 100% Elongation	130 psi
@ 300% Elongation	400 psi

Electrical Properties

Test Method	Typical Value*
• Dielectric Constant (ASTM D150) 60 Hz; @ 500 V; 23°C (73°F)	3.0
• Dielectric Strength (ASTM D149) 75 mil (1.90 mm) thickness	450 V/mil

• Dissipation Factor (ASTM D150) 60 Hz; W 500 V; 23°C (73°F)	0.003
• Track Resistance (ASTM D2303) 3.5 kV	5.0 hrs.
• Hydrophobic Recover (3M Test Method) >90° Contact Angle	6 hrs.

B. Ground Braid



C. Termination Selection Guide

Kit Number	Primary Insulation	Jacket O.D. Range	Conductor Size Range AWG (mm ²)
7672-S-8	1.94"–3.08" (49.3–75.4 mm)	2.45"–3.61" (62.2–91.7 mm)	250–2000 (120–1000)

Note: The final determining factors governing product selection are Cable Insulation O.D. and Cable Jacket O.D. Range.

4. Specifications

Product

The cable termination must have a voltage rating equal to or greater than the cable being terminated. The termination shall be rated for 69 kV, 350 kV BIL and meet the requirements of IEEE 48 for Class 1A outdoor termination. The termination shall meet the requirements of IEC 60859 for 72,5 kV outdoor termination. It must have a maximum operating temperature of 105°C, with an emergency overload temperature of 130°C. The termination kit shall consist of four cold shrink sub-assemblies, 1) Lug Seal Assembly. 2) Stress Control Assembly. 3) The Silicone Rubber Insulator Assembly. 4) Silicone Rubber 8 Skirt Insulator Assembly. All exposed insulating materials shall be manufactured of track-resistant silicone rubber.

The termination kit shall include a ground strap assembly as the means of grounding the terminated cable. The ground strap assembly shall consist of a three loop pre-formed ground braid with a copper lug crimped onto the ground braid tails. Three constant force springs shall be used to attach the ground strap assembly to the cable's metallic shield.

The termination stress control shall be capacitive and constructed of a Hi-K stress control compound and Hi-K EPDM rubber tube. The termination sub-assemblies shall be pre-stretched cold shrink design, and installed by removing the support core. The termination kit shall include all materials necessary for installation on a single-conductor shielded power cable except for the lug or connector and vinyl tape.

Engineering/Architectural

Terminate shielded power cable rated for 69kV, 350kV BIL per IEEE 48 for class 1A outdoor terminations with 3M™ Cold Shrink Silicone Rubber Skirted Termination Kit QT-III 7672-S-8.

Terminate shielded power cable rated for 72,5 kV per IEC 60859 for outdoor termination with 3M Cold Shrink Termination Kit QT-III 7672-S-8.

5. Performance Tests

Typical Results, IEEE Standard 48 Long-Term Test Sequence

Insulation Class Test	69 kV	
	Requirements	Typical Value
Partial Discharge Extinction Voltage @ 3 pC*	60 kV	80 kV
Power Frequency Voltage 1 min. Dry Withstand	175 kV	pass
Power Frequency Voltage 6 hour Dry Withstand	120 kV	pass
Power Frequency Voltage 1 min. Wet Withstand	145 kV	pass
Direct Voltage 15 min. Dry Withstand	245 kV	pass
Lightning Impulse Voltage Withstand (BIL)	350 kV	pass
Partial Discharge Extinction Voltage @ 3 pC	60 kV	80 kV
Cyclic Aging (30 days, 130°C cond. temp.)	80 kV	pass
Lightning Impulse Voltage Withstand (BIL)	350 kV	pass
Partial Discharge Extinction Voltage @ 3 pC	60 kV	80 kV
Pressure Leak (see Sealing Tests below)	7 psi for 6 hours	pass

* IEEE 48 requires <5 pC @ 60 kV

Partial Discharge (Corona) Tests

The purpose of partial discharge testing is to determine that all properly installed terminations operate corona free at a minimum of 150 % of their operating voltage. For the test, the applied test voltage is gradually increased until discharges appear on the test set oscilloscope display. The voltage at which these discharges reach a magnitude greater than 3 picocoulombs is recorded as the corona starting voltage (CSV). The applied voltage is then lowered until the discharge level drops below 3 picocoulombs, and this is recorded as the corona extinction voltage (CEV).

Power Frequency (AC) Withstand Tests

The AC Power Withstand tests consists of a 1 minute dry withstand, 10 second wet withstand and 6 hour dry withstand per the voltages specified in Table 2 of IEEE Standard 48. The 3M™ Cold Shrink Silicone Rubber Skirted Termination QT-III 7672-S-8 meets the requirements of IEEE Standard 48 Class 1A. Additional AC Withstand for 1 hr after current cycling.

Lightning Impulse Tests

The QT-III termination 7672-S-8 was evaluated to IEEE Standard 48 Basic Impulse Levels. For this test a 1.2 X 50 microsecond voltage wave is applied to the termination lug. The test consists of both positive and negative polarity surges per the specified standard. The QT-III termination 7672-S-8 meets or exceeds the requirements of IEEE Standard 48.

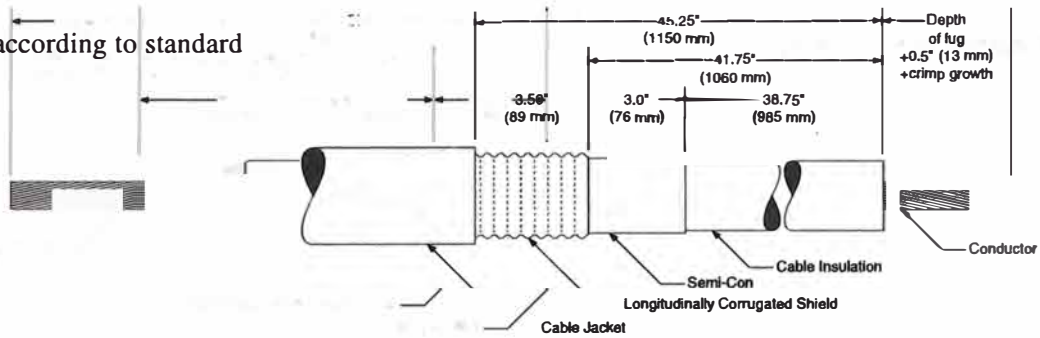
Sealing Tests

Termination top and bottom seals are tested by applying 7 psi (0.05 MPa) and a vacuum of ≈13 psia to the cable conductor strands with the termination submerged in water. Both seals withstand this internal air pressure for 6 hours and vacuum for 30 minutes without leaking. Per IEEE 48, 8.4.3a Pressure Leak Tests.

6. Installation Techniques

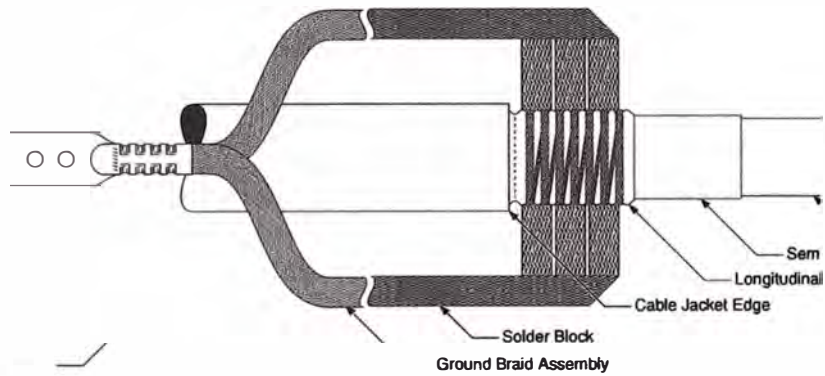
Detailed instructions are included in each kit to provide the installer with all information required to properly install the 3M™ Cold Shrink Silicone Rubber Skirted Termination Kit QT-III 7672-S-8. A brief summary of the installation steps for tape-shielded cable is outlined as follows:

1. Prepare cable according to standard procedure.

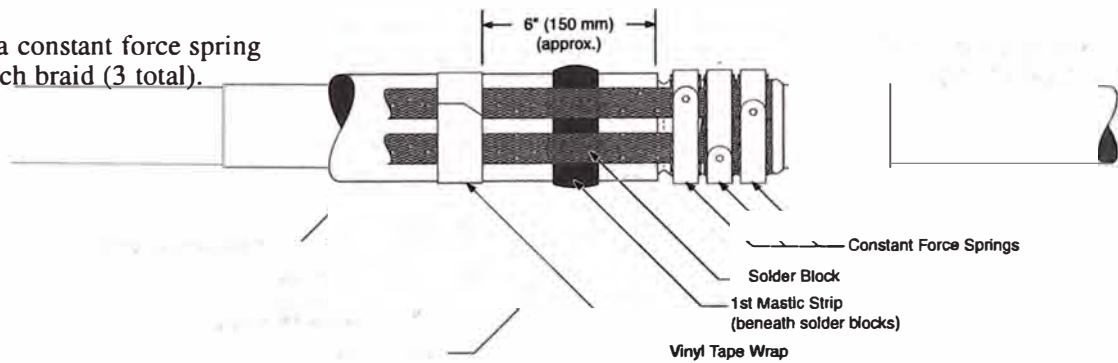


2. Install the ground strap system.

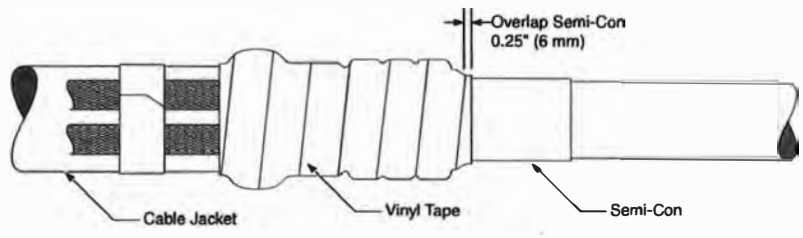
- A. Position braid over cable and metallic shield.



- B. Install a constant force spring over each braid (3 total).

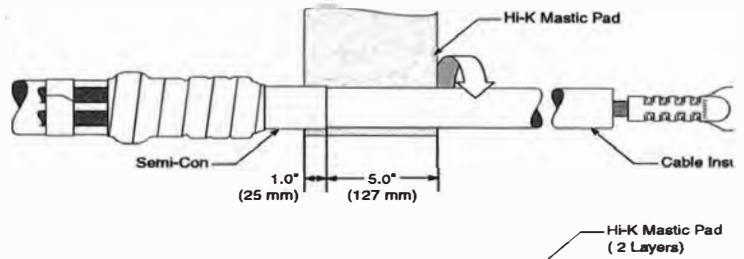


C. Completed bottom seal and ground strap assembly over-wrapped with vinyl tape.

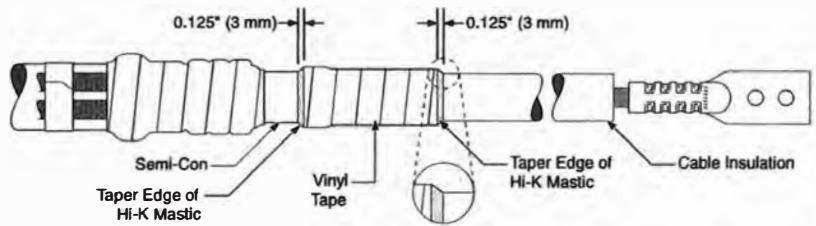


4. Install stress control system.

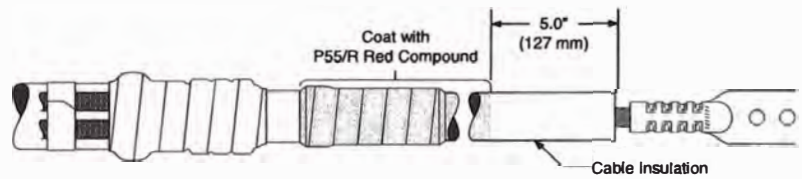
A. Mastic Pad



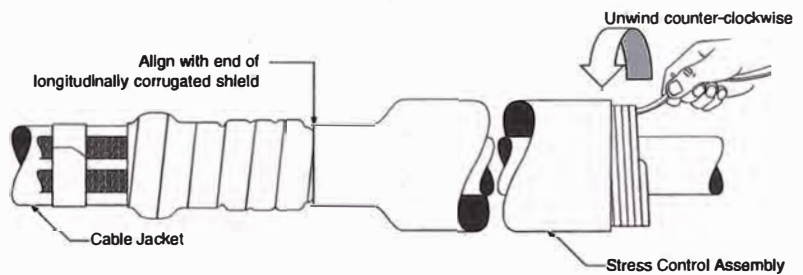
B. Install vinyl tape and taper edges.



C. Apply Red (void-filling) Compound.



D. Install Hi-K Stress Control assembly tube.



5. Completed Termination.



7. Shelf Life

As provided, in the expanded state, 3M™ Cold Shrink Silicone Rubber Skirted Termination Kits QT-III 7672-S-8 have an on-shelf storage life of 36 months from the date of manufacture. Maximum recommended storage temperature for QT-III termination kits is 43°C (110°F). QT-III termination kits are unaffected by freezing storage temperatures. Normal distributor stock rotation is recommended.

8. Availability

QT-III termination kits are available from your local authorized 3M electrical distributor.

CAUTION

Working around energized electrical systems may cause serious injury or death. Installation should be performed by personnel familiar with good safety practice in handling electrical equipment. De-energize and ground all electrical systems before installing product.

3M and Scotchlok are trademarks of 3M Company.
Scotch is a registered trademark of 3M Company.

Important Notice

All statements, technical information, and recommendations related to 3M's products are based on information believed to be reliable, but the accuracy or completeness is not guaranteed. Before using this product, you must evaluate it and determine if it is suitable for your intended application. You assume all risks and liability associated with such use. Any statements related to the product which are not contained in 3M's current publications, or any contrary statements contained on your purchase order shall have no force or effect unless expressly agreed upon, in writing, by an authorized officer of 3M.

Warranty; Limited Remedy; Limited Liability.

This product will be free from defects in material and manufacture for a period of one (1) year from the time of purchase. **3M MAKES NO OTHER WARRANTIES INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.** If this product is defective within the warranty period stated above, your exclusive remedy shall be, at 3M's option, to replace or repair the 3M product or refund the purchase price of the 3M product. **Except where prohibited by law, 3M will not be liable for any indirect, special, incidental or consequential loss or damage arising from this 3M product, regardless of the legal theory asserted.**

3M

Electrical Markets Division

6801 River Place Blvd.
Austin, TX 78726-9000
800-626-8381
Fax 800-828-9329
www.3M.com/electrical



*Recycled paper
40% Pre-consumer waste paper
10% Post-consumer waste paper*

Litho in USA
© 3M 2005 78-8126-9075-4-A

Certified Test Report On

3M™ QTIII 69kV Cold Shrink Termination

This report details the evaluation of the 7672-S-8 Cold Shrink Termination to IEEE Std 48-1996 and 3M design tests. The 7672-S-8 terminations met or exceeded requirements as per IEEE Std 48-1996. The design testing verified performance well in excess of IEEE test requirements. This qualification testing was done to 69kV test levels and 130 °C conductor temperature for current cycling.

I hereby certify that this Test Report is a true and correct record of tests conducted under my direction



Scott Saniti
Testing and Services Group

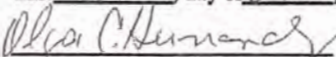
Approved By:

Carl Wentzel
Development Engineer

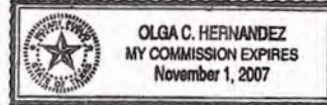
Erick Benz
Quality Systems Manager


Dr. Eugene Janulis
Technical Director

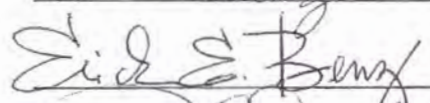
Dr. Mark Hoisington
Technical Manager


Notary Public:
Sworn and subscribed before me
this: 30th day of June, 2005


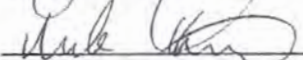
Olga Hernandez, Travis County, Austin TX











Report Number: CRQTIII7672-S-8

Testing Period For This Report: March 31, 2005 to May 27, 2005

3M Electrical Markets Division
3M Austin Center, High Voltage Laboratory A146-4N-28
6801 River Place Boulevard
Austin, TX 78726-9000
(512) 984-5000



Contents

Summary.....	3
Purpose.....	3
Test Specimen.....	3
Test Deviations.....	4
Test Results.....	5
Impulse Test Oscillograms.....	10
Specimen Photographs.....	11
Equipment Documentation:	
Impulse Generator.....	12
AC Test Set.....	13
Current Source.....	14
Equipment Utilization, Calibrations, and Original Data Disposition.....	15
Certified Revision History.....	15
Important Notice.....	16



Summary

This report details the evaluation of the 7672-S-8 Cold-Shrink™ Termination to IEEE std 48-1996 and 3M design tests. The 7672-S-8 terminations met or exceeded requirements as per IEEE Std 48-1996. The design testing was done to 69 kV test levels and 130° centigrade conductor temperature for current cycling.

Purpose

This test is to qualify the QTHH eight skirt terminations to the IEEE-48 69 kV test requirement. The evaluation was run according to the following standards and some additional internal tests used by 3M to verify product performance.

IEEE Std 48-1996;

“IEEE Standard Test Procedures and Requirements for High-Voltage Alternating-Current Cable Terminations”

IEEE Std 4-1995;

“IEEE Standard Techniques for High-Voltage Testing”

Test Specimens

Each of the test specimens was assigned a specimen number as it was constructed. Specimens were constructed according to paragraph 8.1 of IEEE Std 48-1996.

The Test Specimens consisted of the following:

- Specimen number 91925 consisted of two 7672-S-8 QT-III Terminations installed on a 22 foot length of 1750 kcmil, 650mil XLPE 69 kV cable. The cable consists of a 1750 stranded aluminum conductor, extruded semi conducting conductor shield, extruded XLPE insulation, extruded insulation shield, concentric neutral shield wires and a jacket.
- Specimen number 91926 consisted of two 7672-S-8 QT-III Terminations installed on a 22 foot length of 1750 kcmil, 650mil XLPE insulation 69 kV cable. The cable consists of a 1750 stranded aluminum conductor, extruded semi conducting conductor shield, extruded XLPE insulation, extruded insulation shield, concentric neutral shield wires and a jacket.

Tests

Electrical tests on all specimens were executed in accordance with IEEE 48-1996, "*IEEE Standard Test Procedures and Requirements for Alternating Current Cable Terminations 2.5 V Through 765 kV.*" Tests were run as outlined in paragraphs 8.4.1.1, 8.4.1.2, 8.4.1.3, 8.4.1.5, 8.4.1.7, 8.4.1.9, 8.4.2, and 8.4.3.

Impulse Testing was in accordance with IEEE Std. 82-1994, "*IEEE Standard Techniques for High-Voltage Testing.*"

Wave shape measurements were done according to IEEE 4-1995, "*IEEE Standard Techniques for High-Voltage Testing.*"

Test Deviations

- 3M Chooses to report actual Partial Discharge Levels obtained during testing in lieu of pass or fail at a specified level as required by IEEE Std 48-1996.
- 3M uses one set of specimens for both the short-term and 30 day current cycle tests. According to IEEE 48-1996 the manufacturer is allowed to use a separate set of specimens for the short-term electrical tests, and the 30-day current cycle.
- According to IEEE Std 48-1996 paragraph 8.1.c the terminations must be installed on the largest cable the termination is designed to accommodate. When possible, 3M will electrically test on both the largest and smallest cable the termination is designed to accommodate. In some instances, this may take some additional time, and will be covered in a future revision of the report.
- In addition to the IEEE Std 48-1996 Test sequence, 3M engineers ran additional tests to verify overall performance of this termination. These additional test results are included as a part of this report. All of the tests performed on each of the specimens are reported in chronological order. It must be pointed out that the values obtained during these tests are for the specific specimen tested. Testing another specimen with the same termination could result in somewhat different test levels.

Specimen Disposition

Specimens were AC Step Tested to Failure or Flashover.

Test Results On Specimen Number 91925 (Specimen consists of two 7672-S-8 terminations per cable section), short-term and long-term test sequence.

<u>Tests In Chronological Order:</u>	<u>Value:</u>	<u>Result:</u>
<i>Partial Discharge (Corona) Extinction Voltage Covering IEEE Std 48-1996 8.4.1.5 (Deviation Cited):</i>		
Direct Calibration [Hipotronics] (pC)	5.0	Additional Information
Partial Discharge @ 1.2*MPDL (72 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge @ MPDL (60 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge Inception Voltage (kV-RMS)	141.87	Exceeds IEEE Requirements
Discharge Magnitude @ Inception (pC)	182	Additional Information
Partial Discharge Extinction Voltage @ < 3pC (kV-RMS)	135.65	Exceeds IEEE Requirements
<i>Power frequency Voltage One Minute Dry Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.1:</i>		
One Minute Withstand (kV-RMS)	175	Meets IEEE Requirements
<i>Power frequency Voltage Six Hour Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.3:</i>		
Six Hour AC Withstand (kV-RMS)	120	Meets IEEE Requirements
<i>Power frequency Voltage Ten Second Wet Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.2:</i>		
Water Resistivity (Ω M) (micromho's)	260	Additional Information
Water Flow Rate (mm/Minute)	1.5	Additional Information
60 Second Withstand-Termination "A" & "B" (kV-RMS)	145	Exceeds IEEE Requirements
<i>Direct Voltage Fifteen Minute Dry Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.9:</i>		
Fifteen Minute Withstand (kV-DC)	245	Meets IEEE Requirements
<i>Lightning Impulse Voltage Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.7:</i>		
Test Surges – 10 surges at each polarity (kV-Crest)	350	Meets IEEE Requirements
Actual Impulse Wave Shape Applied- μ sec (front/tail)	1.14/45.4	Within IEEE Requirements
<i>Partial Discharge (Corona) Extinction Voltage Covering IEEE Std 48-1996 8.4.1.5 (Deviation Cited):</i>		
Direct Calibration [Hipotronics] (pC)	5.0	Additional Information
Partial Discharge @ 1.2*MPDL (72 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge @ MPDL (60 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge Inception Voltage (kV-RMS)	81.72	Exceeds IEEE Requirements
Discharge Magnitude @ Inception (pC)	131	Additional Information
Partial Discharge Extinction Voltage @ < 3pC (kV-RMS)	79.24	Exceeds IEEE Requirements

Cyclic Aging Test According To IEEE Std 48-1996 8.4.2:

Jacket Temp. For 130°C Conductor Temp. (°C)	57.7	Additional Information
Current Required For 130°C Cond. Temp. (Amps)	1650	Additional Information
Cycle Used (Hours on/Hours off)	15/9	Additional Information
Voltage Applied 100% of Time (kV-RMS)	80	Meets IEEE Requirements
Total Number Of Hours At Voltage	791	Meets IEEE Requirements
Total Number Of Days At Voltage	32.9	Meets IEEE Requirements
Total Number Of Current Cycles	32	Meets IEEE Requirements

Lightning Impulse Voltage Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.7:

Test Surges – 10 surges at each polarity (kV-Crest)	350	Meets IEEE Requirements
Actual Impulse Wave Shape Applied- μ sec (front/tail)	1.19/45.6	Within IEEE Requirements

Partial Discharge (Corona) Extinction Voltage Covering IEEE Std 48-1996 8.4.1.5 (Deviation Cited):

Direct Calibration [Hipotronics] (pC)	5.0	Additional Information
Partial Discharge @ 1.2*MPDL (36 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge @ MPDL (30 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge Inception Voltage (kV-RMS)	128.05	Exceeds IEEE Requirements
Discharge Magnitude @ Inception (pC)	43.10	Additional Information
Partial Discharge Extinction Voltage @ < 3pC (kV-RMS)	115.04	Exceeds IEEE Requirements

Test Results On Specimen Number 91926 (Specimen consists of two 7672-S-8 terminations per cable section), short-term and long-term test sequence.

<u>Tests In Chronological Order:</u>	<u>Value:</u>	<u>Result:</u>
<i>Partial Discharge (Corona) Extinction Voltage Covering IEEE Std 48-1996 8.4.1.5 (Deviation Cited):</i>		
Direct Calibration [Hipotronics] (pC)	5.0	Additional Information
Partial Discharge @ 1.2*MPDL (72 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge @ MPDL (60 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge Inception Voltage (kV-RMS)	130.18	Exceeds IEEE Requirements
Discharge Magnitude @ Inception (pC)	156	Additional Information
Partial Discharge Extinction Voltage @ < 3pC (kV-RMS)	115.70	Exceeds IEEE Requirements
<i>Power frequency Voltage One Minute Dry Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.1:</i>		
One Minute Withstand (kV-RMS)	175	Meets IEEE Requirements
<i>Power frequency Voltage Six Hour Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.3:</i>		
Six Hour AC Withstand (kV-RMS)	120	Meets IEEE Requirements
<i>Power frequency Voltage Ten Second Wet Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.2:</i>		
Water Resistivity (Ω M)	260	Additional Information
Water Flow Rate (mm/Minute)	1.5	Additional Information
60 Second Withstand-Termination "A" & "B" (kV-RMS)	145	Exceeds IEEE Requirements
<i>Direct Voltage Fifteen Minute Dry Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.9:</i>		
Fifteen Minute Withstand (kV-DC)	245	Meets IEEE Requirements
<i>Lightning Impulse Voltage Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.7:</i>		
Test Surges – 10 surges at each polarity (kV-Crest)	350	Meets IEEE Requirements
Actual Impulse Wave Shape Applied- μ sec (front/tail)	1.24/44.4	Within IEEE Requirements
<i>Partial Discharge (Corona) Extinction Voltage Covering IEEE Std 48-1996 8.4.1.5 (Deviation Cited):</i>		
Direct Calibration [Hipotronics] (pC)	5.0	Additional Information
Partial Discharge @ 1.2*MPDL (72 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge @ MPDL (60 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge Inception Voltage (kV-RMS)	79.86	Exceeds IEEE Requirements
Discharge Magnitude @ Inception (pC)	58.30	Additional Information
Partial Discharge Extinction Voltage @ < 3pC (kV-RMS)	73.82	Exceeds IEEE Requirements

Cyclic Aging Test According To IEEE Std 48-1996 8.4.2:

Jacket Temp. For 130°C Conductor Temp. (°C)	58.4	Additional Information
Current Required For 130°C Cond. Temp. (Amps)	1650	Additional Information
Cycle Used (Hours on/Hours off)	15/9	Additional Information
Voltage Applied 100% of Time (kV-RMS)	80	Meets IEEE Requirements
Total Number Of Hours At Voltage	791	Meets IEEE Requirements
Total Number of Days At Voltage	32.9	Meets IEEE Requirements
Total Number Of Current Cycles	32	Meets IEEE Requirements

Lightning Impulse Voltage Withstand Test According to IEEE Std. 48-1996, 8.4.1.7:

Test Surges – 10 surges at each polarity (kV-Crest)	350	Meets IEEE Requirements
Actual Impulse Wave Shape Applied- µsec (front/tail)	1.15/47.8	Within IEEE Requirements

Partial Discharge (Corona) Extinction Voltage Covering IEEE Std 48-1996 8.4.1.5 (Deviation Cited):

Direct Calibration [Hipotronics] (pC)	5.0	Additional Information
Partial Discharge @ 1.2*MPDL (72 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge @ MPDL (60 kV-RMS)	<3	Additional Information
Partial Discharge Inception Voltage (kV-RMS)	82.55	Exceeds IEEE Requirements
Discharge Magnitude @ Inception (pC)	3.00	Additional Information
Partial Discharge Extinction Voltage @ < 3pC (kV-RMS)	79.92	Exceeds IEEE Requirements

Specimen 91925 and 91926 were both pressure tested according to IEEE Std 48-1996 7.1.2 Class 1A.

(1) Both of the terminated ends of the specimens, 91925 and 91926, were submersed in a water bath. The cable ends of both specimens were fitted with air fittings and the specimens were pressurized to 7.0 psi. There were no indications of any leaks during or at the end of the six-hour pressurization. *Meets IEEE Std 48-1996 8.4.3 (a) Requirements.*

(2) Both of the specimens 91925 and 91926 were installed on a vacuum line with an isolation valve and vacuum gauge on the specimen side of the valve. The specimens were evacuated to 67 Pa (0.5 torr.). The vacuum source and specimen was isolated by closing the valve. After 30 minutes there was no loss in vacuum. *Meets IEEE 48-1996 8.4.3 (b) Requirements.*

Test Results-Continued

The following tests are not part of the IEEE 48-1996 Test Sequence. They were performed in order to help define the design limits of these particular Terminations.

AC Step Test, 3M Design Test

The specimens were subject to an AC step-test. The test started at 120 kV-RMS, after 30 minutes the voltage was increased 5 kV-RMS and held for another 30 minutes. This cycle was continued until termination flashed over or failed. The average level of failure was 185 kV.

Impulse Test Oscillograms

350 kV-Crest Impulse Test Oscillograms For Specimens 91925 & 91926
Taken from Tektronix TDS 420A 3M Number 139215 (Calibration due 06/05).

91925 & 91926

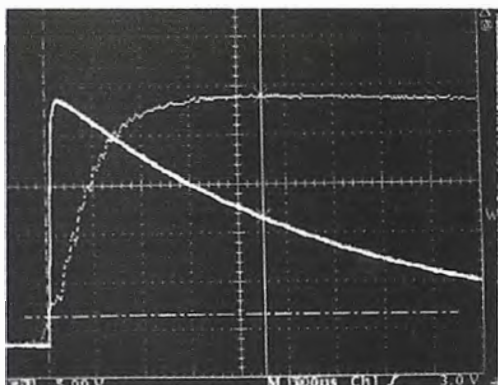
Common Settings To All Oscillograms:

Deflection Sensitivity =5 Volts per Division

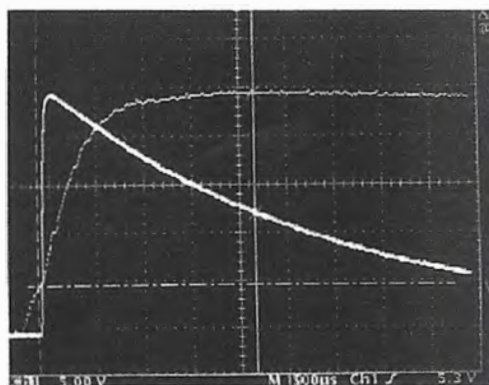
Sweep Rate =0.5 and 10 μ sec per division

Specimen 91925

350 kV-Crest, 4th and 5th Surges 25°C

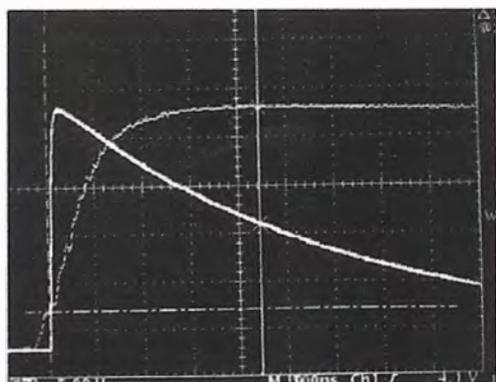


350 kV-Crest, 6th and 7th Surges 25°C

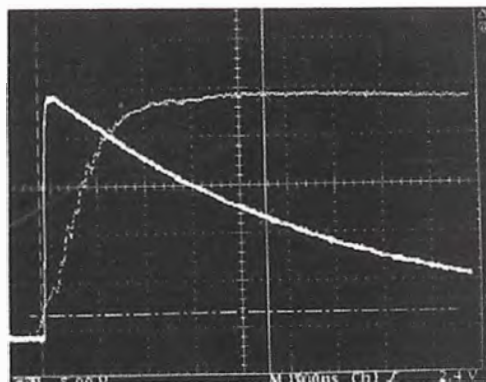


Specimen 91926

350 kV-Crest, 3rd and 4th Surges 25°C



350 kV-Crest, 5th and 6th Surges 25°C

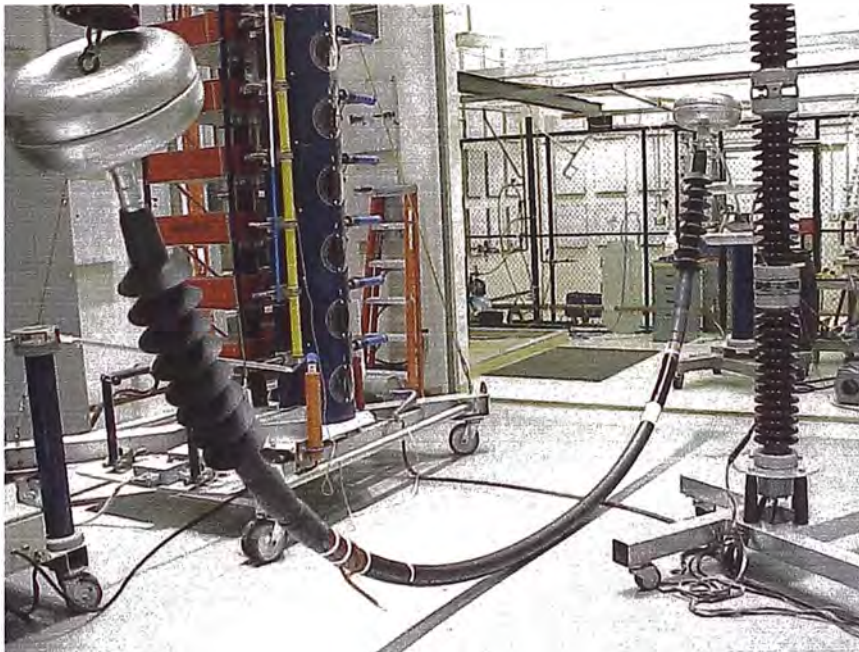


Test Specimen Photographs:

Specimen Number 91925



Specimen Number 91926



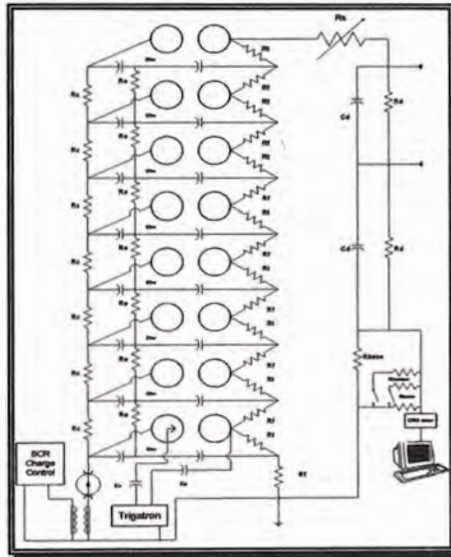
3M Austin High Voltage Laboratory

Equipment Documentation Impulse Generator

Manufacturer	Emile Haefely & Co. LTD, Basel-Switzerland
Model	Series "E" Generator
Number Of Stages	8
Maximum Voltage Per Stage	100kV
Maximum Output Voltage	800 kV
Energy At Maximum Voltage	40 kJ
Capacitance Per Stage	100 nF
Impulse Voltage Divider	1.2 MeV
Commission Dates	Divider 1967, Control Desk/Trigatron 1986, Generator 1988
Calibration Cycle	Yearly or after repair or maintenance, whichever comes first.
Measuring System	Tektronix Digital Storage Oscilloscope Model 468



Generator



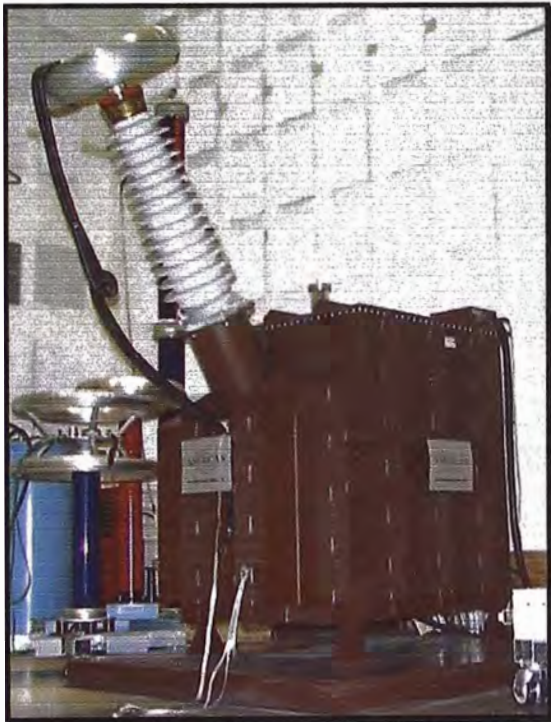
Diagram

Circuit Variables Utilized For Test:

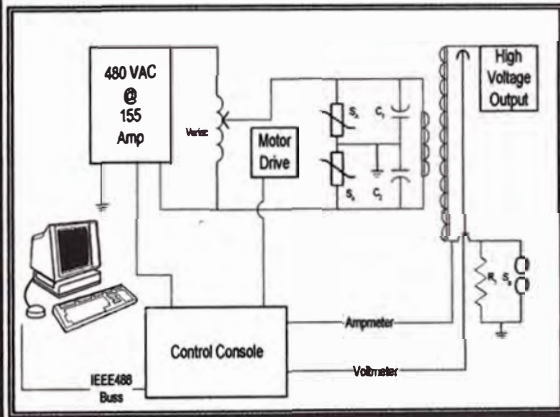
Measuring Ratio (kV/Volt On DSO)	2.141/1
R_{series}	104.6 Ω
Input Attenuation	6:1
CRO Volts/Division	5 Volts
Surge Dwell Time	32 Seconds
Number Of Stages And Configuration	Six Stages In Series, Top Two Stages Shorted Out.

AC Dielectric Test Set

Manufacturer	Phenix Technologies (Formerly American High Voltage Test Systems)
Output Rating	250 kV @ 500 MA, Partial Discharge Free Winding (<2 pc)
High Voltage Metering	Capacitive Tapped High Voltage Bushing
Duty Cycle	1 hour on/1 hour off rating 125 kVA, Continuous Rating 100 kVA
Calibration Cycle	Yearly or after repair or maintenance, which-ever comes first
Discharge Level	< 2 pc at 250 kV
Distortion	< 5%
Impedance	< 15% at rated current
Options	4 1/2 Digit Panel Meters, accurate to 2% of full scale Multiple function timer circuit IEEE 488 GPIB for control, meter reading functions, and automated testing Input power RF filtering
Commission Date	August, 1988



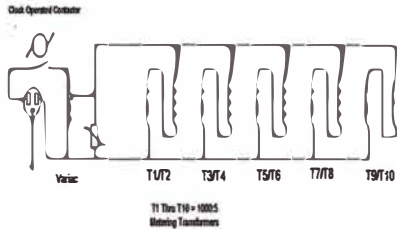
Transformer



Diagram

Current Source

- Power Source:** Variable AutoTransformer (Variac).
- Current Source:** Specimen with a jumper connected in a loop configuration through 1000:5 Window Type Metering Transformers.
- Configuration:** Multiple, whatever combination of series/parallel transformers required to drive the current needed.
- High Voltage Source:** Impulse Generator or AC Test Set, as needed.



Typical hook-up, five parallel banks of two transformers in series. Series/Parallel combinations selected according to the load being presented by the test specimen. We have several power sources we routinely use from 115VAC/5Amp to 480VAC/60Amp. Loop current measurements are taken with a digital ammeter.



Typical Current Source:
There are a number of sets/configurations in the laboratory.

Equipment Utilization List

Test Piece:	3M Instrument Number:	Calibration Due:
AC Test Set, American High Voltage, 250 kV-RMS	67567	10/2005
Hipotronics Partial Discharge Detector	13977	6/2005
Haefely Impulse Generator	598901	8/2005
Omega Psychrometer	123497	10/2005
Tektronix TDS 420A	139215	5/2005
Fluke i2000 Flex	154204	10/2005
DC Test Set, Phenix	139826	5/2002
Scotchtek™ Heat Tracer	123348	10/2005
Fluke 23 Multimeter	105908	7/2005
PSI Tronix Pressure Gauge	139287	10/2005

Calibrations are done by the 3M Metrology Laboratory, Haefely Test Systems Inc., or Rothe Development. All calibrations are traceable to NIST. The equipment is calibrated yearly, after repair, if suspect, or found to be off during a spot comparison.

Original data and Oscillograms are on file in the 3M Electrical Markets Division, U&I Sector, Testing and Services Group Master File. Some original data maybe in the form of electronic files as some tests are computer driven.

Revision History

Revision: **Change:**

Important Notice

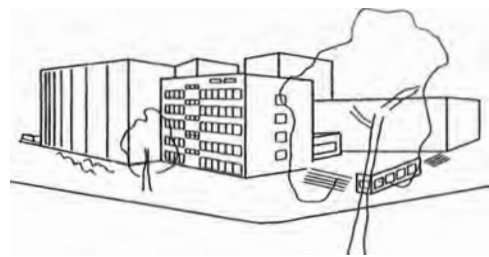
All statements, technical information and recommendations related to the Seller's products are based on information believed to be reliable, but the accuracy or completeness thereof is not guaranteed. Before utilizing the product, the user should determine the suitability of the product for its intended use. The user assumes all risks and liability whatsoever in connection with such use.

Any statements or recommendations of the Seller which are not contained in the Seller's current publications shall have no force or effect unless contained in an agreement signed by an authorized officer of the Seller. The statements contained herein are made in lieu of all warranties, expressed or implied, including but not limited to the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose which warranties are hereby expressly disclaimed.

SELLER SHALL NOT BE LIABLE TO THE USER OR ANY OTHER PERSON UNDER ANY LEGAL THEORY, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO NEGLIGENCE OR STRICT LIABILITY, FOR ANY INJURY OR FOR ANY DIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES SUSTAINED OR INCURRED BY REASON OF THE USE OF ANY OF THE SELLER'S PRODUCTS THAT WERE DEFECTIVE.

3M

Electrical Markets Division
6801 River Place Blvd.
Austin, TX 78726-9000



Test Report No 2006-57

Type Test of a 72,5 kV- Termination QT- III

Client: 3M Deutschland GmbH
Carl-Schurz-Str.1
41453 Neuss

Reporter: Dr.-Ing. R. Badent
Dr.-Ing. B. Hoferer

This report includes 17 numbered pages and is only valid with the original signature. Copying of extracts is subject to the written authorization of the test laboratory. The test results concern exclusively the tested objects.

1 Purpose of Test

Two 72,5 kV Terminations QT - III were subjected to a type test according to IEC 60840 04/2004 type test on cable accessories.

2 Miscellaneous Data

Test object: *2 cold shrink silicone rubber terminations QT - III 7672-S-8-JCN (RW)*
Drawing No. 78-8131-7387-5-A, Figure 2.1
Type of the cable: single core EPR-Cable with copper conductor 1 x 300 RM 66/72,5 kV

Hersteller: 3 M Deutschland GmbH
Carl-Schurz-Str.1
41453 neuss

Place of test: *Institute of Electric Energy Systems and High-Voltage Technology – University of Karlsruhe, Kaiserstraße 12 – 76128 Karlsruhe*

Testing dates: Delivery: 08.05.2006
Mounting: 08.05. - 11.05.2006
Test date: 12.05. - 14.06.2006

Atmospheric conditions: Temperature: 19°C - 23°C
Air pressure: 980 - 1020 mbar
rel. humidity: 35% - 50%

Representatives *Client´s representatives*
Dipl.-Ing. J. Weichold, 3 M Deutschland GmbH
Representatives responsible for the tests
Dr.-Ing. R. Badent ; Dr.-Ing. B. Hoferer; Mr. O. Müller



Cold Shrink Silicone Rubber Termination QT-III

7672-S-8-JCN (RW)

Instructions

Class 1 Termination
 69 kV Class 325 kV BIL
 IEC 60840
 72,5 kV

Kit Contents:

- 1 Insulation Adapter Tube Assembly
- 1 Silicone Rubber Lug Seal Insulator Assembly
- 1 Hi-K Stress Control Assembly
- 1 Silicone Rubber Insulator Assembly
- 1 Silicone Rubber Skirted Insulator Assembly
- 1 Pre-formed Ground Braid Assembly
- 3 Constant Force Springs
- 1 Roll Scotch® Electrical Shielding Tape 24
- 8 Tubes P55/R Red Compound (Non-Silicone Grease)
- 1 Roll Scotch Sealing Mastic 2229, 1" (25 mm) wide
- 8 Strips Hi-K Mastic (1-6" x 22", 7-2" x 11")
- 1 Roll Scotch Silicone Rubber Tape 70
- 1 Roll Scotch Vinyl Electrical Tape Super 88, 1½" x 44'
- 1 6" (150 mm) Hi-K Mastic Pad
- 1 3M™ Cable Cleaning Pads CC-3
- 1 Copper Foil Tape Strip 1181, 15" long
- 4 Instruction Sheets

Note: Do not use knives to open plastic bags.



Kit Number	Primary Insulation O.D. Range	Jacket O.D. Range	Conductor Size Range AWG (mm²)
7672-S-8 (RW)	1.44"-2.58" (36.6-65.5 mm)	1.95"-3.11" (49.5-79.0 mm)	250-2000 (120-1000)

Table 1


 <p>Jacketed Concentric Neutral (JCN) Cable</p>	<p>3M™ Silicone Rubber Skirted Termination Kit QT-III for Jacketed Concentric Neutral (JCN) Cable 7672-S-8-JCN (RW)</p>
	<p>78-8131-7387-5-A</p>
<p>CAUTION</p> <p>Working around energized systems may cause serious injury or death. Installation should be performed by personnel familiar with good safety practices in handling electrical equipment. De-energize and ground all electrical systems before installing product.</p>	

Figure 2.1: Termination QT - III

Tests: Test volume, chronological order and requirements conform to IEC 60840 04/2004 type test on accessories.

- Pos. 1 Partial Discharge Test
 $\hat{u} / \sqrt{2} = 1,75 U_0 = 63 \text{ kV}$ 10s thereafter ;
 $\hat{u} / \sqrt{2} = 1,5 U_0 = 54 \text{ kV}$
no detectable discharge
- Pos. 2 Heating cycle voltage test
Load cycle: 24 h
8h loading up to 95°C - 100 °C conductor temperature with
at least 2h at 95°C-100°C
16h cooling
Test voltage: $\hat{u} / \sqrt{2} = 2,0 U_0 = 72 \text{ kV}$
Number of cycles: 20
- Pos. 3 Partial Discharge Test
 $\hat{u} / \sqrt{2} = 1,75 U_0 = 63 \text{ kV}$ 10s thereafter ;
 $\hat{u} / \sqrt{2} = 1,5 U_0 = 54 \text{ kV}$
no detectable discharge
- Pos. 4 Partial Discharge Test at elevated temperature
8h loading up to 95°C - 100 °C conductor temperature with
at least 2h at 95°C-100°C
 $\hat{u} / \sqrt{2} = 1,75 U_0 = 63 \text{ kV}$ 10s thereafter ;
 $\hat{u} / \sqrt{2} = 1,5 U_0 = 54 \text{ kV}$
no detectable discharge
- Pos.5 Lightning impulse voltage test at elevated temperature
T = 95°C-100°C, at least 2h, $\hat{u} = 325 \text{ kV}$,
10 impulses each polarity
- Pos.6 AC-voltage withstand test
 $\hat{u} / \sqrt{2} = 2,5 U_0 = 90 \text{ kV}$, t = 15 min
- Pos. 7 Cable and accessory examination

3 Mounting

The cable preparation, assembling and mounting of the cable system was accomplished by technicians of 3 M Deutschland GmbH.

4 Test Setup

4.1 AC Voltage Withstand Test

The test voltage was generated by a 360-kVA transformer. The voltage was measured with a capacitive divider ($C_H = 351 \text{ pF}$; ratio = 10.000:1) and a peak voltmeter reading $\hat{u} / \sqrt{2}$. The primary side of the AC-transformer was connected to a motor-generator set consisting of a variable frequency DC motor and a synchronous generator with variable excitation. The generator delivers voltages from 0 ... 500 V with currents up to 1000 A.

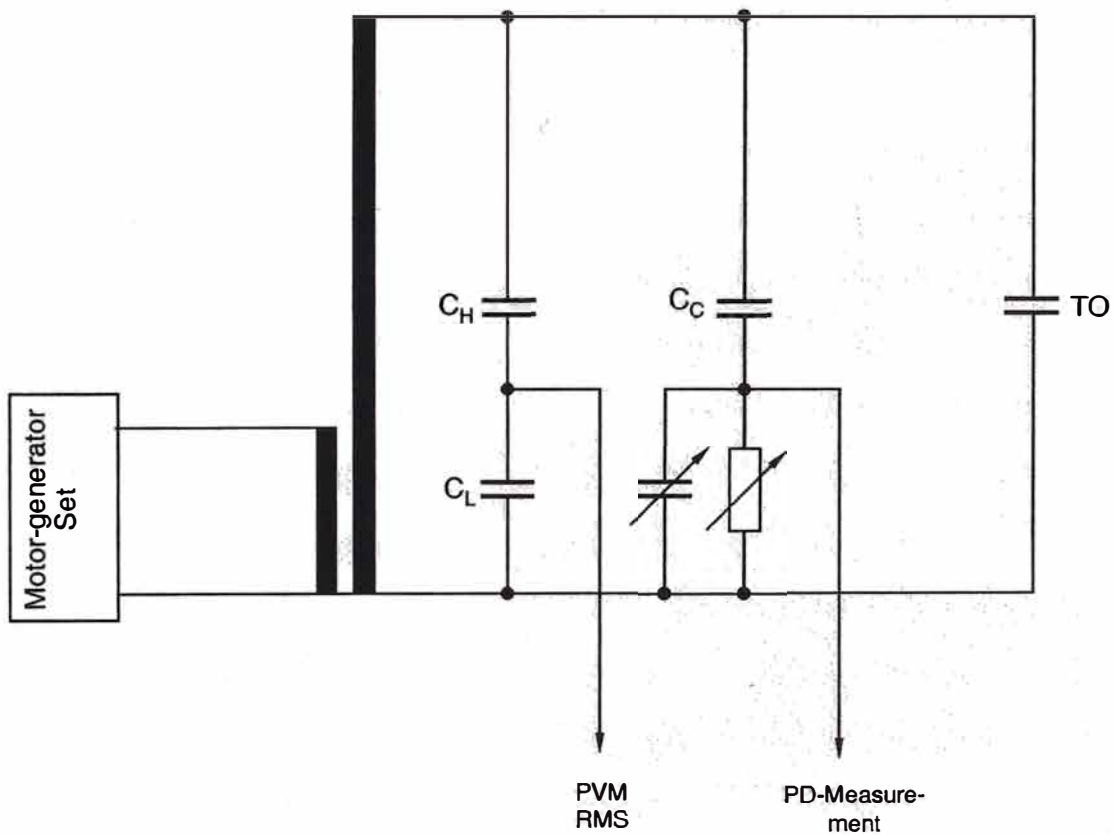


Figure 4.1: Test-setup for AC-voltage withstand test and PD measurement

AC-transformer: 500V/300kV; $S_N = 360 \text{ kVA}$

Voltage measurement: $C_H = 351 \text{ pF}$; ratio 10.000:1
uncertainty 3 %

PD measurement: $C_C = 1000 \text{ pF}$; $U_N = 800 \text{ kV}_{\text{rms}}$
uncertainty 5 %

4.2 Partial-Discharge Test

The PD-measurement was performed with an analog bridge according to *Kreuger*, Figure 4.2. External PDs producing common mode signals at the detector are rejected by the differential amplifier. Internal PDs represent differential mode signals and are amplified. The background noise level at 54 kV_{rms} was 0.8 pC.

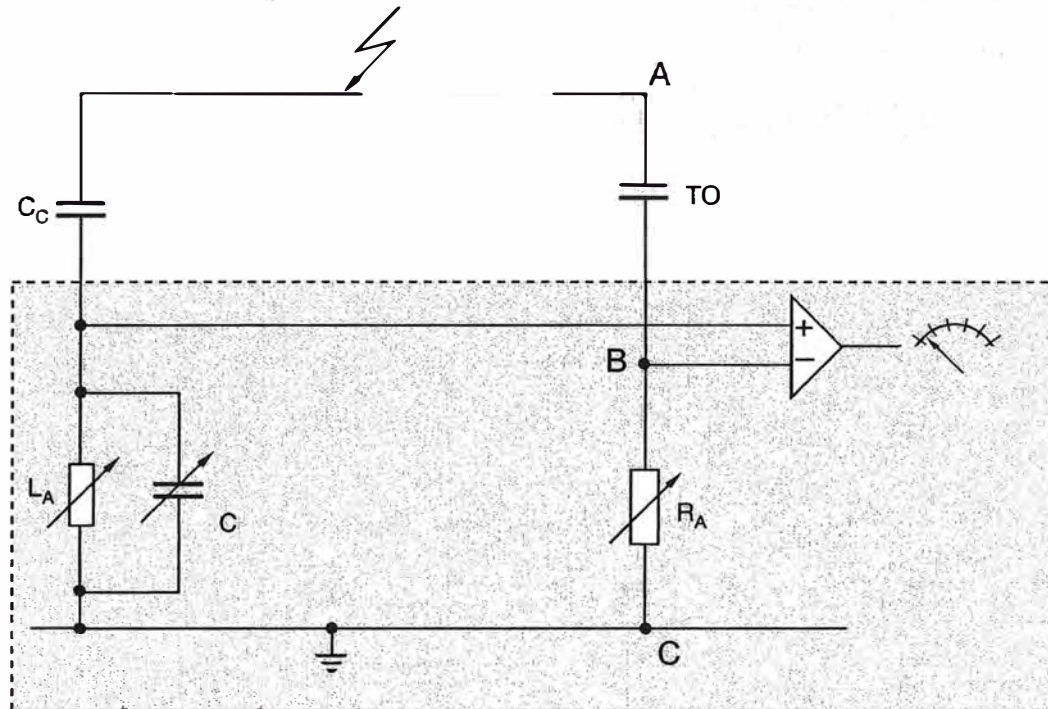


Figure 4.2: Scheme of PD test circuit

TO: Test object
 C_C : Coupling Capacitor

For balancing the bridge a calibrating impulse with $q_A = 10.000$ pC is applied between the terminals A (high-voltage) and C (ground) and the amplifier output is minimized. A pulse between the terminals A and C corresponds to an external PD. For the calibration a PD pulse, $q_A = 5$ pC, is applied between A and B. Subsequently, the amplifier output of the PD measuring unit is adapted to the applied pulse.

4.3 Cyclic Current Loading

According to IEC 60840 the test objects must be heated by a current which provides the permitted service temperature of the tested cable plus 5 K - 10 K, that means 95°C - 100°C, for EPR-cable. The required heating current I was determined via a dummy cable. A 5 m sample of the cable used for the test, was provided with a 1 mm diameter drilling hole down to the center conductor. The

temperature was measured with thermocouples NiCr-Ni. Two other thermocouples were installed on the conductor of the reference cable 0.5 m away from the middle and 1.0 m away from the middle. The difference between the three readings was less than 1°C. Furthermore two additional thermocouples NiCr-Ni were placed on the outer sheath of the cable, one on the dummy and one on the test loop. Figure 4.3 illustrates the temperature rise at the conductor with a heating current of $I = 980 \text{ A}$, 8h. Current inception was accomplished by a transformer ($U_1 = 400 \text{ V}$; $U_2 = 20 \text{ V}$) which used the cable as secondary winding. The current was regulated by a control unit and measured by a current transformer, 3000:1, and a digital multimeter. The measurement uncertainty was 1%.

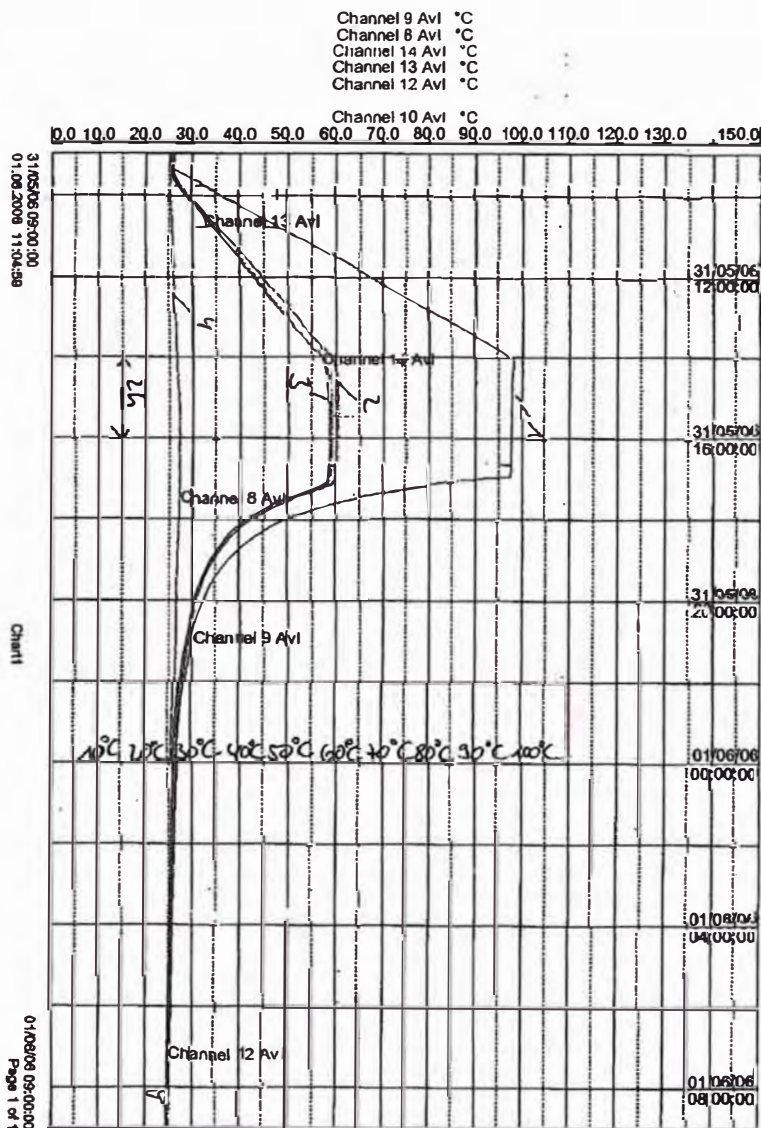


Figure 4.3: Heat cycle $I = 980 \text{ A}$, 8h; $I = 0 \text{ A}$, 16 h
 1: Conductor temperature; 2: Cable jacket temperature test loop;
 3: Cable jacket temperature dummy; 4: Temperature HV-laboratory

4.4 Lightning Impulse Voltage Test

For lightning impulse testing of the cable system 4 stages of a Marx generator (Haefely) with a maximum cumulative charging voltage of $U = 800$ kV and a maximum impulse energy of $E_{\max} = 40$ kW were used. The crest value of the impulse voltage was measured by a damped capacitive divider and a subsequent impulse peak voltmeter (Haefely). The time to crest and the time to half value were evaluated from the oscillographs.

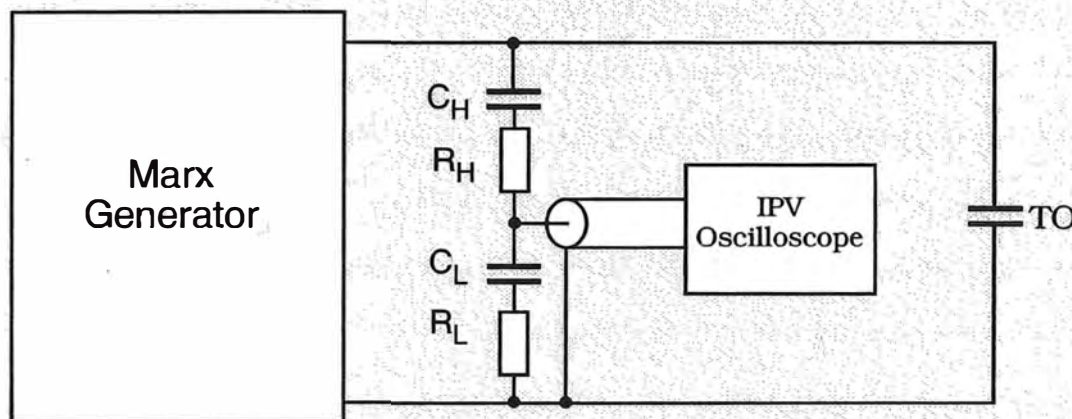


Figure 4.4.1: Scheme of switching impulse voltage test circuit

C_H : 1200 pF ; $R_H = 70 \Omega$; ratio: 3225;

IPV: impulse-peak-voltmeter (Haefely), measurement uncertainty 3%

Oscilloscope: Tektronix 2430 A – measurement uncertainty 2%

The waveform parameters were determined at reduced charging voltage. Figure 4.4.2 shows the front time, Figure 4.4.3 the time to half value for positive polarity each. Figure 4.4.4 shows the front time, Figure 4.4.5 the time to half value for negative polarity each.

Positive impulse: : $T_1 = 1.32 \mu\text{s}$ $T_2 = 48.9 \mu\text{s}$

Negative impulse: $T_1 = 1.32 \mu\text{s}$ $T_2 = 49.7 \mu\text{s}$

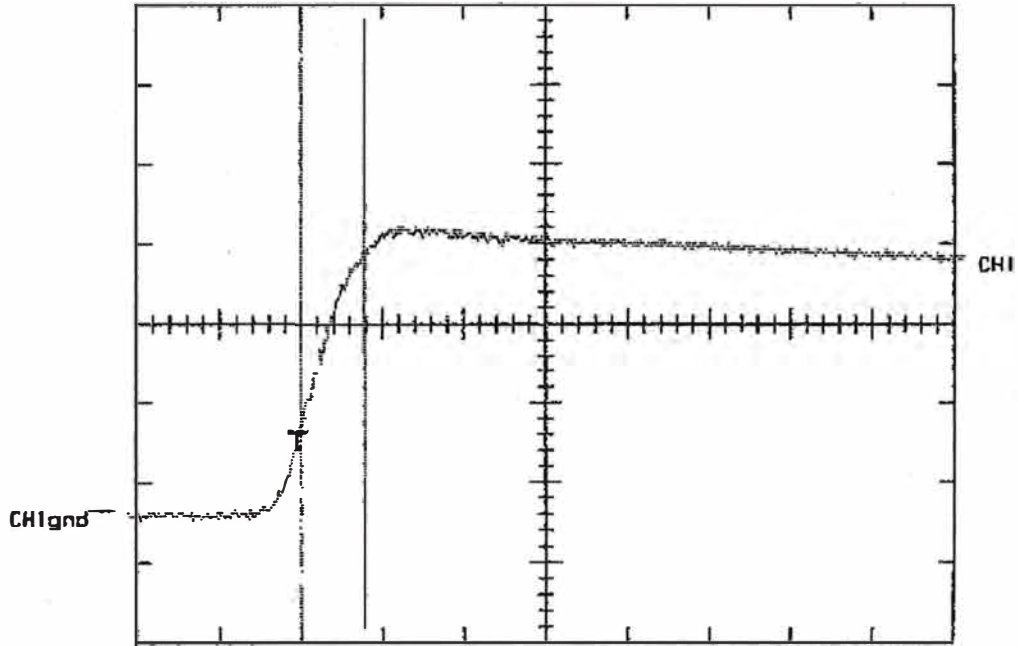


Figure 4.4.2: Front time, positive polarity
horiz.: 1 μ s/Div; vert.: 1V/Div; probe 10:1; ratio 3225:1

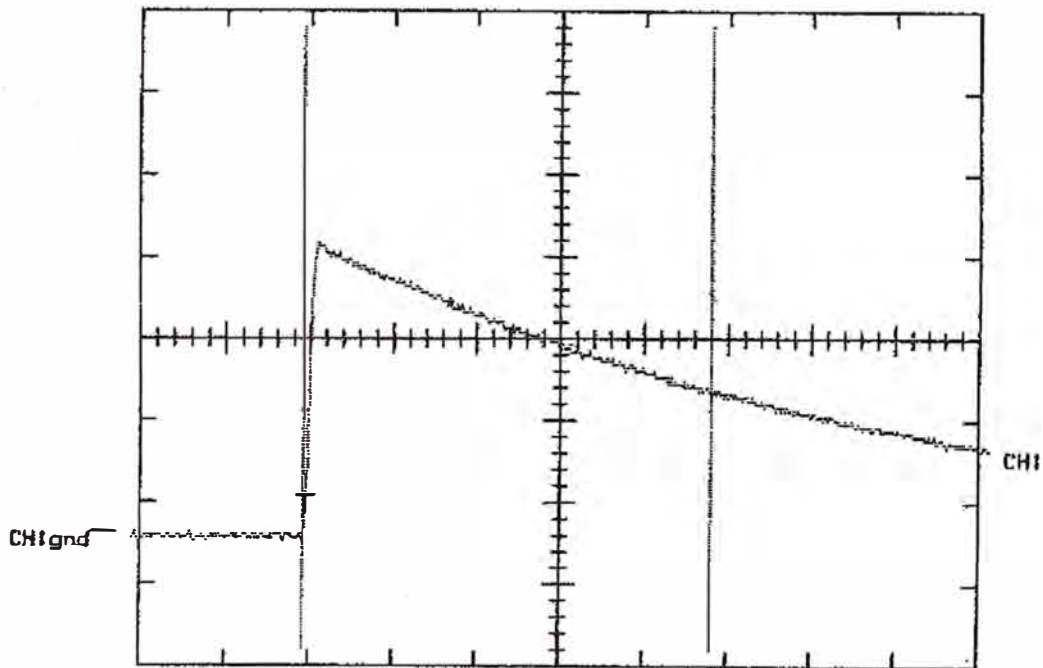


Figure 4.4.3: Time to half value, positive polarity
horiz.: 10 μ s/Div; vert.: 1V/Div; probe 10:1; ratio 3225:1

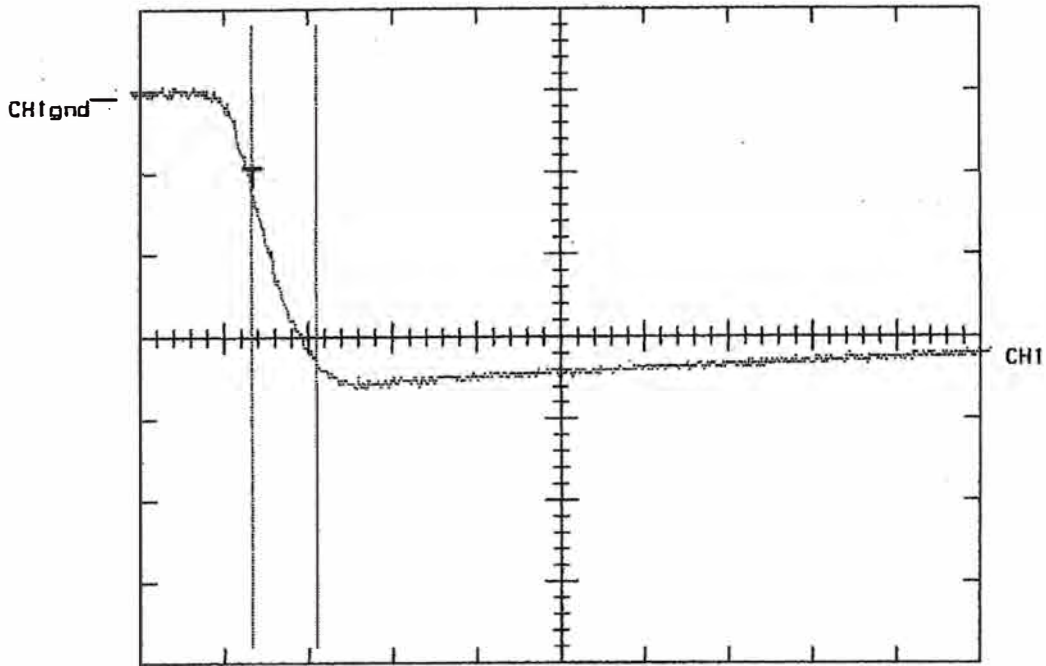


Figure 4.4.4: Front time, negative polarity
horiz.: 1 μ s/Div; vert.: 1V/Div; probe 10:1; ratio 3225:1

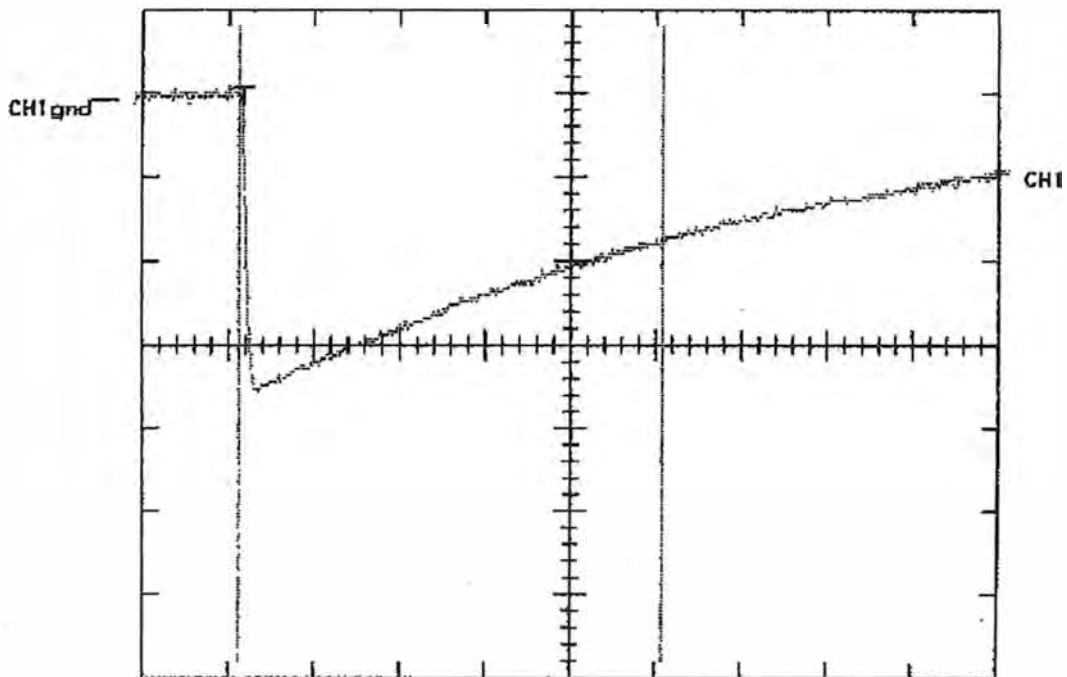


Figure 4.4.5: Time to half value, negative polarity
horiz.: 10 μ s/Div; vert.: 1V/Div; probe 10:1; ratio 3225:1

5 Results

5.1 PD-Test

The test was carried out as described in 4.1 and 4.2.

Test date: 12.05.2006
Calibration pulse: $q_{cal} = 5 \text{ pC}$
Background noise level: 0.8 pC
Test voltage: $\hat{u} / \sqrt{2} = 63 \text{ kV}$; $t = 10 \text{ s}$, thereafter
 $\hat{u} / \sqrt{2} = 54 \text{ kV}$; with pd reading
PD: no detectable discharges

The test was passed successfully

5.2 Heating cycle voltage test

The test was carried out as described in 4.1 and 4.3.

Test date: 19.05. - 08.06.2006
Test voltage: $\hat{u} / \sqrt{2} = 72 \text{ kV}$
Heating current: $I = 980 \text{ A}$, 8h
 $I = 0\text{A}$, 16 h
Cycle: 8 h heating; 16 h cooling
Number of cycles: 20

Neither breakdown nor flashover occurred.

The test was passed successfully

5.3 PD-Test

The test was carried out as described in 4.1 and 4.2.

Test date: 12.06.2006
Calibration pulse: $q_{cal} = 5 \text{ pC}$
Background noise level: 0.8 pC
Test voltage: $\hat{u} / \sqrt{2} = 63 \text{ kV}$; $t = 10 \text{ s}$, thereafter
 $\hat{u} / \sqrt{2} = 54 \text{ kV}$; with pd reading
PD: no detectable discharges

The test was passed successfully

5.4 PD-Test at elevated temperature

The test was carried out as described in 4.1, 4.2 and 4.3.

Test date:	12.06.2006
Calibration pulse:	$q_{cal} = 5 \text{ pC}$
Background noise level:	0.8 pC
Heating current:	$I = 980 \text{ A}$, 8 h
Temperature:	$T = 97,8^\circ\text{C}$
Test voltage:	$\hat{u} / \sqrt{2} = 63 \text{ kV}$; $t = 10 \text{ s}$, thereafter $\hat{u} / \sqrt{2} = 54 \text{ kV}$; with pd reading
PD:	no detectable discharges

The test was passed successfully

5.5 Lightning Impulse Voltage Withstand Test at elevated temperature

This test was carried out as described in 4.3 and 4.4.

Test date:	13.06.2006
Test voltage:	$\hat{u} = 325 \text{ kV}$
Temperature:	$T = 95,7^\circ\text{C}$
Impulse:	1-5 μs / 40-60 μs
Number of tests:	10 positive polarity, 10 negative polarity

Neither flashover nor breakdown occurred at the test objects during all lightning impulse voltage tests.

The test was passed successfully

Table 1 shows the test results with positive polarity, table 2 with negative polarity.

number	charging voltage / kV	\hat{u} / kV	Figure	remark
1	30,0	115,9		front time,
2	30,0	115,8		time to half value
3	42,0	162,0		50%
4	58,8	226		70%
5	76,1	290		90%
6	84,8	325	5.1	1. 100%
7	84,8	325	5.1	2. 100%
8	84,8	325	5.1	3. 100%
9	84,8	325	5.1	4. 100%
10	84,8	325	5.1	5. 100%
11	84,8	326	5.2	6. 100%
12	84,8	325	5.2	7. 100%
13	84,8	325	5.2	8. 100%
14	84,8	325	5.2	9. 100%
15	84,8	325	5.2	10. 100%

Table 1: Lightning impulse voltage withstand test, positive polarity

number	charging voltage / kV	\hat{u} / kV	Figure	remark
1	- 30,0	- 115,2		front time,
2	- 30,0	- 115,1		time to half value
3	- 42,0	- 160,7		50%
4	- 58,8	- 225		70%
5	- 76,1	- 290		90%
6	- 84,8	- 325	5.3	1. 100%
7	- 84,8	- 325	5.3	2. 100%
8	- 84,8	- 325	5.3	3. 100%
9	- 84,8	- 325	5.3	4. 100%
10	- 84,8	- 325	5.3	5. 100%
11	- 84,8	- 325	5.4	6. 100%
12	- 84,8	- 325	5.4	7. 100%
13	- 84,8	- 325	5.4	8. 100%
14	- 84,8	- 325	5.4	9. 100%
15	- 84,8	- 325	5.4	10. 100%

Table 2: Lightning impulse voltage withstand test, negative polarity

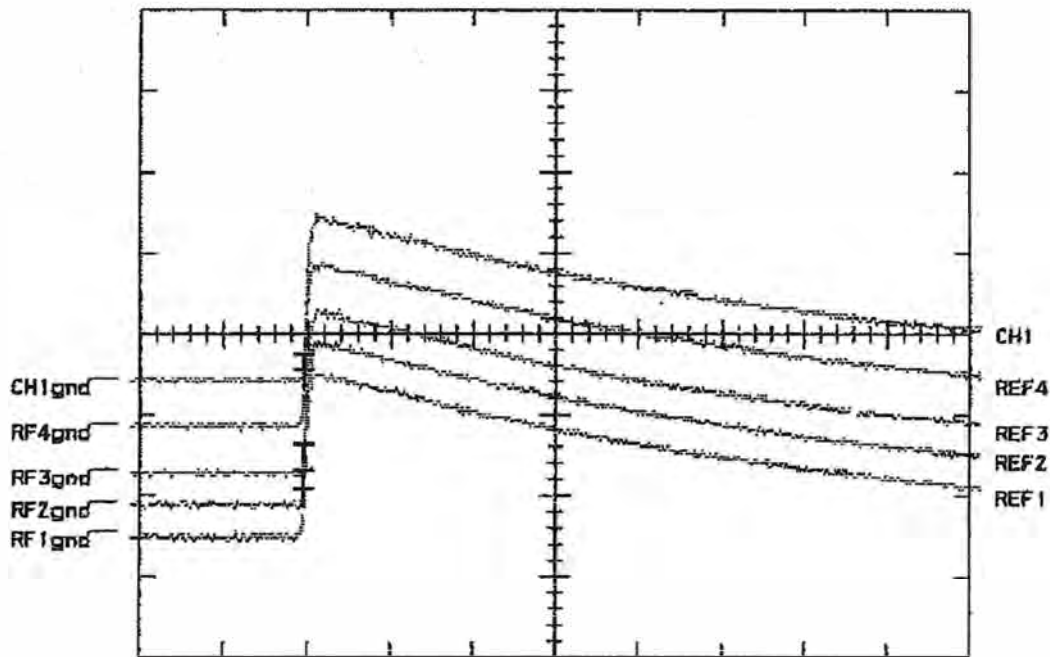


Figure 5.1: 100%-stress 1 - 5, positive polarity
Hor.: 10 μ s/Div; Vert.: 5V/Div; probe 10:1; \ddot{u} = 3225

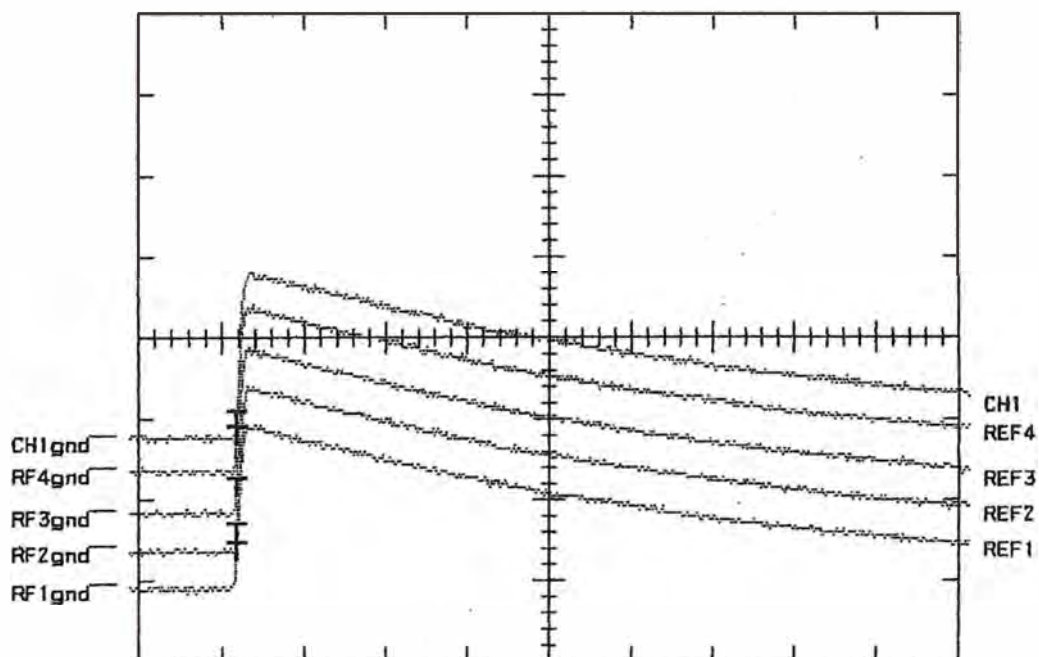


Figure 5.2: 100%-stress 6 - 10, positive polarity
Hor.: 10 μ s/Div; Vert.: 5V/Div; probe 10:1; \ddot{u} = 3225

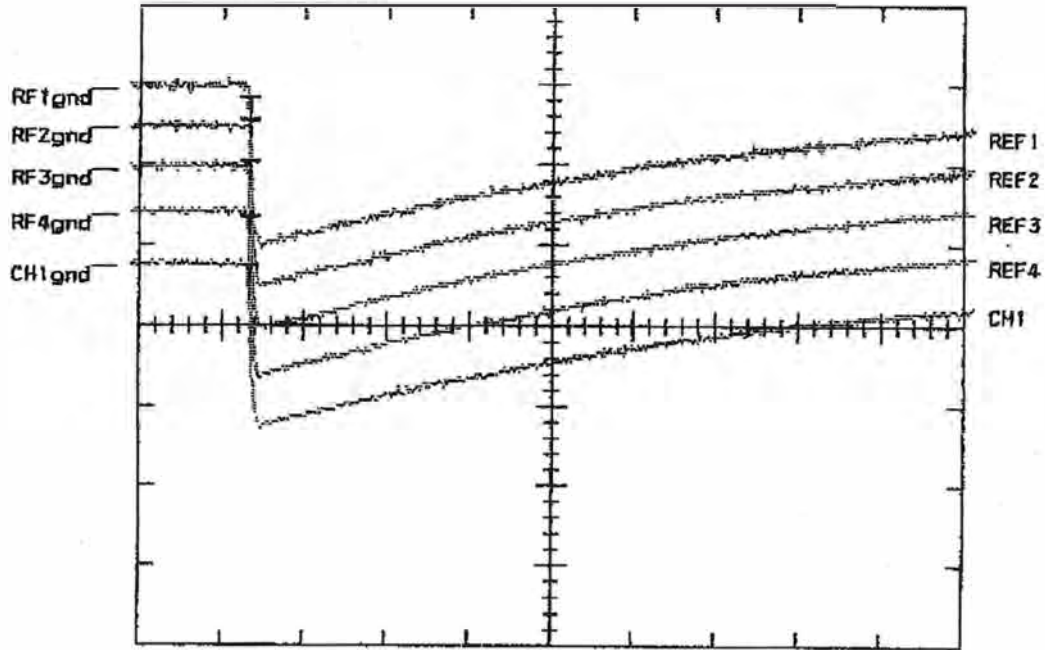


Figure 5.3: 100%-stress 1 - 5, negative polarity
Hor.: 10µs/Div; Vert.: 5V/Div; probe 10:1; $\ddot{u} = 3225$

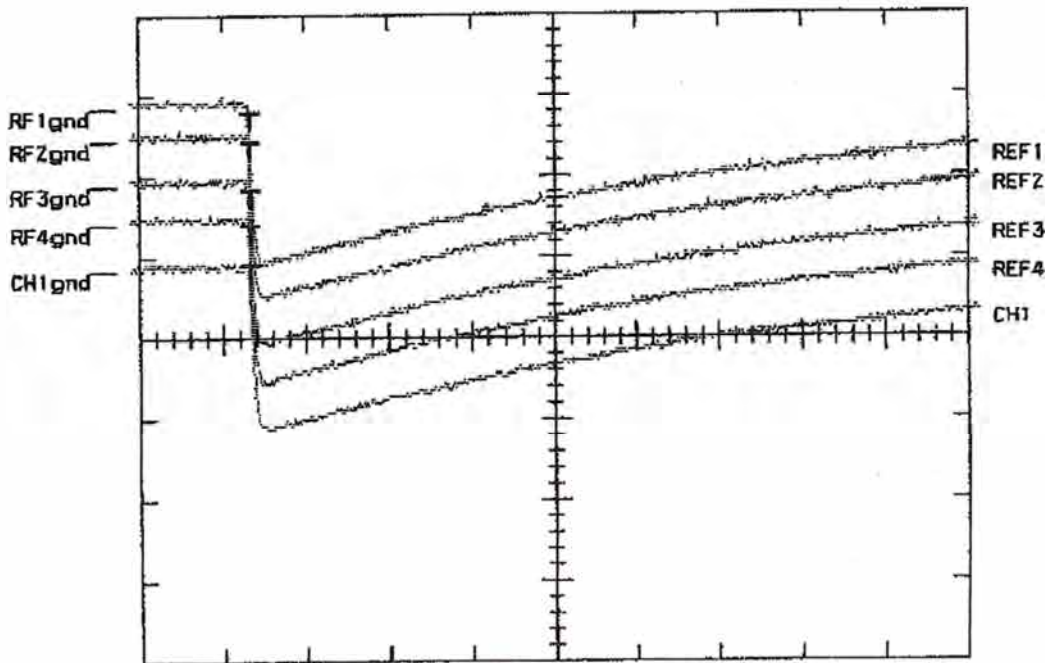


Figure 5.4: 100%-stress 6 - 10, negative polarity
Hor.: 10µs/Div; Vert.: 5V/Div; probe 10:1; $\ddot{u} = 3225$

5.6 AC Voltage Withstand Test

The test was carried out as described in 4.1

Test date: 14.06.2006

Test voltage: $\hat{u} / \sqrt{2} = 90 \text{ kV}$; t = 15 min

Neither breakdown nor flashover occurred.

The test was passed successfully.

5.7 Accessory Examination


On completion of the electrical tests the accessories were examined. There was no evidence of electrical activity.

The test was passed successfully.

6 Conclusion

The 72,5 kV Terminations QT - III, manufacturer 3 M, passed all tests described in Chapter 2 successfully. The test object fulfilled the requirements according IEC 60840 04/2004 type test on accessories.

Karlsruhe, 17.06.2006



Dr.-Ing. R. Badent
Bereichsleiter HPT



Dr.-Ing./B. Hoferer
stellv. Bereichsleiter HPT

ANEXO B

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE

TERMINACIONES DE ALTA TENSION (OTRAS

TECNOLOGIAS)



Energy Division

Raychem heat shrink terminations for polymeric cables 52/72kV



Tyco Electronics

Our commitment. Your advantage.

Raychem termination systems for polymeric insulated cables 52/72kV

Application

The Tyco Electronics Raychem 52/72kV terminations are suitable for all climates, areas and environments, even severely polluted areas, and for all installation conditions, including top feed installation.

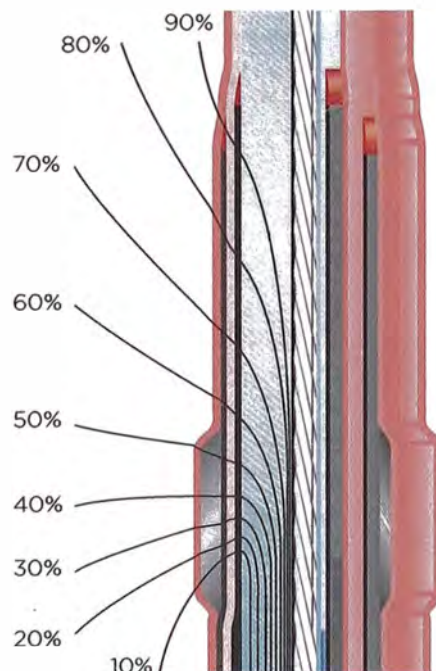
Our heat shrink accessories have been used by utilities and industrial companies around the world for more than 35 years. This ongoing field experience has made Tyco Electronics Energy Division a leader in materials science and technology for high-voltage applications. The Energy Division's materials technology is at the core of the development of our heat shrink terminations. The materials used in Tyco Electronics Raychem cable accessories have been extensively optimized with respect to product design and function, manufacturing and expected service environments.

Features

- Compact and modular design
- Heat-shrinkable stress control sleeves
- Non-tracking, heat-shrinkable outer insulation
- Water- and corrosion-resistant
- Different creepage distances available
- Easy to install
- Suitable for compression and mechanical lugs
- No special or expensive tools
- Lightweight components
- Unlimited shelf life under normal storage conditions
- No oil or compound filling
- Reduced waste for disposal
- Tested in accordance to IEEE 48 and IEC 60840
- Manufactured according to ISO 9001 and ISO 14001



Stress control diagram



Construction and design

72kV Outdoor termination

Torque controlled lug

Insulating and non-tracking heat-shrinkable outer tube

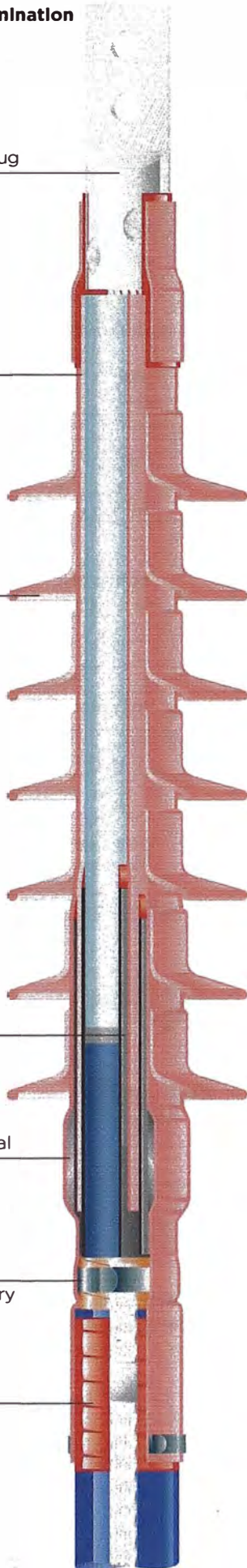
Heat-shrinkable sheds

Heat-shrinkable stress-control tube

Stress-relief material

Solderless grounding accessory

Sealant



Torque-controlled lug

- Variety of different rods/palms available
- Body made of tinned aluminum alloy
- Torque-controlled shear-off bolts
- Suitable for aluminum and copper conductors (see brochure EPP-0850)



Sheds

- Due to the installation of several numbers of sheds creepage lengths above 40mm/kV are available and covering the most common and also extreme pollution levels
- Sheds have excellent tracking and erosion resistance characteristics



Insulating and non-tracking tube

- Insulating tubes are UV- and water-resistant and perform reliably even when exposed to sudden temperature variations
- Insulating materials conform to Tracking and Erosion Tests as per ASTM D2303 and IEC 112
- Insulating tubes have an excellent tracking and erosion resistance characteristics



Electrical stress control tube

- Electrical stress control tubes are used to smooth out the electrical field at the cable end; this is achieved by the unique resistive and capacitive properties of the heat-shrink material



Sealant

- Track-resistant sealant that melts during shrinking process results in a reliable barrier against moisture



Solderless grounding connection

- Solderless connection is used to connect metal shields
- Solderless connection can be provided for each available cable construction e.g. copper wires, metal sheath, CAS

Raychem heat shrink terminations for polymeric insulated cables 52/72kV

Technical Information

Application range 52/72kV termination kits

	Diameter over prepared cable insulation	Diameter over cable sheath
Size 1*	30 - 45 mm	≤ 60 mm
Size 2	38 - 55 mm	≤ 70 mm
Size 3	48 - 65 mm	≤ 80 mm
Size 4	58 - 77 mm	≤ 100 mm
Size 5**	70 - 86 mm	≤ 110 mm

*No 72kV Long Creepage termination kit available for this size

** Not available for 52kV

Application data 52/72kV termination kits

Standard terminations	52kV Indoor	52kV Outdoor	72kV Indoor	72kV Outdoor	72kV Long creepage
Termination length	700mm	850mm	950mm	1200mm	1500mm
Approx. creepage length	1220mm	1430mm	1600mm	2200mm	3000mm
Number of sheds	2	4	4	7	10
Approx. kit weight	6kg	6.5kg	7kg	7.5kg	9.5kg

Technical data 52/72kV termination

Standard terminations	52kV	72kV
Maximum voltage to ground	26kV	40kV
Basic impulse level	250kV	350kV
Max. continuous conductor operating temperature	90°C	90°C
Max. conductor emergency temperature	130°C	130°C
Conductor short circuit temperature	250°C	250°C

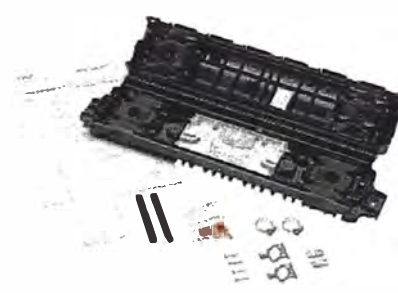
Tools for XLPE cables

Tools required for cable preparation can also be purchased or rented at Tyco Electronics Energy Division. (See brochure EPP-0756 and EPP-0071)



Add-on

Fiber optic kit
(See brochure EPP-1623)



Cable clamps



While Tyco Electronics and its affiliates referenced herein have made every reasonable effort to ensure the accuracy of the information contained in this catalog, Tyco Electronics cannot assure that this information is error free. For this reason, Tyco Electronics does not make any representation or offer any guarantee that such information is accurate, correct, reliable or current. Tyco Electronics reserves the right to make any adjustments to the information at any time. Tyco Electronics expressly disclaims any implied warranty regarding the information contained herein, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. Tyco Electronics' only obligations are those stated in Tyco Electronics' Standard Terms and Conditions of Sale. Tyco Electronics will in no case be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising from or in connection with, including, but not limited to, the sale, resale, use or misuse of its products. Users should rely on their own judgement to evaluate the suitability of a product for a certain purpose and test each product for its intended application. In case of any potential ambiguities or questions, please don't hesitate to contact us for clarification. Raychem, TE (logo) and Tyco Electronics are trademarks of the Tyco Electronics group of companies and its licensors.

Energy Division - Innovative and economical solutions for the electrical power industry: cable accessories, connectors & fittings, insulators & insulation, surge arresters, switching equipment, lighting controls, power measurement and control.

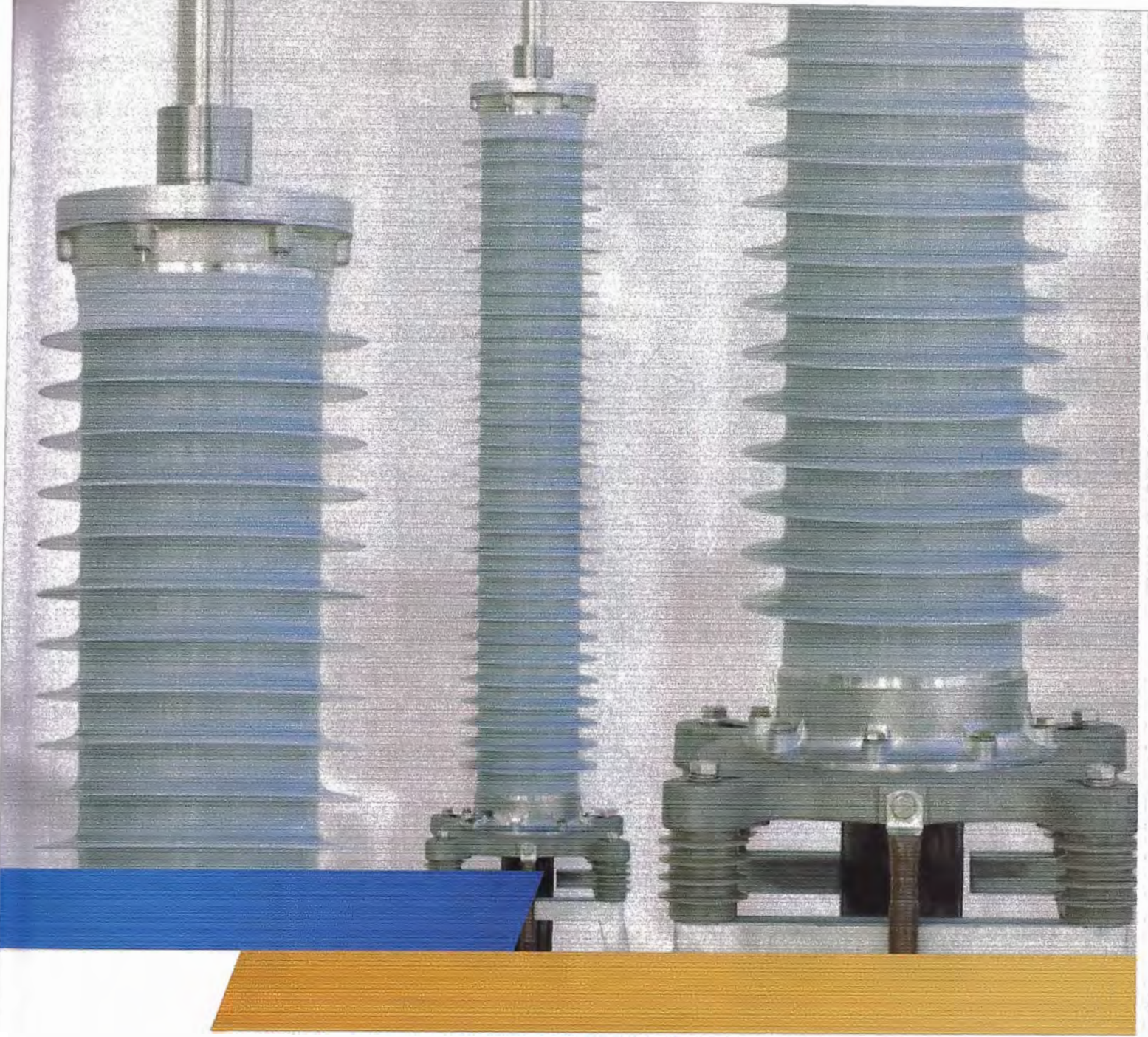
Tyco Electronics Raychem GmbH
Energy Division
Finsinger Feld 1
85521 Ottobrunn/Munich, Germany

Phone: +49-89-6089-0
Fax: +49-89-6096345

<http://energy.tycoelectronics.com>

 **Tyco Electronics**

Our commitment. Your advantage.



Energy Division

Raychem High Voltage Outdoor Termination up to 170 kV



Tyco Electronics

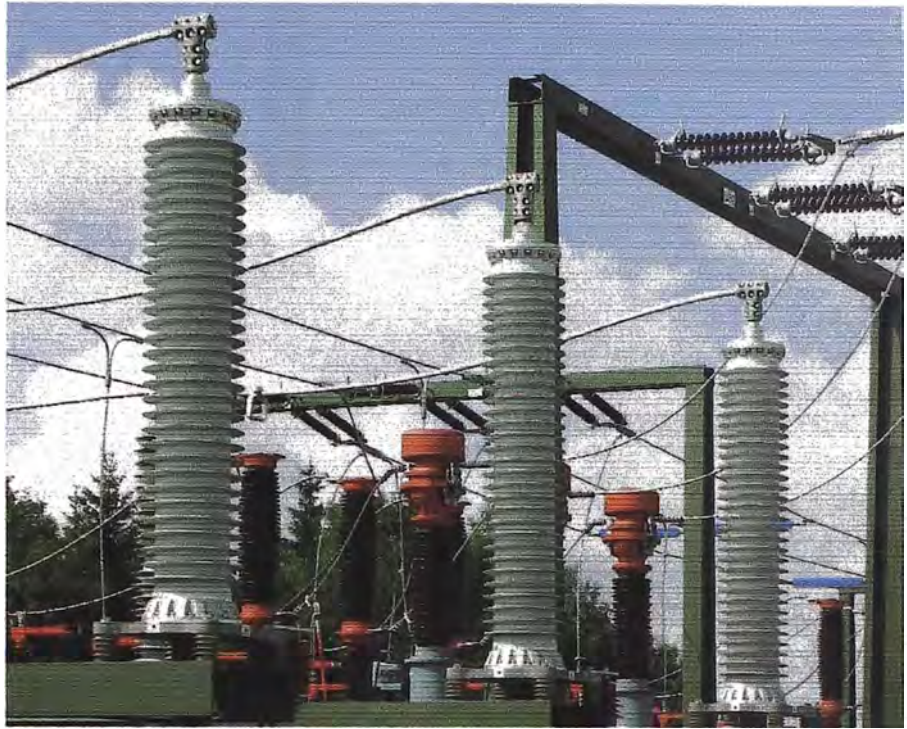
Our commitment. Your advantage.

Raychem High Voltage Outdoor Termination up to 170 kV

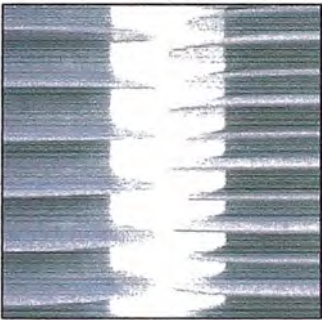
The Raychem OHVT System

The high voltage outdoor termination (OHVT) is designed for voltage up to 170 kV and to operate under severe environmental conditions. Polymeric insulated cables of various designs can be adopted with respect to shielding and metal sheath. Composite or porcelain housings with different creepage lengths are available covering the most common and also extreme pollution levels. The installation of the termination can be done by trained installer equipped with conventional tools.

The termination is designed according to following standards: IEC-60840, IEC-60815, IEEE-48; IEEE-1313



Model variations



Creepage

Variations according to individual requirements

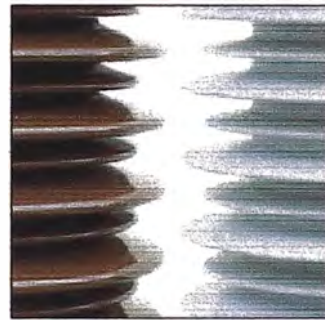
- pollution class
- normal sheds
- alternating sheds



Cable lug

Different types of cable lugs available

- mechanical with defined torque
- crimp octant or hexagonal



Insulator

Variations of insulator materials

- composite
- porcelain

System Add ons



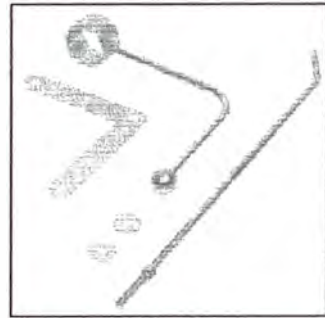
Adapter

Variations to customize the termination contact bolt



Fibre optic kit

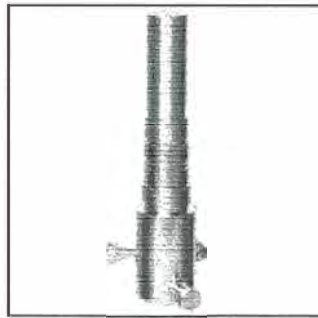
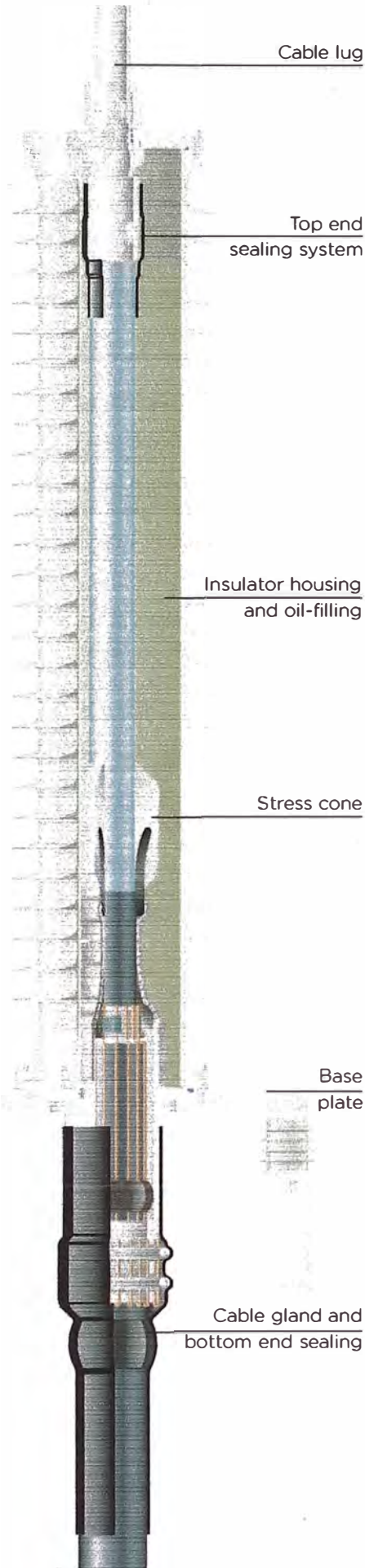
For special application with fibre optic wire equipped cables



Arcing horn

To adjust the arcing distance

Raychem High Voltage Outdoor Termination up to 170 kV



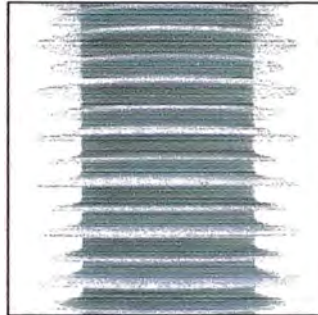
Cable lug

The cable lug is suitable for all common conductors made of aluminium or copper.



Sealing system

The flexible double sealing system is installer-friendly and ensures permanent protection against environmental influences of the top assembly. Heat-shrinkable polymeric tube containing oil-resistant sealant encapsulates the connector barrel and the polymeric insulation transition.



Insulator housing and oil-filling

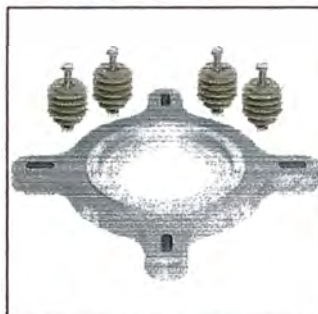
The pressure-tight composite housing is made of a glass fibre reinforced (GFR) resin tube with silicone rubber sheds moulded to the tube.

The interface between stress cone, cable insulation and inner housing will be filled from the top with silicone oil. No prior heating of silicone oil required.



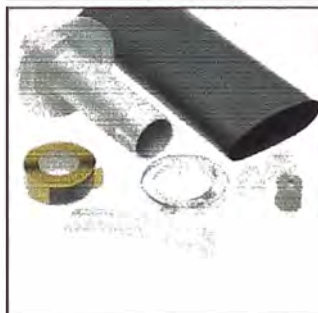
Stress cone

The silicone rubber stress cone provides the electrical field control function and can easily be applied without tools. The application range is taken by different sizes of stress cones.



Base plate and support insulators

4 support insulators can be used on the base plate to mount the termination insulated. The termination can be mounted direct on the support structure as well. All metallic fittings are made of corrosion resistant Al alloy.



Gland and seal

The cable gland outer serving is adapted through different gland sizes, which can serve the individual shielding and armoring of the cable.

The heat-shrinkable tube provides the outer protection and sealing for the cable gland area.

Raychem High Voltage Outdoor Termination up to 170 kV

Technical data:		72 kV	123 kV	145 kV	170 kV
Rated voltage U_0/U (U_m)	kV	36/69(72.5)	64/115(123)	76/132(145)	87/161(170)
Basic impulse level	kV	325	550	650	750
Max. continuous operating temperature	°C	90	90	90	90
Max. conductor emergency temperature	°C	150	150	150	150
Conductor short circuit temperature	°C	250	250	250	250
Short circuit current (sheath)	kA / 1sec	40	40	40	40
Creepage (Pollution class IEC 60815)		a - e	a - e	a - e	a - e
Withstand voltage support insulators (AC/DC)	kV	10/20	10/20	10/20	10/20

Application Range:

Conductor	mm ²	2000	2000	2000	2500
Diameter over Insulation (Composite)	mm	34 - 97	34 - 97	34 - 97	34 - 108
	mm (Porcelain)	34 - 74	34 - 74	34 - 74	--
Diameter over sheath	mm	110	110	110	119

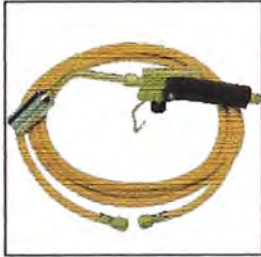
All listed dimensions are standard size to serve the common application of these terminations.
For special applications and bigger cable sizes please contact your Tyco Electronics representative.

Tools

Tools required for cable preparation can also be purchased or rented at Tyco Electronics Energy Division. (See brochure EPP-0756 and EPP-1543)



Cable stripper



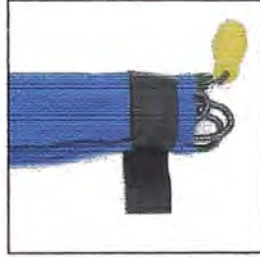
Gas torch



Straightening slide rails



Tool box



Heating blanket

While Tyco Electronics and its affiliates referenced herein have made every reasonable effort to ensure the accuracy of the information contained in this catalog, Tyco Electronics cannot assure that this information is error free. For this reason, Tyco Electronics does not make any representation or offer any guarantee that such information is accurate, correct, reliable or current. Tyco Electronics reserves the right to make any adjustments to the information at any time. Tyco Electronics expressly disclaims any implied warranty regarding the information contained herein, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. Tyco Electronics' only obligations are those stated in Tyco Electronics' Standard Terms and Conditions of Sale. Tyco Electronics will in no case be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising from or in connection with, including, but not limited to, the sale, resale, use or misuse of its products. Users should rely on their own judgement to evaluate the suitability of a product for a certain purpose and test each product for its intended application. In case of any potential ambiguities or questions, please don't hesitate to contact us for clarification. Raychem, TE (logo) and Tyco Electronics are trademarks of the Tyco Electronics group of companies and its licensors.

Energy Division - Innovative and economical solutions for the electrical power industry: cable accessories, connectors & fittings, insulators & insulation, surge arresters, switching equipment, lighting controls, power measurement and control.

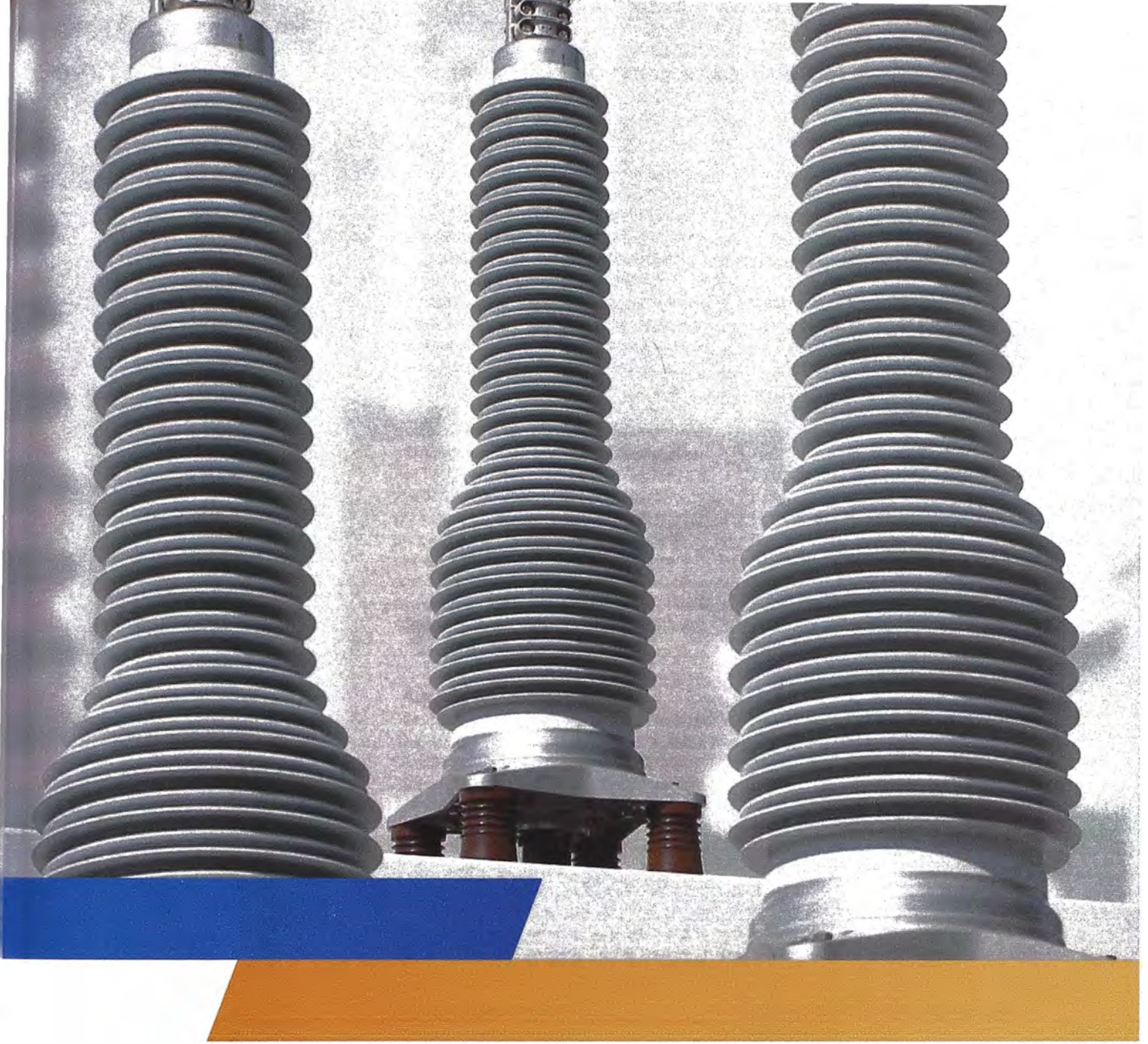
Tyco Electronics Raychem GmbH
Energy Division
Finsinger Feld 1
85521 Ottobrunn/Munich, Germany

Phone: +49-89-6089-0
Fax: +49-89-6096345

<http://energy.tycoelectronics.com>

 **Tyco Electronics**

Our commitment. Your advantage.



Energy Division

Raychem Dry Self-Supporting Outdoor Termination for 145 kV OHVT

 **Tyco Electronics**
Our commitment. Your advantage.

Raychem Dry Self-Supporting Outdoor Termination for 145 kV

Application

The dry self-supporting termination is designed for voltage class 145 kV and operation under severe environmental conditions. It is free from any insulating liquid or gel. Polymeric insulated cables of various designs can be adopted with respect to shielding and metal sheath. The polymeric housing with long creepage length covers extreme pollution levels according to IEC 60071-1 1996, IEC 60071-2 1996 and IEEE-1313.1-1996. Its mechanical performance is similar to conventional oil-filled terminations with composite housing. The termination is easily separable and consists of a plug-in part and an epoxy resin insulator protected with a directly moulded silicone shed housing. Due to the short cable cut-back dimensions of the plug-in the time required to install the termination is very short and can

be further reduced in case of short cable links by pre-installing the plug-in on the shop floor. The plug-in is similar to the plug-in used with our dry switchgear/transformer termination.

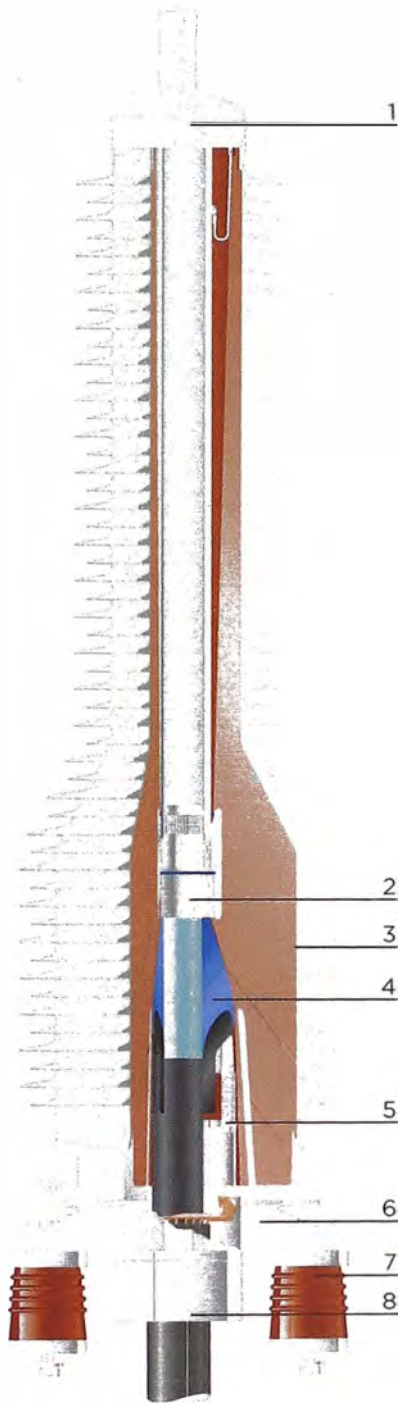
Features:

- Dry interface, no oil-filling
- Self-supporting
- Pre-fabricated and factory tested silicone-rubber stress cone
- Torque-controlled multi-contact conductor bolt
- Fast and simple installation combining GIS plug-in technology with polymeric insulators
- No special tools required to install the termination
- Isolated cable gland for sectionalization
- Long creepage length
- Type tested according to IEC 60840

Major Design Elements

The polymeric insulator (3) with embedded multi-contact electrode is attached to the support structure through the base plate (6) and the support insulators (7). The torque-controlled shear-off bolt connector (2) with multi contacts fits the cable conductor. The connector is suitable for stranded aluminium and copper conductors and can be modified to accept solid conductors as well. No special tool is required to install the connector. The silicone rubber stress cone (4) provides the electrical field control and can easily be applied on the cable without tools owing to its excellent elasticity. A metal spring-loaded compression ring (5) presses the rubber stress cone into the specially shaped interior of the insulator housing, ensuring a uniform contact pressure and electrically sound interface. The cable outer serving is adapted through a gland system (8), which addresses the individual shielding and armouring. The gland system also secures the cable.

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 Upper metal fitting | 5 Spring-loaded compression ring |
| 2 Mechanical connector | 6 Base plate |
| 3 Resin body with silicone shed housing | 7 Support insulators |
| 4 Stress cone | 8 Gland and sealing |



All of the above information, including drawings, illustrations and graphic designs, reflects our present understanding and is to the best of our knowledge and belief correct and reliable. Users, however, should independently evaluate the suitability of each product for the desired application. Under no circumstances does this constitute an assurance of any particular quality or performance. Such an assurance is only provided in the context of our product specifications or explicit contractual arrangements. Our liability for these products is set forth in our standard terms and conditions of sale. Raychem, TE Logo and Tyco Electronics are trademarks.

Energy Division - economical solutions for the electrical power industry: cable accessories, connectors & fittings, electrical equipment, instruments, lighting controls, insulators & insulation enhancement and surge arresters.

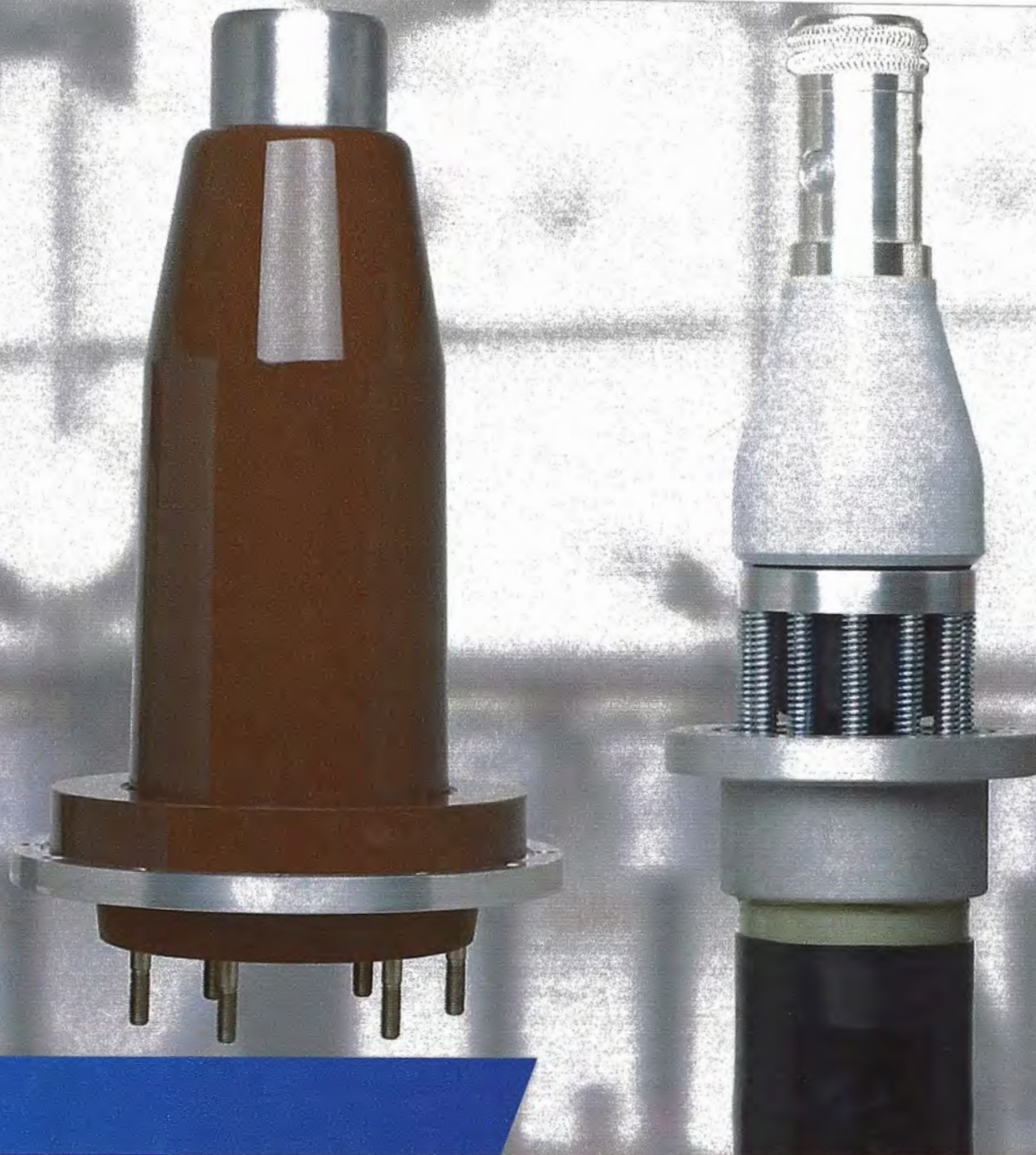
Tyco Electronics Raychem GmbH
Energy Division
Finsinger Feld 1,
85521 Ottobrunn/Munich, Germany

Phone: +49-89-6089-0
Fax: +49-89-6096345

<http://energy.tycoelectronics.com>

 **Tyco Electronics**

Our commitment. Your advantage.



Energy Division

Raychem Dry Compact
Switchgear & Transformer
Termination PHVS & PHVT
for 72 kV up to 145 kV

 **Tyco Electronics**
Our commitment. Your advantage.

Raychem Dry Compact Switchgear & Transformer Termination for 72 kV up to 145 kV

Application

The dry compact switchgear termination for voltage classes up to 145 kV is designed to be installed in cable entry housings of gas-insulated switchgear (GIS). It complies with IEC 62271-209 standard, which essentially specifies the interfaces between the termination and the switchgear. Therefore the termination will fit into all GIS complying with IEC 62271-209. An adapter is available to match the dimensions of wet (oil-filled) type terminations, which are also specified in IEC 62271-209. The termination operates in SF₆ but also in insulating liquids like transformer oil. A corona shield at the top of the termination then provides the necessary shielding of the terminal. The termination is easily separable and consists of a plug-in part and an epoxy resin insulator. The insulator can be installed by the GIS or transformer manufacturer already at the factory saving installation time on-site and

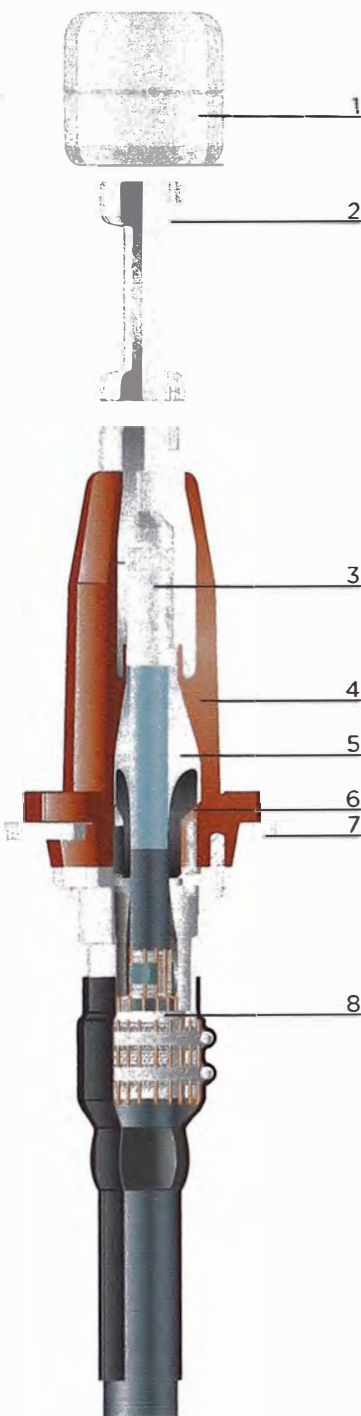
reducing the risk of contamination of the cable entry housing. In case of short cable links and due to the short length and light weight of the plug-in part it can be also pre-installed by the cable manufacturer further reducing the time required to install a substation.

Features

- Dry interfaces, no oil-filling
- Dimensions comply with IEC 62271-209
- Pressure-tight resin housing
- Operates in SF₆ and insulating liquids
- Pre-fabricated and factory tested Si-rubber stress cone
- Torque-controlled multi-contact conductor bolt
- No special tools required to install the termination
- Isolated cable gland for sectionalization
- Type tested according to IEC 60840 and IEC 62271-209 standards

Major Design Elements

The epoxy-resin insulator (4) with embedded multi-contact electrode forms the gas pressure-tight interface between GIS or transformer cable entry and the plug-in part of the termination. It is attached to the cable entry housing with the fixing ring (7). The torque-controlled shear-off bolt connector (3) with multi contacts fits the cable conductor. The connector is suitable for stranded aluminium and copper conductors and can be modified to accept solid conductors as well. No special tool is required to install the connector. The silicone rubber stress cone (5) provides the electrical field control and can easily be applied without tools owing to its excellent elasticity. A metal spring-loaded compression ring (6) presses the rubber stress cone into the specially shaped interior of the resin housing, ensuring a uniform contact pressure and electrically sound interface. A corona shield (1) can be easily attached to the termination for use in insulating liquids. Compared with IEC 62271-209 wider clearances apply in this application. The cable outer serving is adapted through a gland system (8), which addresses the individual shielding and armouring. The gland system also secures the cable. An adapter (2) can be used to match the dimensions of wet type switchgear and transformer terminations which makes the termination the ideal choice for replacing oil-filled terminations.



- 1 Corona shield (PHVT only)
- 2 Adapter (optional)
- 3 Mechanical connector
- 4 Resin housing

- 5 Stress cone
- 6 Spring-loaded compression ring
- 7 Fixing ring
- 8 Gland and sealing

All of the above information, including drawings, illustrations and graphic designs, reflects our present understanding and is to the best of our knowledge and belief correct and reliable. Users, however, should independently evaluate the suitability of each product for the desired application. Under no circumstances does this constitute an assurance of any particular quality or performance. Such an assurance is only provided in the context of our product specifications or explicit contractual arrangements. Our liability for these products is set forth in our standard terms and conditions of sale. Raychem, TE Logo and Tyco Electronics are trademarks.

Energy Division - Innovative and economical solutions for the electrical power industry: cable accessories, connectors & fittings, insulators & insulation, surge arresters, switching equipment, lighting controls, power measurement and control.

Tyco Electronics Raychem GmbH
Energy Division
Finsinger Feld 1,
85521 Ottobrunn/Munich, Germany

Phone: +49-89-6089-0
Fax: +49-89-6096345

<http://energy.tycoelectronics.com>

 **Tyco Electronics**

Our commitment. Your advantage.

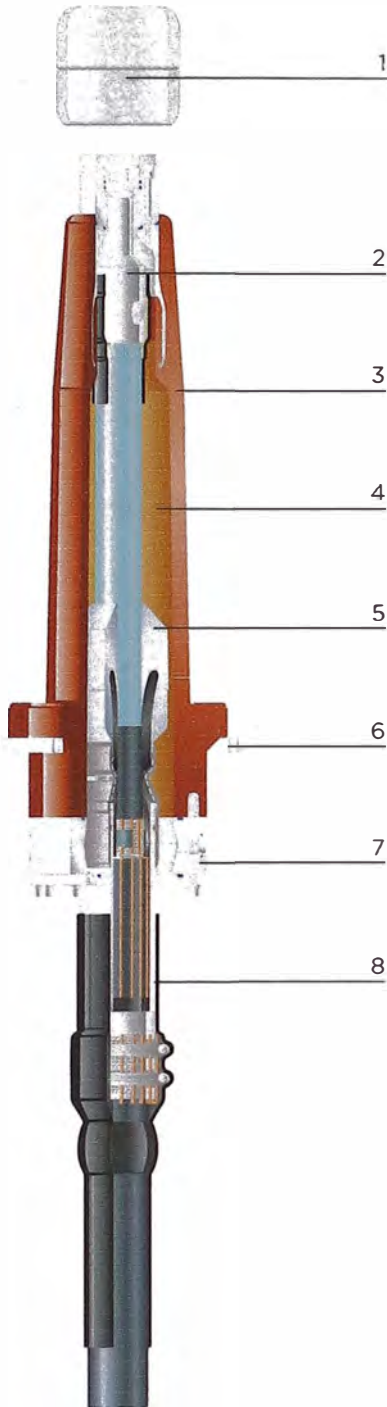


Energy Division

Raychem Switchgear &
Transformer Termination
SHVT & THVT for 72 kV
up to 170 kV

 **Tyco Electronics**
Our commitment. Your advantage.

Raychem Switchgear & Transformer Termination for 72 kV up to 170 kV



Application

The switchgear termination for voltage classes up to 170 kV is designed to be installed in cable entry housings of gas-insulated switchgear (GIS). It complies with IEC 60859 and IEEE 1300 standards, which essentially specify the interfaces between the termination and the switchgear. Therefore the termination will fit into all GIS complying with these standards. The termination operates in SF₆ but also in insulating liquids like transformer oil. A corona shield at the top of the transformer termination then provides the necessary shielding of the terminal.

Features

- Si-oil filling
- Dimensions comply with IEC 60859 and IEEE 1300
- Pressure-tight resin housing
- Operates in SF₆ and insulating liquids
- Pre-fabricated and factory tested Si-rubber stress cone
- Torque-controlled conductor bolt
- No special tools required to install the termination
- Isolated cable gland for sectionalization
- Type tested according to IEC 60840, IEC 60859 and IEEE 1300 standards

Major Design Elements

The epoxy-resin insulator (3) with embedded electrode forms the gas pressure-tight interface between GIS or transformer cable entry and the oil-filled cable compartment of the termination. It is attached to the cable entry housing with the fixing ring (6). To fit the cable conductor, torque-controlled shear-off bolt connectors (2) or crimp-type connectors are available. The connector is suitable for stranded aluminium and copper conductors and can be modified to accept solid conductors as well. No special tool is required to install the mechanical connector. Heat-shrinkable polymeric tubing containing oil-resistant sealant encapsulates the connector barrel and the polymeric insulation transition. The silicone rubber stress cone (5) provides the electrical field control and can easily be applied without tools owing to its excellent elasticity. The interface between stress cone, cable insulation and resin housing is filled with silicone oil (4). Filling and venting nozzles are available at the top bolt assembly and at the base of the termination. A corona shield (1) can be easily attached to the transformer termination for use in insulating liquids. Compared with IEC 60859 and IEEE 1300 wider clearances apply in this application. The cable outer serving is adapted through a gland system (8), which addresses the individual shielding and armouring. Heat-shrinkable tubings are used to seal the cable gland. The conventional mounting position is vertical. For horizontal or upside-down mounting an optional oil expansion vessel is available.

- 1 Corona shield (THVT only)
- 2 Connector (mechanical or crimp)
- 3 Resin housing
- 4 Oil-filling
- 5 Stress cone
- 6 Fixing ring
- 7 Base plate
- 8 Gland and sealing

All of the above information, including drawings, illustrations and graphic designs, reflects our present understanding and is to the best of our knowledge and belief correct and reliable. Users, however, should independently evaluate the suitability of each product for the desired application. Under no circumstances does this constitute an assurance of any particular quality or performance. Such an assurance is only provided in the context of our product specifications or explicit contractual arrangements. Our liability for these products is set forth in our standard terms and conditions of sale. Raychem, TE Logo and Tyco Electronics are trademarks.

Energy Division - innovative and economical solutions for the electrical power industry: cable accessories, connectors & fittings, insulators & insulation, surge arresters, switching equipment, lighting controls, Power Measurement and Control.

Tyco Electronics Raychem GmbH
Energy Division
Finsinger Feld 1
85521 Ottobrunn/Munich, Germany

Phone: +49-89-6089-0
Fax: +49-89-6096345

<http://energy.tycoelectronics.com>

 **Tyco Electronics**

Our commitment. Your advantage.

ANEXO C

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CABLES DE
ENERGIA DE ALTA TENSION.

U_o/U=26/45kV U_m=52kV IEC 60840 CEI 20-66 (EX GRADO DI ISOLAMENTO 67)
CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

U_o/U=26/45kV U_m=52kV IEC 60840 CEI 20-66 (EX INSULATION DEGREE 67) - BUILDING CHARACTERISTICS

Numero conduttori <i>Conductor number</i>	Sezione nominale <i>Nominal cross section</i>	Diametro indicativo conduttore <i>Approx cond. diameter</i>	Diametro isolante <i>Insulation diameter</i>	Diametro indicativo esterno <i>Approx overall diameter</i>	Peso indicativo cavo (Cu) <i>Approx cable weight</i>	Raggio minimo curvatura <i>Minimum radius bending</i>
[N°]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/km]	[mm]
1	70	9.9	33.3	43.0	1990	550
	95	11.5	34.9	44.0	2300	580
	120	12.9	36.5	45.6	2630	600
	150	14.2	36.85	46.0	2790	590
	185	15.9	38.85	47.0	3200	610
	240	18.3	40.95	49.5	3820	650
	300	20.7	43.4	53.0	4640	690
	400	23.5	46.2	56.0	5430	730
	500	26.5	49.3	59.0	6600	770
630	31.2	53.3	64.0	8200	850	

RG7H1R 26/45 kV
UNIPOLARE SCHEMATO
SINGLE CORE SHIELDED CABLE

Numero conduttori <i>Conductor number</i>	Sezione nominale <i>Nominal cross section</i>	Diametro indicativo conduttore <i>Approx cond. diameter</i>	Diametro isolante <i>Insulation diameter</i>	Diametro indicativo esterno <i>Approx overall diameter</i>	Peso indicativo cavo (Cu) <i>Approx cable weight</i>	Raggio minimo curvatura <i>Minimum radius bending</i>
[N°]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/km]	[mm]
3	70	9.9	33.3	86.0	9130	1160
	95	11.5	34.9	91.0	10450	1210
	120	12.9	36.5	94.3	11650	1260
	150	14.2	36.85	92.7	12000	1230
	185	15.9	38.85	97.0	13570	1290







RG7H1OR 26/45 kV
TRIPOLARE SCHEMATO
THREE CORES SHIELDED CABLE

Numero conduttori <i>Conductor number</i>	Sezione nominale <i>Nominal cross section</i>	Diametro indicativo conduttore <i>Approx cond. diameter</i>	Diametro isolante <i>Insulation diameter</i>	Diametro indicativo esterno <i>Approx overall diameter</i>	Peso indicativo cavo (Cu) <i>Approx cable weight</i>	Raggio minimo curvatura <i>Minimum radius bending</i>
[N°]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/km]	[mm]
3	70	9.9	33.3	92.7	9157	1250
	95	11.5	34.9	95.6	13000	1290

RG7H1ONR 26/45 kV
TRIPOLARE SCHEMATO E ARMATO
THREE CORES SHIELDED ARMoured CABLE

**U₀/U=26/45kV U_m=52kV IEC 60840 CEI 20-66 (EX GRADO DI ISOLAMENTO 67)
PORTATE DI CORRENTE**

U₀/U=26/45kV U_m=52kV IEC 60840 CEI 20-66 (EX INSULATION DEGREE 67) - CURRENT CARRYING CAPACITIES

Sezione nominale <i>Nominal cross section</i> [N°]	Posa in aria <i>Air laying</i>		Posa in Terra <i>Buried in the ground</i>			
			Rt = 1k m/W		Rt = 2k m/W	
						
1x70	318	285	264	265	205	199
1x95	386	347	315	305	243	237
1x120	443	399	358	348	275	269
1x150	502	449	400	389	305	299
1x185	577	516	451	441	344	338
1x240	675	609	520	511	395	390
1x300	769	698	585	575	442	438
1x400	881	807	661	654	498	495
1x500	1014	933	742	739	557	558
1x630	1178	1069	848	839	635	630

RG7H1R 26/45 kV
UNIPOLARE SCHERMATO
SINGLE CORE SHIELDED CABLE

Sezione nominale <i>Nominal cross section</i> [N° x mm ²]	Posa in aria <i>Air laying</i>	Posa in Terra <i>Buried in the ground</i>	
		Rt = 1k m/W	Rt = 2k m/W
	3x70	255	241
3x95	308	288	229
3x120	353	327	260
3x150	398	366	290
3x185	457	416	328

RG7H1OR 26/45 kV
TRIPOLARE SCHERMATO
THREE CORES SHIELDED CABLE

Sezione nominale <i>Nominal cross section</i> [N° x mm ²]	Posa in aria <i>Air laying</i>	Posa in Terra <i>Buried in the ground</i>	
		Rt = 1k m/W	Rt = 2k m/W
	3x70	262	244
3x95	316	290	230

RG7H1ONR 26/45 kV
TRIPOLARE SCHERMATO E ARMATO
THREE CORES SHIELDED ARMoured CABLE

ANEXO D

NORMAS INTERNACIONALES

IEEE Standard Test Procedures and Requirements for Alternating- Current Cable Terminations 2.5 kV Through 765 kV

Circuits and Devices

Communications Technology

Computer

*Electromagnetics and
Radiation*

IEEE Power Engineering Society

Sponsored by the
Insulated Conductors Committee

Industrial Applications

IEEE Std 48-1996



IEEE Standard Test Procedures and Requirements for Alternating- Current Cable Terminations 2.5 kV Through 765 kV

Sponsor

**Insulated Conductors Committee
of the
IEEE Power Engineering Society**

Approved 2 May 1996

IEEE Standards Board

Abstract: All indoor and outdoor cable terminations used on alternating-current cables having laminated or extruded insulation rated 2.5 kV through 765 kV are covered, except for separable insulated connectors, which are covered by IEEE Std 386-1995.

Keywords: accelerated contamination testing, correction factors, dielectric field tests, environmental exposure, nonstandard service conditions, rating, solar radiation, standard service conditions, test requirements, ultraviolet light

The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
345 East 47th Street, New York, NY 10017-2394, USA

Copyright © 1996 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
All rights reserved. Published 1996. Printed in the United States of America.

ISBN 1-55937-698-8

No part of this publication may be reproduced in any form, in an electronic retrieval system or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

IEEE Standards documents are developed within the Technical Committees of the IEEE Societies and the Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Board. Members of the committees serve voluntarily and without compensation. They are not necessarily members of the Institute. The standards developed within IEEE represent a consensus of the broad expertise on the subject within the Institute as well as those activities outside of IEEE that have expressed an interest in participating in the development of the standard.

Use of an IEEE Standard is wholly voluntary. The existence of an IEEE Standard does not imply that there are no other ways to produce, test, measure, purchase, market, or provide other goods and services related to the scope of the IEEE Standard. Furthermore, the viewpoint expressed at the time a standard is approved and issued is subject to change brought about through developments in the state of the art and comments received from users of the standard. Every IEEE Standard is subjected to review at least every five years for revision or reaffirmation. When a document is more than five years old and has not been reaffirmed, it is reasonable to conclude that its contents, although still of some value, do not wholly reflect the present state of the art. Users are cautioned to check to determine that they have the latest edition of any IEEE Standard.

Comments for revision of IEEE Standards are welcome from any interested party, regardless of membership affiliation with IEEE. Suggestions for changes in documents should be in the form of a proposed change of text, together with appropriate supporting comments.

Interpretations: Occasionally questions may arise regarding the meaning of portions of standards as they relate to specific applications. When the need for interpretations is brought to the attention of IEEE, the Institute will initiate action to prepare appropriate responses. Since IEEE Standards represent a consensus of all concerned interests, it is important to ensure that any interpretation has also received the concurrence of a balance of interests. For this reason IEEE and the members of its technical committees are not able to provide an instant response to interpretation requests except in those cases where the matter has previously received formal consideration.

Comments on standards and requests for interpretations should be addressed to:

Secretary, IEEE Standards Board
445 Hoes Lane
P.O. Box 1331
Piscataway, NJ 08855-1331
USA

Note: Attention is called to the possibility that implementation of this standard may require use of subject matter covered by patent rights. By publication of this standard, no position is taken with respect to the existence or validity of any patent rights in connection therewith. The IEEE shall not be responsible for identifying all patents for which a license may be required by an IEEE standard or for conducting inquiries into the legal validity or scope of those patents that are brought to its attention.

Authorization to photocopy portions of any individual standard for internal or personal use is granted by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., provided that the appropriate fee is paid to Copyright Clearance Center. To arrange for payment of licensing fee, please contact Copyright Clearance Center, Customer Service, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA; (508) 750-8400. Permission to photocopy portions of any individual standard for educational classroom use can also be obtained through the Copyright Clearance Center.

Introduction

(This introduction is not part of IEEE Std 48-1996, IEEE Standard Test Procedures and Requirements for Alternating-Current Cable Terminations 2.5 kV Through 765 kV.)

This standard supersedes IEEE Std 48-1990, IEEE Standard Test Procedures and Requirements for High-Voltage Alternating-Current Cable Terminations.

Several definitions have been added to reflect use of polymeric designs and to differentiate between various environments encountered. To clarify test procedures, Class 1 terminations have been divided into three classes: Class 1A for extruded dielectric cable, Class 1B for laminated dielectric cable, and Class 1C for pressure-type systems.

Partial discharge requirements for laminated cable terminations have been replaced by ionization test requirements, which are more applicable for laminated cable constructions. Retesting is not intended now as the partial discharge is more difficult. Reflecting cable voltage trends, table 1 contains test requirements up to 765 kV for laminated dielectric terminations and 230 kV for solid dielectric cable terminations.

Clause 9 has been expanded to include a pollution severity guide to assist the user to define a particular environment and help determine type and creepage length needed. Effects of solar radiation are addressed and test methods are recommended. The user is also advised to refer to the manufacturer for contamination testing, particularly if difficult environments are encountered.

At the time this standard was approved, Working Group 10-40 of the Accessories Subcommittee 10 of the Insulated Conductors Committee had the following membership:

Harold C. Hervig, Chair

Glenn J. Luzzi, Vice Chair

Torben Aabo
Thomas Black
Michael Bayer
Paul Bloyed
Vincent J. Boliver
Thomas C. Champion
Peter Day
John P. DuPont
Henry Dresch

Engene Favrie
R. D. Fulcomer
Robert B. Gear
Wolfgang Haverkamp
Albert Kong
Raoul H. Leuteritz
Jeff Mackevich
John Makal
James Nation

Greg P. Rampley
Dean Redman
Matthew H. Spalding
Wendall T. Starr
Frank Stepniak
Duc B. Trinh
Richard Votoupal
Steven P. Walldorf
Harry Yaworski

The following persons were on the balloting committee:

Torben Aabo
T. J. Al-Hussaini
R. W. Allen
W. O. Andersen
Richard H. Arndt
Thomas P. Arnold
Theodore A. Balaska
Anthony Barlow
Earle C. Bascom
Michael Bayer
Chas. W. Blades
David T. Bogden
Vincent J. Boliver
Kenneth E. Bow
Harvey L. Bowles

John E. Bramfitt
Kent W. Brown
Michael D. Buckweitz
R. R. Burghardt
Paul S. Cardello
John L. Carlson
Thomas C. Champion
Paul L. Cinquemani
W. E. Cole
E. J. D'Aquanno
James M. Daly
Russ C. Dantzer
Joseph A. Di Costanzo
Claus Doench
John P. Dupont

George S. Eager
R. M. Eichhorn
John S. Engelhardt
Stephen Fitzhugh
Arthur R. Fitzpatrick
Robert E. Fleming
Eric O. Forster
S. Michael Foty
Ronald F. Frank
R. D. Fulcomer
John B. Gardner
Robert B. Gear
A. Godoshian
Joe H. Groeger
Laurence H. Gross

Kenneth Hancock
 Richard L. Harp
 V. Stan Harper
 Richard A. Hartlein
 Harold C. Hervig
 Stanley V. Heyer
 Russell W. Higginbottom
 Lauri J. Hiiivala
 Asit K. Hiranandani
 John W. Hoffman
 Darrel R. Jeter
 Allan S. Jones
 C. Katz
 Lawrence J. Kelly
 Fred Kimsey
 Joel Kitchens
 Frederick B. Koch
 James A. Krieg
 Frank Kuchta
 F. E. LaGase
 Carl Landinger
 Jack Lasky
 Jack Lawson
 Raoul H. Leuteritz
 John V. Lipe
 Mark Lowell
 Gabor Ludasi
 R. Luther
 Glen J. Luzzi
 Jeff Mackevich
 M. A. Martin
 Matthew Mashikian
 Spiro G. Mastoras

Andrew R. McCulloch
 E. J. McGowan
 W. J. McNulty
 J. D. Medek
 Andreas Meier
 John E. Merando
 J. David Mintz
 James A. Moran, Jr.
 Shantanu Nandi
 Dan J. Nichols
 Harry E. Orton
 James J. Pachot
 Cutter D. Palmer
 Keith A. Petty
 James J. Pickering
 Jan S. Pirrong
 Gary Polhill
 Ronald J. Ponist
 Paul F. Pugh
 Peter Ralston
 Greg P. Rampley
 Robert A. Resuali
 R. B. Robertson
 Candelario de J. Saldivar-Cantu
 Ralph W. Sann
 George W. Seman
 Gilbert L. Smith
 Joseph Snow
 Matthew H. Spalding
 Nagu N. Srinivas
 Thomas F. Stabosz
 Joseph L. Steiner

Grover L. Stell, Jr.
 Orloff W. Styve
 Mike D. Sweat
 W. Keith Switzer
 John Tanaka
 James W. Tarpey
 Frank A. Teti
 H. D. Thomas
 William A. Thue
 Austin C. Tingley
 William Torok
 Duc B. Trinh
 Stephen E. Turner
 Fred W. Van Nest
 Richard S. Vencus
 Donald A. Voltz
 Charles F. von Herrmann, Jr.
 Richard L. Votoupal
 Michael L. Walker
 Steven P. Walldorf
 Edward Walton
 Daniel J. Ward
 J. Nick Ware
 Roland H. W. Watkins
 Gene C. Weitz
 Arthur C. Westrom
 John L. White
 Charles A. White
 William D. Wilkenson
 Robert O. Wilkinson
 J. A. Williams
 William G. Wimmer
 Joseph T. Zimnoch

When the IEEE Standards Board approved this standard on 2 May 1996, it had the following membership:

Donald C. Loughry, *Chair*

Richard J. Holleman, *Vice Chair*

Andrew G. Salem, *Secretary*

Gilles A. Baril
 Clyde R. Camp
 Joseph A. Cannatelli
 Stephen L. Diamond
 Harold E. Epstein
 Donald C. Fleckenstein
 Jay Forster*
 Donald N. Heirman

Ben C. Johnson
 E. G. "Al" Kiener
 Joseph L. Koepfinger*
 Lawrence V. McCall
 L. Bruce McClung
 Marco W. Migliaro
 Mary Lou Padgett
 John W. Pope
 Jose R. Ramos

Arthur K. Reilly
 Ronald H. Reimer
 Gary S. Robinson
 Ingo Rüsck
 John S. Ryan
 Chee Kiow Tan
 Leonard L. Tripp
 Howard L. Wolfman

*Member Emeritus

Also included are the following nonvoting IEEE Standards Board liaisons:

Satish K. Aggarwal
 Alan H. Cookson
 Chester C. Taylor

Valerie E. Zelenty
IEEE Standards Project Editor

Contents

CLAUSE	PAGE
1. Scope.....	1
2. References.....	1
3. Definitions.....	2
4. Service conditions.....	3
4.1 Standard service conditions	3
4.2 Nonstandard service conditions	4
5. Rating.....	4
6. Product markings	6
7. Test requirements.....	6
7.1 Design tests	6
7.2 Routine tests.....	8
7.3 Dielectric field tests	10
8. Test procedures	10
8.1 Preparation of test specimen	10
8.2 Standard test conditions.....	11
8.3 Correction factors.....	12
8.4 Design tests	13
8.5 Routine tests.....	20
8.6 Dielectric field tests	21
9. Application guide.....	22
9.1 Application at altitudes greater than 1000 m (3300 ft).....	22
9.2 Effect of solar radiation (ultraviolet light).....	22
9.3 Environmental exposure	23
9.4 Accelerated contamination testing.....	24
10. Bibliography	25

IEEE Standard Test Procedures and Requirements for Alternating- Current Cable Terminations 2.5 kV Through 765 kV

1. Scope

This standard covers all indoor and outdoor cable terminations used on alternating-current cables having laminated or extruded insulation rated 2.5 kV through 765 kV, except separable insulated connectors, which are covered by IEEE Std 386-1995, IEEE Standard for Separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems Above 600 V [B16].¹

Cable terminations and component parts shall be capable of withstanding the tests specified in this standard.

2. References

This standard shall be used in conjunction with the following standards. When the following standards are superseded by an approved revision, the revision shall apply.

IEC 270-1981, Partial Discharge Measurements.²

IEEE Std 4-1995, IEEE Standard Techniques for High-Voltage Testing (ANSI).³

IEEE Std 82-1994, IEEE Standard Test Procedure for Impulse Voltage Tests on Insulated Conductors (ANSI).

IEEE Std 835-1994, IEEE Standard Power Cable Ampacity Tables (ANSI).

¹The numbers in brackets correspond to those of the bibliography in clause 10.

²IEC publications are available from IEC Sales Department, Case Postale 131, 3, rue de Varembe, CH-1211, Genève 20, Switzerland/Suisse. IEC publications are also available in the United States from the Sales Department, American National Standards Institute, 11 West 42nd Street, 13th Floor, New York, NY 10036, USA.

³IEEE publications are available from the Institute of Electrical and Electronics Engineers, 445 Hoes Lane, P.O. Box 1331, Piscataway, NJ 08855-1331, USA.

3. Definitions

The definitions and terminology used herein apply specifically to cable terminations treated in this standard. For additional definitions, see [B15].

3.1 apparatus termination: A termination designed for use in sealed enclosures where the external dielectric strength is dependent upon liquid or special gaseous dielectric and where the ambient temperature of the medium immediately surrounding the termination may reach 55 °C.

3.2 breakdown: A disruptive discharge occurring through a dielectric.

3.3 chalking: The powdered surface on the polymeric insulator consisting of particles of filler resulting from ultraviolet exposure or leakage current activity.

3.4 cracking: Rupture of the polymeric insulator material to depths equal to or greater than 0.1 mm.

3.5 crazing: Surface microfractures of the insulator material to depths less than 0.1 mm resulting from ultraviolet exposure.

3.6 design tests: Tests made by the manufacturer to obtain data for design or application, or to obtain information on the performance of each type of high-voltage cable termination.

3.7 external connector (aerial lug): A connector that joins the external conductor to the current-carrying parts of a cable termination.

3.8 field tests: Tests that may be made on a cable system (including the high-voltage cable terminations) by the user after installation, as an acceptance or proof test.

3.9 flashover: A disruptive discharge around or over the surface of an insulating member, between parts of different potential or polarity, produced by the application of voltage wherein the breakdown path becomes sufficiently ionized to maintain an electric arc.

3.10 high-voltage cable termination: A device used for terminating alternating-current power cables having laminated or extruded insulation rated 2.5 kV and above, which are classified according to the following:

- a) **Class 1 termination:** Provides electric stress control for the cable insulation shield terminus; provides complete external leakage insulation between the cable conductor(s) and ground; and provides a seal to the end of the cable against the entrance of the external environment and maintains the operating design pressure, if any, of the cable system. This class is divided into three types:
 - **Class 1A:** For use on extruded dielectric cable
 - **Class 1B:** For use on laminated dielectric cable
 - **Class 1C:** Expressly for pressure-type cable systems
- b) **Class 2 termination:** Provides electric stress control for the cable insulation shield terminus, and provides complete external leakage insulation between the cable conductor(s) and ground.
- c) **Class 3 termination:** Provides electric stress control for the cable insulation shield terminus.

NOTE—Some cables below 15 kV do not have an insulation shield. Terminations for such cables would not be required to provide electric stress control. In such cases, this provision would not be part of the definition.

3.11 indoor termination—dry: A termination intended for use where it is protected from solar radiation and precipitation and not subject to periodic condensation, or other excessive humidity (90% RH or more). May be installed in air conditioned or heated areas.

3.12 indoor termination–wet: A termination intended for use where it is protected from direct exposure to both solar radiation and precipitation, but is subjected to climatic conditions that can cause condensation onto the termination surfaces.

3.13 outdoor termination: A termination intended for use where it is not protected from direct exposure to either solar radiation or precipitation. These are Class 1A, 1B, or 1C terminations. Class 2 terminations may also qualify.

3.14 outdoor termination–polluted: A termination intended for use where it is not protected from direct exposure to either solar radiation or precipitation, and is exposed to nonstandard (unusual) service conditions such as extreme seacoast salt deposits, solid precipitates, etc. Often requires extra maintenance such as washing or extra creepage length.

3.15 partial discharge (corona) extinction voltage: The voltage at which partial discharge (corona) is no longer detectable on instrumentation adjusted to a specified sensitivity, following the application of a specified higher voltage.

3.16 pressure-type termination: A Class 1C termination intended for use on positive pressure cable systems.

Single pressure zone termination: A pressure-type termination intended to operate with one pressure zone.

Multipressure zone termination: A pressure-type termination intended to operate with two or more pressure zones.

3.17 radio influence voltage (RIV): The radio noise appearing on conductors of electric equipment or circuits, as measured using a radio-noise meter as a two-terminal voltmeter in accordance with specified methods.

3.18 routine tests: Tests made on each high-voltage cable termination or upon a representative number of devices, or parts thereof, during production for purposes of quality control.

3.19 termination insulator: An insulator used to protect each cable conductor passing through the device and provide complete external leakage insulation between the cable conductor(s) and ground.

3.20 weathersheds: The external part of the termination insulator that protects the core and provides the wet electrical strength and leakage distance.

3.21 withstand test voltage: The voltage that the device must withstand without flashover, disruptive discharge, puncture, or other electrical failure when voltage is applied under specified conditions.

NOTE—For power frequency voltages, the values specified are RMS values and for a specified time. For lightning or switching impulse voltages, the values specified are crest values of a specified wave. For direct voltages, the values specified are average values and for a specified time.

4. Service conditions

4.1 Standard service conditions

Devices conforming to this standard shall be capable of successful operation under the following service conditions. Refer to [B14] for more information.

4.1.1 Physical conditions

- a) Temperature
 - 1) The temperature of the medium in direct contact with the termination shall not be less than $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, nor more than $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - 2) For apparatus terminations, the temperature of the medium in direct contact with the termination (ambient inside enclosure) shall not exceed $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. The devices designed for this service will be connected to the equipment bus which may, at full load, reach a maximum temperature of $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- b) The altitude shall not exceed 1000 m (3300 ft) where atmospheric air is part of the thermal or dielectric system or both.

4.1.2 System conditions

The nominal power system frequency is not less than 48 Hz nor more than 62 Hz.

4.2 Nonstandard service conditions

The following service conditions may require special consideration in design or application of the cable terminations, and should be called to the attention of the manufacturer.

4.2.1 Physical conditions

- a) Temperature of the surrounding medium (ambient temperature) less than $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ and more than $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) Altitude exceeding 1000 m (3300 ft) where atmospheric air is part of the thermal or dielectric system or both (see clause 9)
- c) Damaging fumes or vapors, excessive or abrasive dust, explosive mixtures of dust or gases, steam, salt spray, excessive moisture or dripping water, salt on roadways, etc.
- d) Unusual mechanical conditions such as vibration, shock, cantilever loading, wind loading, icing, etc.
- e) Unusual transportation or storage conditions
- f) Unusual space limitations
- g) Unusual internal pressures
- h) Unusual maintenance difficulties

4.2.2 Electrical conditions

- Power frequencies less than 48 Hz or greater than 62 Hz

5. Rating

The rating of a high-voltage cable termination shall include the following items, where applicable:

- a) *BIL (basic lightning impulse insulation level)*. The crest value of a lightning impulse voltage of a specified wave shape, which the high-voltage cable termination is required to withstand under specified conditions.

- b) *BSL (basic switching impulse insulation level)*. The crest value of a switching impulse voltage of a specified wave shape, which the high-voltage cable termination is required to withstand under specified conditions.
- c) *Insulation class*. The nominal phase-to-phase operating voltage of a three-phase cable system where the device may be applied, which reflects the associated design tests and impulse insulation levels.

NOTE—High-voltage cable terminations may be applied on other than three-phase circuits if the rated maximum design voltage to ground is not exceeded.

- d) *Maximum and minimum cable conductor diameter*. The largest and smallest cable conductor diameters that the high-voltage cable termination is designed to accommodate without special modifications.
- e) *Maximum and minimum cable insulation diameter*. The largest and smallest diameters over the insulation of round conductor cables, as measured by a circumferential tape, that the high-voltage cable termination is designed to accommodate without special modifications.
- f) *Maximum design voltage to ground*. The maximum voltage at which the high-voltage cable termination is designed to operate continuously under normal conditions.

NOTE—It is not intended that this maximum voltage limit be applied to transient overvoltages or unusual service operating conditions where the system voltage may exceed those values for only short periods of time.

- g) *Rated internal pressure*. The nominal internal pressure for which the termination is designed to operate when this pressure is greater than one atmosphere absolute under standard conditions.

NOTE—Regarding continuous current rating (ampacity), the application of various types of cable terminations requires engineering consideration as to the ampacity of the completed installation. A cable termination by itself cannot be assigned a design or nominal current or ampacity rating since this parameter is completely dependent upon the type and material of the cable conductor, the thickness and type of cable insulation, the maximum allowable cable conductor temperature for the type of cable insulation involved, and the anticipated maximum ambient temperature of the medium surrounding the cable termination.

IEEE Std 835-1994⁴ will indicate the wide range of ampacities permitted under the various conditions anticipated in service with different voltage ratings and maximum cable conductor temperature limitations.

The termination of high-voltage cables generally requires the addition of insulating materials for dielectric purposes, which usually increase the thermal resistance to heat flow from the cable conductor to the surrounding air or other medium. The types and amounts of dielectric or other materials are generally a function of the type of cable being terminated, the insulation class, the range of cable sizes that can be accommodated, and operating service conditions.

The supplier of cable terminating devices or material should be consulted for the ampacity of the design for the intended application with a specific type and size of cable.

It is recommended that the ampacity of the cable termination be limited (barring any other terminating material limitation) by a hot spot cable conductor temperature within the termination zone equal to the cable conductor temperatures established for the particular cable insulation involved.

⁴Information on references can be found in clause 2.

6. Product markings

The following information is suggested for Class 1, 2, and 3 termination labels, where required or specified by the user:

- a) Manufacturer's name, type, designation number, manufacturing date, or date code
- b) IEEE termination class number
- c) Insulation class
- d) Maximum design voltage to ground
- e) Maximum and minimum cable conductor size
- f) Maximum and minimum cable insulation diameter
- g) BIL
- h) Rated internal pressure (gauge), when applicable.

NOTE—Any information not included on the product shall be included in product installation instructions.

7. Test requirements

7.1 Design tests

To comply with this standard, high-voltage cable terminations shall successfully pass the following tests as noted.

7.1.1 Dielectric tests

See note 10 of table 1, or 4.1.

- a) Power frequency voltage 1 min dry withstand test in accordance with column 3 of table 1 or 2 and 8.4.1.1 (all classes).
- b) Power frequency voltage 10 s wet withstand test in accordance with column 4 of table 1 or 2 and 8.4.1.2. This test is made on outdoor terminations only (Classes 1 and 2 when applicable).
- c) Power frequency voltage 6 h dry withstand test in accordance with column 5 of table 1 or 2 and 8.4.1.3 (all classes).
- d) Power frequency partial discharge (corona) extinction voltage test in accordance with column 8 of table 2 and 8.4.1.5 for extruded dielectric cable terminations.
Ionization factor measurements are to be used for laminated dielectric cable terminations in accordance with column 8 of table 1, 8.4.1.6, and table 6.
Power frequency RIV testing in accordance with column 7 of table 1 or 2 and 8.4.1.4 if the termination is for use on other cable (all classes) or if there is a question on external metallic hardware affecting the radio influence voltage if the termination is for use on any other cable (all classes).
- e) Lightning impulse voltage withstand test in accordance with column 9 of table 1 or 2 and 8.4.1.7 (all classes).
- f) Switching impulse voltage wet withstand test (if applicable) in accordance with column 10 of table 1 and 8.4.1.8 (all classes).
- g) Direct voltage 15 min dry withstand test in accordance with column 11 of table 1 or 2 and 8.4.1.9 (all classes).
- h) Cyclic aging test in accordance with 8.4.2 (all classes).

NOTE—Some Class 3 terminations, especially above 15 kV, may not meet impulse requirements in column 9 of table 1 or 2, usually because of inadequate creepage length. If so, actual values shall be agreed upon by manufacturer and user, but must meet the BIL of the equipment connected to the termination.

Table 1—Standard dielectric tests for high-voltage laminated dielectric cable terminations assembled and ready for service

Insulation class (kV) (12)	Max design voltage to ground (kV) (13)	1 min Dry withstand (kV RMS)	10 s Wet withstand (kV RMS) (3)	6 h Dry withstand (kV RMS)	Cyclic aging dry (kV RMS)	Radio influence voltage dry (μ V)	Max ionization factor % all voltage classes	Lightning impulse (BIL) dry withstand (kV crest)	Switching impulse (BSL) (3) wet (dry) withstand (kV crest) Column 10	Direct voltage test (9) 15 min dry withstand (kV avg) Column 11
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11
2.5	1.6	20	20	10	3	50	See table 5 and 8.4.1.6	60	—	40
5	3.2	25	25	15	6	50		75	—	50
8.7	5.5	35	30	25	10	50		95	—	65
15	9.5	50	45	35	17	50		110	—	75
25	16	65	60	55	29	100		150	—	105
34.5	22	90	80	75	40	150		200	—	140
46	29.5	120	100	100	53	200		250	—	170
69	44	175	145	120	80	300		350	—	245
115	73	205	190	160	133	400		450	—	275
120	73	260	230	190	140	450		550	—	320
138	88	310	275	210	160	500		650	—	355
161	102	365	315	250	186	500		750	—	395
230	146	390	380	320	265	500		900	—	450
230	146	460	445	320	265	500		1050	—	510
345	220	520	—	440	300	500		1175	(900)	555
345	220	575	—	440	300	500		1300	825	600
345	220	575	—	440	300	500		1300	900	600
500	318	575	—	440	435	500		1300	(1100)	600
500	318	690	—	440	435	500		1550	1050	700
500	318	750	—	575	435	500		1675	1110	745
500	318	750	—	575	435	500	1675	1175	745	
765	486	1300	—	755	663	500	2075	1435	965	
765	486	1300	—	755	663	—	2175	1505	965	

NOTES TO TABLE 1

- 1—Power frequency includes any frequency from 48 Hz to 62 Hz.
- 2—All withstand values are test voltages without negative tolerance but may include an atmospheric correction factor.
- 3—Indoor cable terminations are not subjected to the wet test. Indoor terminations rated 345 kV and higher shall withstand dry switching impulse voltage tests as noted in brackets in column 10.
- 4—The required lightning and switching impulse values shall be met with both positive and negative polarity tests.
- 5—On assembled multiple conductor cable terminations, the tests shall be made between each conductor and ground with the terminals on adjacent conductors grounded.
- 6—The values in this table are for general use. It is recognized that cable terminations of higher or lower insulation class or BIL may be used where conditions warrant and when specified and agreed upon.
- 7—When the dielectric strength of the cable termination is dependent upon taping or the use of auxiliary insulation, such insulation shall be used when any design tests are made.
- 8—When a cable termination is assembled with cable for its dielectric test in the equipment or in the apparatus in which it will operate, the applied test voltage shall be determined by the tests required for the equipment or apparatus if these voltages are lower than the values listed in the table.
- 9—The direct voltage test shall be made with negative polarity on the conductor. Refer to 7.3 of this standard for comments regarding the direct voltage test values.
- 10—Certain types of resistance or capacitance graded cable terminations are sensitive to prolonged overvoltage testing and may not be able to withstand some of the power frequency and direct voltage tests, although they are perfectly satisfactory for service. In such cases, the manufacturer shall so specify and shall perform such other special tests as agreed upon by the user.
- 11—For grounded systems.

7.1.2 Pressure leak tests

All Class 1 terminations shall be pressure leak tested in accordance with 8.4.3 as follows:

- Class 1A test procedures a) and b)
- Class 1B test procedures a) [30 lbf/in² only] and b)
- Class 1C test procedures b) and c)

7.2 Routine tests

NOTE—Because of the variety of termination designs and materials, especially with polymeric terminations, each manufacturer generally specifies and performs its own particular routine and quality assurance tests. It is impractical to establish standard routine tests that will be applicable to every situation. Therefore, other routine tests may be performed as agreed upon by the manufacturer and user in addition to those listed herewith.

- a) *Dielectric tests.* See note 10 of table 1 or 2. A dielectric test on the termination insulator in accordance with 8.5.1 (all classes).
- b) *Partial discharge tests.* As an option, partial discharge tests in accordance with 7.1.1 item d) can be used.

NOTE—This applies only to factory-manufactured termination insulators. Termination insulators fabricated on the cable in the field cannot be given this test.

- c) *Pressure leak tests.* A pressure leak test on all pressure-tight parts and factory-assembled seals in accordance with 8.5.2 (Class 1C).

Table 2—Standard dielectric tests for high-voltage extruded dielectric cable terminations assembled and ready for service

Insulation class (kV) (12)	Max design voltage to ground (kV) (13)	1 min Dry withstand (kV RMS)	10 s Wet withstand (3) (kV RMS)	6 h Dry withstand (kV RMS)	Cyclic aging dry (kV RMS)	Radio influence voltage dry (μ V)	Partial discharge (corona) extinction voltage (11) (kV RMS) Column 8	Lightning impulse (BIL) dry withstand (kV crest) Column 9	Switching impulse (BSL) (3) wet (dry) withstand (kV crest) Column 10	Direct voltage test (9) 15 min dry withstand (kV avg) Column 11
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11
2.5	1.6	20	20	10	4.5	50	2	60	—	40
5	3.2	25	25	15	9	50	4.5	75	—	50
8.7	5.5	35	30	25	15	50	7.5	95	—	65
15	9.5	50	45	35	26	50	13	110	—	75
25	16	65	60	55	43	100	21.5	150	—	105
34.5	22	90	80	75	60	150	30	200	—	140
46	29.5	120	100	100	60	200	40	250	—	170
69	44	175	145	120	80	300	60	350	—	245
115	73	205	190	160	133	400	80	450	—	275
120	73	260	230	190	140	450	100	550	—	320
138	88	310	275	210	160	500	120	650	—	355
161	102	365	315	250	186	500	140	750	—	395
230	146	460	445	330	265	—	200	1050	—	510

NOTES

1—Power frequency includes any frequency from 48 Hz to 62 Hz.

2—All withstand values are test voltages without negative tolerance but may include an atmospheric correction factor.

3—Indoor cable terminations are not subjected to the wet test. Indoor wet terminations to be tested at three times phase-to-ground voltage.

4—The required lightning and switching impulse values shall be met with both positive and negative polarity tests.

5—On assembled multiple conductor cable terminations, the tests shall be made between each conductor and ground with the terminals on adjacent conductors grounded.

6—The values in this table are for general use. It is recognized that cable terminations of higher or lower insulation class or BIL may be used where conditions warrant and when specified and agreed upon.

7—When the dielectric strength of the cable termination is dependent upon taping or the use of auxiliary insulation, such insulation shall be used when any design tests are made.

8—When a cable termination is assembled with cable for its dielectric test in the equipment or in the apparatus in which it will operate, the applied test voltage shall be determined by the tests required for the equipment or apparatus if these voltages are lower than the values listed in the table.

9—The direct voltage test shall be made with negative polarity on the conductor. Refer to 7.3 of this standard for comments regarding the direct voltage test values.

10—Certain types of resistance or capacitance graded cable terminations are sensitive to prolonged overvoltage testing and may not be able to withstand some of the power frequency and direct voltage tests, although they are perfectly satisfactory for service. In such cases, the manufacturer shall so specify and shall perform such other special tests as agreed upon by the user.

11—The minimum detector sensitivity shall be 5.0 pC.

12—For use with 100% insulation cable as defined in AIEC CS5-87 or CS6-87. To obtain test values for voltage classes that are not listed, use linear interpolation between the two closest listed values and round off to the nearest whole kilovolt.

13—For grounded systems.

7.3 Dielectric field tests

See note 10 of table 1 or 2. Field tests are tests that may be made in accordance with 8.6 on the completely installed cable system (including the cable terminations) by the user as an installation acceptance or proof test (all classes).

The values listed in column 11 of table 1 or 2 are not intended to be the test voltages for a given rated voltage cable system, but are only to serve as a guide for the maximum voltage that the cable termination may be expected to withstand under normal conditions without flashover or without affecting its dielectric characteristics.

The magnitude of the actual test voltage to be used for the installed cable system shall be determined by reference to applicable AEIC or ICEA cable specifications. The cable termination manufacturer shall be consulted before conducting any field tests that exceed the values listed in table 1 or 2.

NOTE—Some cable insulation may be damaged by direct voltage field tests. The cable manufacturer should be consulted before testing.

Transformers, regulators, and other equipment that cannot be disconnected from the cable system while conducting the field test should be investigated to be sure that the withstand voltage strength of this equipment is not exceeded.

8. Test procedures

8.1 Preparation of test specimen

The test specimen shall comply with the following requirements as specified in 8.4 through 8.6:

- a) It shall be clean.
- b) It shall be dry and clean.
- c) It shall be assembled with cable of the type and maximum conductor size for which the high-voltage cable termination is designed, and filled (as applicable) with the grade and quantity of materials specified by the manufacturer and assembled with any electric stress-controlling features such as ~~stress-relief cones, etc., in the manner specified by the manufacturer.~~ For dielectric tests, a mandrel with insulation having the same physical and electrical characteristics as that used on the cable may be substituted for cable, and the test assembly shall include the standard types of external connectors (aerial lugs).

NOTE—It is recommended that pre-molded terminations that depend on maximum and minimum cable insulation diameters for sizing should be tested using the minimum cable insulation diameter and maximum conductor size.

- d) It shall be completely assembled and the entrances sealed. High-voltage cable terminations incorporating gland-type entrances shall be assembled with a mandrel so that the cable seal is made by compressing the gland-sealing material against the mandrel.
- e) It shall be mounted in a manner determined by the manufacturer, who shall consider typical service conditions. All details of the test mounting shall be recorded and shall be available upon request.
- f) It shall have the high-voltage test connection leave the terminal of the high-voltage cable termination in a direction approximately parallel to the axis of the device for a distance of not less than the dry arcing distance over the insulator. No other object except the supporting structure shall be close enough to the device to appreciably affect the test results.

- g) It shall be completely assembled with its own metal parts and have provision for admitting air or other medium to the interior (if liquid medium is used, fill completely) and provisions for measuring internal pressure during the test. Units that are intended to operate with internal pressure, whether such pressure is from the cable system or a separate source, shall be tested at the minimum pressure under which the cable system or terminal would be expected to operate in actual service.

8.2 Standard test conditions

8.2.1 Atmospheric and precipitation conditions

The standard atmospheric and precipitation conditions are given in table 3.

Table 3—Standard atmospheric and precipitation conditions

Air temperature	20 °C	20 °C	68 °F
Barometric pressure	101.3 kPa	760 mmHg	29.92 inHg
Humidity	11 g/m ³	11 g/m ³	6.867 × 10 ⁻⁴ lb/ft ³
Average precipitation rate for all measurements (vertical and horizontal components)	1.0–1.5 mm/min		
Limits for any individual measurement (vertical or horizontal component)	0.5–2.0 mm/min		
Temperature of collected water	ambient temperature ± 15 °C		
Resistivity of collected water corrected to 20 °C ^a	100 ± 15 Ω·m		

^aFor switching impulses, if the prescribed water resistivity cannot be obtained, a lower value may be used but the actual value must be stated in the test report. For correction of water resistivity to 20 °C, refer to IEEE Std 4-1995.

Where test conditions differ from those above, suitable corrections shall be made as outlined in 8.3.

8.2.2 Rate of voltage application for power frequency and direct voltage tests

The initial voltage shall not be greater than 20% of the test voltage. The applied voltage may be quickly raised to 75% of the test value. The continued rate of voltage increase shall be such that the time to reach the expected test voltage shall be between 15 s and 30 s after the 75% value has been reached.

8.2.3 Duration of voltage application for power frequency and direct voltage withstand tests

The required voltage shall be held for the specified time (table 1 or 2) after the full value has been reached.

8.2.4 Testing equipment and voltage measurements

The character of the test equipment and the method of measuring voltage shall conform to IEEE Std 4-1995.

8.3 Correction factors

- a) Correction D for variation in relative air density and H for variation in humidity shall be made when the conditions under which the tests are conducted vary from the standard test conditions given in 8.2.1. Correction factors shall be used for only the following tests:
 - 1) *Power frequency voltage 10 s wet withstand test.* The applied test voltage shall be the specified test voltage multiplied by D as determined by item c) below.
 - 2) *Lightning impulse voltage wet withstand test.* The applied test voltage shall be the specified test voltage multiplied by D/H as determined by items c) and d) below, respectively.
 - 3) *Switching impulse voltage wet withstand test.* The applied test voltage shall be the specified test voltage multiplied by D as determined by item c) below.
- b) The air temperature at the time of the test shall be between 10 °C and 40 °C (50 °F and 104 °F).
- c) The relative air density, D , at the time of the test should preferably be between 0.95 and 1.05 and shall be determined as follows:

$$D = (A) \left[\frac{P}{t_0 \pm t} \right]$$

where

- D = relative air density
- $A = 2.89$ for P in kilopascals
- $A = 0.386$ for P in millimeters of mercury
or 17.61 for P in inches of mercury
- $t_0 = 273$ for t in degrees Celsius
or 459 for t in degrees Fahrenheit

- d) The humidity correction factor, H , for variation in humidity is given in figure 1. The vapor pressure at the time of the test should preferably be between 7.6 mmHg and 15.2 mmHg (1000 Pa and 2000 Pa) (0.3 inHg and 0.6 inHg).
- e) All data used in determining any correction factors shall be recorded.

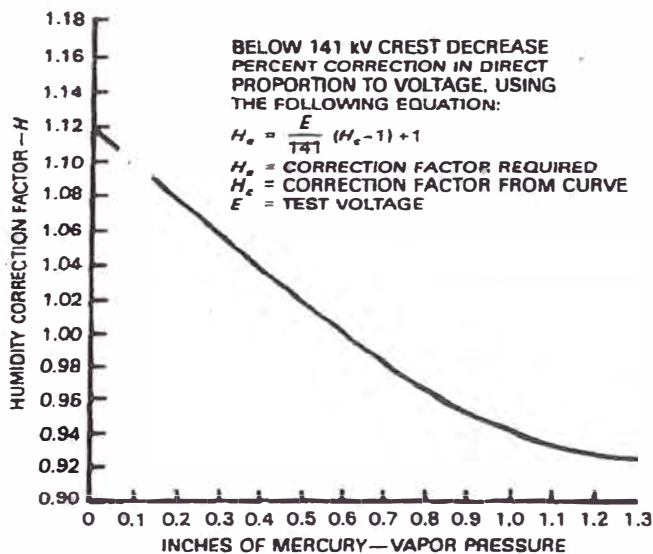


Figure 1—Humidity correction factor, 1.2 × 50 μs impulse

8.4 Design tests

Tests for extruded dielectric cable terminations are summarized in table 4. Termination tests are summarized in table 5.

Table 4—Design tests and sequence for extruded cable terminations

Design test	Subclause	Minimum number of samples		
		4	4 (2 ^a)	2
Partial discharge (corona) extinction voltage	8.4.1.5	□ ↓ ↓		
Power frequency voltage 1 min dry withstand	8.4.1.1	□ ↓ ↓		
Power frequency voltage 6 h dry withstand	8.4.1.3	□ ↓ ↓		
Power frequency voltage 10 s wet withstand (outdoor terminations)	8.4.1.2	□ ↓ ↓ ↓ ↓		
Direct voltage 15 min dry withstand	8.4.1.9	□ ↓ ↓		
Lightning impulse voltage withstand	8.4.1.7	□ ↓		
Partial discharge (corona) extinction voltage	8.4.1.5		□ ↓	□ ↓
Cyclic aging	8.4.2 item c)		□ ↓	□ ↓
Lightning impulse voltage withstand	8.4.1.7		□ ↓	□ ↓
Partial discharge (corona) extinction voltage	8.4.1.5		□ ↓	□ ↓
Pressure leak test (Class 1 terminations only)	8.4.3			□

^aFour samples for single-phase terminations in insulation classes up to and including 46 kV, and two samples for single-phase terminations in insulation classes above 46 kV according to 8.4.2 item b). Two samples for one-piece, three-phase terminations according to 8.4.2 item b).

NOTES—

□ = test

↓ = specimen, proceed to following test

**Table 5—Design tests and sequence for laminated dielectric cable terminations—
Class 1B and 1C**

Design test	Subclause	Minimum number of samples		
		4	4 (2 ^a)	2
Ionization factor	8.4.1.6	□ ↓		
Power frequency voltage 1 min dry withstand	8.4.1.1	□ ↓ ↓		
Power frequency voltage 6 h dry withstand	8.4.1.3	□ ↓ ↓		
Power frequency voltage 10 s wet withstand (outdoor terminations)	8.4.1.2	□ ↓ ↓		
Direct voltage 15 min dry withstand	8.4.1.9	□ ↓ ↓		
Impulse withstand voltage	8.4.1.7	□ ↓		
Ionization factor	8.4.1.6	□	□ ↓	
Cyclic aging	8.4.2 item c)		□ ↓	
Ionization factor	8.4.1.6		□	
Impulse withstand voltage	8.4.1.7			
Pressure leak test	8.4.3			□

^aFour samples for single-phase terminations in insulation classes up to and including 46 kV, and two samples for single-phase terminations in insulation classes above 46 kV according to 8.4.2 item b). Two samples for one-piece, three-phase terminations according to 8.4.2 item b).

Switching impulse voltage wet withstand test, 8.4.1.8, shall be used at 345 kV and above in lieu of the power frequency voltage 10 s wet test.

8.4.1 Dielectric tests

8.4.1.1 Power frequency voltage 1 min dry withstand test

The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items b), c), e), and f) and tested in accordance with 8.2 and column 3 of table 1 or 2. If the test specimen withstands the specified test voltage for the specified time, it shall be considered as having passed the test. If flashover occurs, the test shall be repeated. If the repeat test also results in flashover or other dielectric breakdown, the test specimen shall be considered as having failed. If the specimen passes the repeat test, the test specimen shall be considered as having passed the test.

8.4.1.2 Power frequency voltage 10 s wet withstand test

The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items a), b), c), e), and f) and tested in accordance with 8.2 and column 4 of table 1 or 2. This test is required on outdoor terminations only. Wet tests shall be made in accordance with IEEE Std 4-1995.

If the test specimen withstands the specified test voltage for the specified time, it shall be considered as having passed the test. If flashover occurs, the test shall be repeated. If the repeat test also results in flashover or other dielectric breakdown, the test specimen shall be considered as having failed. If the specimen passes the repeat test, the test specimen shall be considered as having passed the test.

8.4.1.3 Power frequency voltage 6 h dry withstand test

The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items b), c), e), and f) and tested in accordance with 8.2 and column 5 of table 1 or 2. If the test specimen withstands the specified test voltage for 6 h, it shall be considered as having passed the test. If the test is interrupted, the total duration of voltage application shall be increased by twice the duration of each interruption.

8.4.1.4 Radio influence voltage (RIV) test

The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items a), b), c), e), and f) and tested in accordance with 8.2 and IEC 270-1981.

The applied test voltage shall be the maximum design voltage to ground indicated in column 2 of table 1 or 2. The test specimen shall have successfully passed the test if the RIV does not exceed the value indicated in column 7 of table 1 or 2 measured at 1 MHz.

NOTE—Some cables may develop higher influence voltage levels than specified in column 7. In such cases, another type of cable or equivalent insulated test mandrel may be substituted for the noisy cable to determine the true characteristics of the termination under test.

8.4.1.5 Partial discharge (corona) extinction voltage test

The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items a), b), c), e), and f) and tested in accordance with 8.2 and IEC 270-1981.

The partial discharge detecting apparatus shall be adjusted to have a sensitivity that will permit detection of discharge pulses of at least 5.0 pC. The test voltage shall be raised to at least 120% of the value listed in column 8 of table 2. If partial discharge exceeds 5.0 pC, the test voltage shall be lowered to the value listed in column 8 and shall be maintained at this level for at least 3 s but not more than 60 s. The test specimen shall have successfully passed the test if the partial discharge level does not exceed 5.0 pC during this period.

NOTE—Some cables may indicate a partial discharge extinction voltage lower than that specified in column 8. In such cases, another type of cable or equivalent insulated test mandrel may be substituted for noisy cable to determine the true characteristics of the termination under test.

8.4.1.6 Ionization factor test

The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items a), b), c), e), and f) and tested in accordance with 8.2 and table 6.

The ionization factor is the difference, at 60 Hz, between the percent dielectric power factor measured at an average stress of 100 V/mil and the percent dielectric power factor measured at an average stress of 20 V/mil. The measurement voltage is based on the insulation thickness of the laminated cable. The measurement shall be made at $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8.4.1.7 Lightning impulse voltage withstand test

The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items a), b), c), e), and f) and tested in accordance with 8.2 and column 9 of table 1 or 2.

Table 6—Maximum allowable ionization factor values for laminated dielectric cable terminations

Class 1B terminations Impregnated-paper-insulated cables—Solid-type %	
Rated voltage (kV)	Maximum ionization factor (%)
10–200	0.6
21–350	0.4
35–460	0.2
46–690	0.2

Class 1C terminations		
Cable type	Rated voltage (kV)	Maximum ionization factor (%)
High-pressure	69–161	0.1
	162–765	0.05
Low pressure, Gas-filled (at 10 lb/in ² gage)	10–29	0.4
	30–46	0.2
Low and medium pressure, Liquid-filled	15–161	0.1
	230	0.1
	345–500	0.1

- a) A nominal $1.2 \times 50 \mu\text{s}$ wave, both positive and negative, shall be used. The characteristics of the impulse wave shall conform to the requirements contained in IEEE Std 4-1995, except that the virtual front time shall not exceed $5 \mu\text{s}$ in the cases where the capacitance of the test piece is such as to prevent attainment of requirement.
- b) Ten consecutive impulses at each polarity shall be applied to the test specimen. If a flashover or other dielectric breakdown does not occur, the test specimen shall be considered as having passed the test. If two or more of the applied impulse waves cause flashover, the specimen shall be considered as having failed. If one of the applied impulses causes flashover, ten additional impulses shall be applied. If flashover or other dielectric breakdown does not occur, the specimen shall be considered as having passed the test.

NOTE—When a specimen is tested with a unidirectional impulse, the insulation under test sometimes becomes polarized. It is suggested, therefore, that each set of impulses with a given polarity be preceded by impulses of that polarity at approximately 50%, 65%, and 80% of the required value in table 1 or 2. This procedure will neutralize the polarization effects of any previous tests. Refer to IEEE Std 82-1994.

8.4.1.8 Switching impulse voltage wet withstand test

The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items a), c), e), and f) and tested in accordance with 8.2 and column 10 of table 1. This test is required on certain classes of terminations only (see note below), under standard wet test conditions as defined in IEEE Std 4-1995.

- a) A nominal 250×2500 μ s wave, both positive and negative, shall be used.
- b) Ten consecutive impulses at each polarity shall be applied to the test specimen. If a flashover or other dielectric breakdown does not occur, the test specimen shall be considered as having passed the test. If two or more of the applied impulse waves cause flashover, the specimen shall be considered as having failed. If one of the applied impulses causes flashover, ten additional impulses shall be applied. If flashover or other dielectric breakdown does not occur, the specimen shall be considered as having passed the test.

NOTE—This test applies to cable terminations rated 345 kV and higher only, and is used in lieu of the power frequency voltage 10 s wet withstand test (see table 1). In the case where the cable termination is classified as an indoor type (see clause 3), a switching impulse test must be made, dry. The test values are referred to in column 10 of table 1 in brackets.

8.4.1.9 Direct voltage 15 min dry withstand test

The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items a), c), e), and f) and tested in accordance with 8.2 and column 11 of table 1 or 2.

- a) A direct voltage of negative polarity, having a ripple of less than 3% at the required test value, shall be used.
- b) The test voltage shall be applied for the specified duration starting after the required test voltage has been reached. If the test specimen withstands the required test voltage for 15 min, it shall be considered as having passed the test. If a flashover occurs, the test shall be repeated. If the repeat test also results in flashover or other dielectric breakdown, the test specimen shall be considered as having failed.

8.4.2 Cyclic aging test

- a) The test specimen shall be prepared for test in accordance with 8.1 items a), b), c), e), and f).
- b) Each test specimen shall be assembled as follows:
 - 1) For single-phase terminations in insulation and classes up to and including 46 kV, a total of four terminations shall be tested with two on one length of power cable and two on another. For single-phase terminations in insulation classes above 46 kV, a minimum of two terminations shall be tested with one on each end of a power cable. A minimum of 2 m (6 ft) of cable shall be used between terminations.

NOTE—A typical load cycle test circuit for single-phase terminations is shown in figure 2. In this test setup, the loading current and the high voltage are applied with separate, independent power supplies. The metallic shield of each power cable is connected to a single grounding point to prevent current from circulating in the metallic shield of either cable.

- 2) For one piece, three-phase terminations, a total of two samples shall be tested on one length of power cable. A minimum of 2 m (6 ft) of cable shall be used between terminations.

NOTE—A typical load cycle test circuit for three-phase terminations is shown in figure 3. In this test setup, the phases are connected in a series loop to easily facilitate the circulation of current through the conductors. The loading current and the high voltage are applied with separate, independent power supplies. A test setup using three-phase power is also acceptable. The cable connecting the terminations may be three single-conductor cables or one three-conductor cable. In either case, the metallic shield(s) must be interrupted and single-point grounding must be utilized to prevent circulating shield currents.

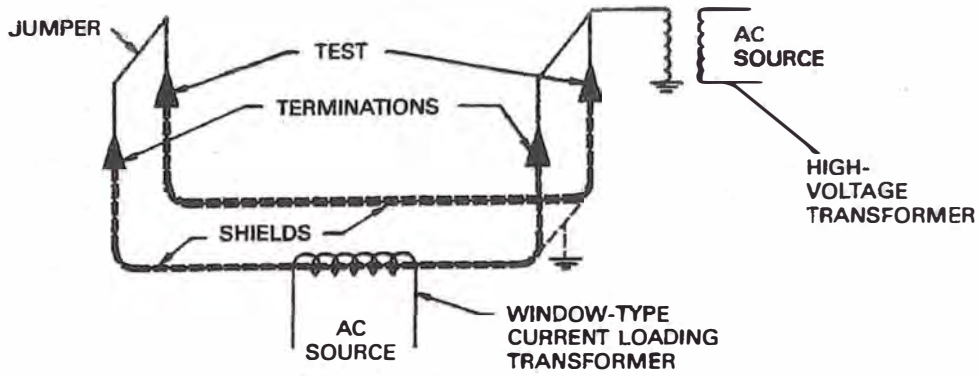
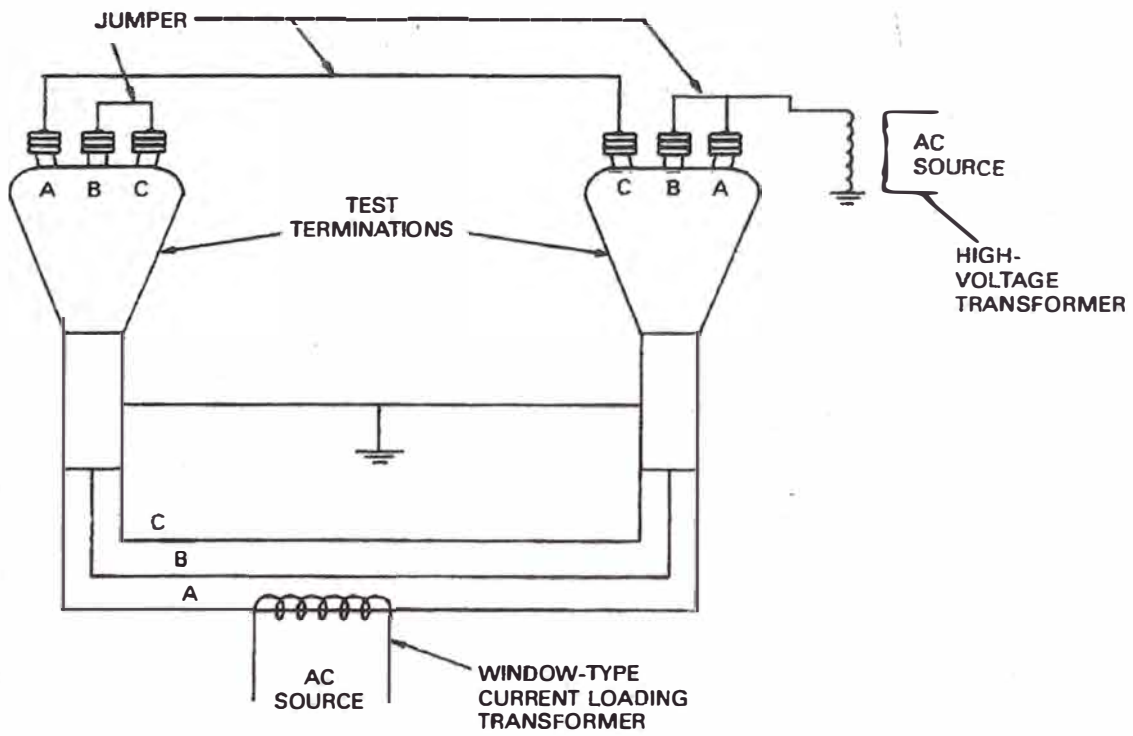


Figure 2—Single-phase terminations



NOTE: This method of cyclic aging requires only single-phase voltage and current power supplies. Test setups using three-phase power supplies are also acceptable.

Figure 3—One-piece three-phase terminations

In both the single- and three-phase test setups, the window-type current transformer may be installed on one of the jumper leads to help minimize circulating currents in the cable metallic shield(s). The jumper leads may be an uninsulated wire or bus, an unshielded power cable, or a shielded power cable.

The test configurations shown in figures 2 and 3 are only examples of how the test may be performed. Other test setups may be used to obtain the same goal.

For large, higher voltage cables, more than 2 m of cable may be required to prevent the conductor temperature midway between the terminations from being influenced by the terminations. Up to 5 m (approximately 15 ft) may be required.

- c) Testing shall be in accordance with 8.2 and the following:
- 1) Applied test voltage for Class 1A extruded dielectric cable terminations shall be in accordance with column 6 of table 2.
 - 2) Applied test voltage for Class 1B and 1C laminated dielectric cable terminations shall be in accordance with column 6 of table 1.
 - 3) Voltage shall be applied continuously to the test specimens for a 30-day period. See 7.4.2, item c) 1) or item c) 2).
 - 4) Load current, in addition to voltage [item c) 3) above], shall be applied to the test specimens. During the current-on period, the cable conductor temperature midway between the terminations shall be within 5 °C of the cable's maximum rated emergency operating temperature for a period of 6 h. During the current-off period, the conductor temperature midway between the terminations shall drop to within 5 °C of the ambient air temperature.

If this condition cannot be met, then every five cycles the current (and voltage) shall remain off for 48 h. The load cycle shall be resumed at the end of the 48 h period. (This procedure may be followed even if the 5 °C condition can be met if a test facility prefers not to run the tests during the weekend.)

The test specimens shall complete 30 load cycles. If the 48 h off period is used, it is not considered in the test cycles.

NOTE— One load cycle is 24 h long with a current-on period and a current-off period. The duration of the current-on and current-off periods is governed by the amount of time it takes a given test specimen to achieve the desired temperature.

The cable's emergency rating temperature should be determined by reference to applicable AEIC or ICEA cable specifications or to the cable manufacturer in the case of special use cables.

Temperature can be determined by reading the jacket temperature midway between terminations and comparing it to a "dummy" cable equivalent, where both jacket and conductor temperature have been determined. Equivalent current loadings can also be useful.

- 5) Partial discharge (corona) extinction voltage test level shall be determined for each specimen before the 30 load cycle test period is started and after completion of the 30 load cycle test period. Partial discharge levels shall be determined in accordance with 8.4.1.5.
- 6) After completion of the cyclic aging test and partial discharge (corona) extinction voltage test level, each specimen shall be tested with lightning impulse voltage (10 shots at each polarity) in accordance with 8.2, 8.4.1.7, and column 9 of table 1 or 2.

NOTE—For laminated dielectric cable terminations (Class 1B and 1C), the ionization factor test shall be used in place of partial discharge in accordance with table 6 and 8.4.1.6.

- d) Class 1 B and 1 C terminations shall show no visual indications of fluid leakage at the completion of the cyclic aging test.

If the two specimens (one specimen for 46 kV and above or for a three-phase specimen) withstand all of the above specified test conditions for the specified time, they shall be considered as having passed the test.

If the test is interrupted or otherwise affected, the cycle(s) affected shall be repeated. If dielectric breakdown occurs in any test specimen, all test specimens shall be considered as having failed.

NOTE—The cyclic aging test is not intended to establish current rating for a termination (see clause 5).

8.4.3 Pressure leak tests

The test specimen shall be prepared at room temperature in accordance with 8.1 items a), b), d), and g) and tested in accordance with items a) and b), or b) and c) below. See 7.1.2 for determining which tests to use. The test specimen shall have successfully passed if no leak or rupture occurs.

NOTE—The following pressures are gauge except in item b) below.

- a) Apply 200 kPa (30 lbf/in²) for 1 h at room temperature. If gas pressure is used, the test specimen shall be immersed at a depth of not less than 5 cm in a liquid bath or the exterior surface shall be coated with soap solution. If liquid pressure is used, the liquid shall have a viscosity no greater than 125 s (Saybolt Universal) at 25 °C. Seal areas are to be coated with a white chalk that will stain if there is a leak. The test may be made at 100 kPa (15 lbf/in²) for 2 h or 50 kPa (7 lbf/in²) for 6 h when specified and agreed upon.
- b) For Class 1C terminations (components) with the test specimen at a temperature not higher than 25 °C, evacuate to a pressure of not more than 67 Pa (0.5 torr or 0.01 lb/in² absolute), after which the valve shall be closed, separating the test specimen from the pump. During the next 30 min, the rise in pressure shall not exceed 67 Pa (0.5 torr or 0.01 lbf/in²). For Class 1 A and 1 B terminations, the test pressure shall be not more than 670 Pa (5 torr or 0.1 lbf/in²) using the same procedure.
- c) Fill the test specimen with a liquid that has a viscosity no greater than 125 s (Saybolt Universal) at 25 °C. Apply 2.5 times rated internal pressure or 267 kPa (40 lbf/in²), whichever is highest, for terminations up to 2000 kPa (300 lbf/in²) [consult manufacturer for test on terminations with rated internal pressure greater than 2000 kPa (300 lbf/in²)]. The internal pressure (or pressures) shall be observed and maintained at the test pressure until the temperature of the test specimen and filling fluid have stabilized. The temperature-pressure test shall then be continued 1 h for single-pressure zone terminations and 24 h for multipressure zone terminations. Leakage shall be detected at the end of this period by visual examination of chalk on the exterior surfaces of the test specimen and by pressure drop in the high-pressure zone or pressure rise in the low-pressure zone of a multipressure zone termination.

8.5 Routine tests

8.5.1 Dielectric tests

Dielectric tests shall be made on termination insulators prepared in accordance with 8.1 items a) and b) and tested in accordance with 8.2. Any of the following procedures may be used at the manufacturer's option:

- a) Using parts simulating external metal parts for the fully assembled cable termination, apply power frequency voltage for 1 min using the value shown in column 3 of table 1 or 2 for the specified insulation classification. If flashover occurs, the test may be repeated. If puncture occurs, or if flashover occurs on the repeat test, the insulator shall be rejected.

- b) Using parts simulating external metal parts of the fully assembled cable termination, maintain power frequency flashover for at least 3 min. The insulator shall be rejected if the flashover causes puncture.
- c) Using a conducting member passing through the insulator (see note below) and a conducting ring surrounding the insulator at the approximate midpoint, maintain power frequency flashover for at least 3 min. Any insulator that is punctured shall be rejected. Good insulators for cable terminations rated 69 kV and higher might be punctured by this method and, therefore, these insulators should be tested as prescribed in item d) below.

NOTE—Several insulators may be tested in parallel and, when so tested, the voltage control shall be such that a continual flashover occurs and divides uniformly over the insulators under test. To meet this condition it may be necessary to insert additional impedance in the testing circuit. High-frequency test voltage may be used for these tests, in which case the test duration shall be at least 3 s. The high frequency shall be of the order of 200 000 Hz in damped trains, but not less than 100 000 Hz.

- d) Using a conducting surface on the entire internal surface of the termination insulator and a series of conducting rings surrounding the insulator at each minimum diameter of corrugation or petticoat, apply a power frequency voltage for 1 min using an average puncture gradient of 28 kV/cm (70 kV/in). Any punctured insulator shall be rejected.

NOTE—Most polymeric termination designs do not lend themselves to the above tests. Consult the manufacturer(s) for specific procedures to determine insulator integrity.

8.5.2 Pressure leak tests

NOTE—The pressures indicated below are gauge.

Routine pressure leak tests on parts and on factory-assembled seals shall be made in accordance with the practice developed by the manufacturer. Class 1C components having a rated internal pressure greater than 100 kPa (15 lbf/in²) shall be subjected to an internal pressure of 2.5 times the nominal rating for terminations rated up to 2000 kPa (300 lbf/in²) in accordance with the following:

- a) One hour on single-pressure zone terminations where the outer surface of the parts subjected to leakage are exposed for visual examination.
- b) Twenty-four hours on multipressure zone terminations where the outer surface of the parts subject to leakage are not exposed for visual examination, and leakage detection must be determined by pressure drop in the high-pressure zone or pressure rise in the low-pressure zone.
- c) For terminations with an internal pressure rating greater than 2000 kPa (300 lbf/in²), the test procedure should be agreed upon by the purchaser and manufacturer.

8.6 Dielectric field tests

The tests are to be conducted in accordance with 8.1 items b) and f).

Direct voltage test values up to the maximums listed in table 1 or 2 may be used with the test set connected for negative polarity. Refer to 7.3 for comment regarding the direct voltage test values.

The field test voltage has been established for phase-to-ground tests only.

9. Application guide

9.1 Application at altitudes greater than 1000 m (3300 ft)

9.1.1 Effect on ampacity

A high-voltage cable termination that depends on air for its cooling medium and is designed for standard temperature rise may be used at altitudes greater than 1000 m (3300 ft) provided that the ampacity is reduced by the correction factors listed in table 7.

The temperature of the cooling air is not likely to exceed the values for the respective altitudes given in table 7.

Table 7—Altitude-ampacity correction factors

Altitude		Altitude ampacity correction factor	Maximum temperature of the cooling air	
(m)	(ft)		(°C)	(°F)
1000	3300	1.00	40	104
2000	6600	0.99	35	95
3000	9900	0.96	30	86

9.1.2 Effect on dielectric strength

The dielectric strength of a high-voltage cable termination that depends on air for its insulation varies with altitude. Table 8 shows the approximate relative dielectric strength for altitudes above 1000 m (3300 ft) at any given temperature.

Table 8—Altitude-dielectric strength correction factors

Altitude		Altitude correction factor for dielectric strength
(m)	(ft)	
1000	3300	1.00
1500	5000	0.95
2100	7000	0.89
3000	9900	0.80

9.2 Effect of solar radiation (ultraviolet light)

Solar radiation can cause molecular scission to occur on most polymer surfaces unless adequately protected by UV stabilizers. This degradation can shorten service life of polymers significantly.

Little has been reported to correlate ASTM weatherometer test results with anticipated 30-year service life. Solar radiation varies significantly between geographical areas (513 langley/day in Phoenix, AZ and

352 langley/day in Indianapolis, IN) so that a test life of 1000 h may be adequate for one area while 3000 h may be inadequate for another.

The following test methods are recommended to evaluate effects of solar radiation on polymeric terminations or exposed polymer components used with porcelain terminations:

Operating light and water-exposure apparatus (fluorescent UV-condensation type): [B11] (UVA-340 lamp) or (UVB-313 lamp)

Xenon arc methods: [B9] or [B10]

Surface cracking or crazing constitutes failure. Three thousand hours is recommended, but because of the above reasons, the manufacturer should be consulted.

9.3 Environmental exposure

Terminations are installed in a range of environments, from very benign to extremely severe. Airborne pollutants coupled with water can lower design electrical withstand values and cause flashover.

The following pollution severity guide is for distribution voltages and is meant to assist the user to broadly define the environment in which the termination is to be installed. Minimum termination requirements are given within the definitions of clause 3 to assist the user in consulting with the manufacturer if there is a concern on the type of environment involved.

9.3.1 Indoor terminations

- a) *Dry.* Applications where the termination is protected from exposure to sunlight and precipitation, not subject to condensation or excessive (90% RH) continuous humidity, and protected from wind-driven pollutants. An example would be unit substations located inside office and industrial buildings.

Class 1A terminations without weathersheds are often used. Class 2 and 3 terminations can be considered.

- b) *Wet.* Applications where the termination is protected from exposure to sunlight and precipitation, but subject to climatic changes causing condensation on the termination surfaces and infiltration of wind-driven particles settling on these surfaces. Generally, these would be outdoor free-standing enclosures.

Class 1 terminations are recommended. If the above conditions are frequent and/or severe, designs with weathersheds should be considered.

9.3.2 Outdoor terminations

These terminations are not protected from solar radiation, airborne pollutants, or precipitation. Environments are broadly defined as follows:

- a) *Light*
- 1) Areas without industries and with low-density housing
 - 2) Areas subjected to frequent winds and/or rainfall with low density of industries or housing
 - 3) Agricultural areas
 - 4) Mountainous areas

All of these regions should be situated at least 7–15 mi from the coast and should not be exposed to coastal winds. Distances from coast depend on the topography of the coastal area and on the extreme wind conditions.

Class 1 terminations with weathersheds are recommended.

b) *Medium*

- 1) Nonpolluting industrial areas subject to infrequent rainfall and/or with average-density housing
- 2) Areas subjected to frequent winds and/or rainfall with high-density industries and/or housing
- 3) Areas exposed to wind from the coast, but generally over 2 mi from the coast

Use of fertilizers by spraying, or the burning of crop residues, can lead to a higher pollution level due to dispersal by wind.

Class 1 terminations are normally used with weathersheds for these applications.

c) *Heavy*

- 1) High-density industrial areas and some urban areas with high-density housing, especially those with infrequent rainfall
- 2) Areas subjected to a moderate concentration of conductive dust, particularly industrial smoke-producing deposits
- 3) Areas generally close to the coast and exposed to coastal spray or to strong winds carrying sand and salt, and subjected to regular condensation

Class 1 terminations with weathersheds are often used, but the next higher voltage level or extended creepage should be considered if the general area has a known history of contamination problems.

d) *Extremely heavy*

- 1) Usually very limited areas having extremely heavy pollutants from industrial sites, especially those located near oceans and subjected to prevailing winds from the sea
- 2) Very small isolated areas where terminations are located immediately adjacent to a pollutant source, especially downwind (cement plants, paper mills, etc.)

Normally additional creepage length is required, e.g., next voltage level, and often extra maintenance such as periodic washing is needed.

9.3.3 Apparatus termination environments

Apparatus terminations must be compatible with the insulating medium, i.e., no degradation of the termination and the medium over the intended temperature operating range.

9.4 Accelerated contamination testing

While there are a number of test procedures in use, none has been adopted as an industry standard.

Investigators have found modification of a given procedure can significantly affect test time and/or failure modes, especially between material types. This has been documented in several IEEE papers.

Manufacturer(s) should be consulted concerning contamination test history of the product if there is a question for use in areas having high contamination levels.

10. Bibliography

- [B1] AEIC CS1-90, Specifications for Impregnated-Paper-Insulated Metallic Sheathed Cable, Solid Type.
- [B2] AEIC CS2-90, Specifications for Impregnated Paper Laminated Paper Polypropylene Insulated Cable, High Pressure Pipe Type.
- [B3] AEIC CS3-90, Specifications for Impregnated-Paper-Insulated Metallic Sheathed Cable, Low Pressure Gas-Filled Type.
- [B4] AEIC CS4-93, Specifications for Impregnated-Paper-Insulated Low and Medium Pressure Self-Contained Liquid Filled Cable.
- [B5] AEIC CS5-94, Specifications for Cross-Linked Polyethylene Insulated Shielded Power Cables Rated 5 Through 46 kV.
- [B6] AEIC CS6-87, Specifications for Ethylene Propylene Rubber Insulated Shielded Power Cables Rated 5 Through 69 kV.
- [B7] AEIC CS7-93, Specifications for Cross-Linked Polyethylene Insulated Shielded Power Cables Rated 69 Through 138 kV.
- [B8] ASTM D 1868-93, Test Method for Detection and Measurement of Partial Discharge (Corona) Pulses in Evaluation of Insulation Systems.
- [B9] ASTM D 2565-92a, Standard Practice for Operating Xenon-Arc Type Light-Exposure Apparatus With and Without Water for Exposure of Plastics.
- [B10] ASTM G 26-93, Standard Practice for Operating Light-Exposure Apparatus (Xenon-Arc Type) With and Without Water for Exposure of Nonmetallic Materials.
- [B11] ASTM G 53-93, Standard Practice for Operating Light- and Water-Exposure Apparatus (Fluorescent UV-Condensation-Type) for Exposure of Nonmetallic Materials.
- [B12] ICEA P-32-382 (1992), Short-Circuit Characteristics of Insulated Cable.
- [B13] ICEA T-24-380 (1980), Guide for Partial-Discharge Test Procedure.
- [B14] IEEE Std 97-1969, IEEE Recommended Practice for Specifying Service Conditions in Electrical Standards (ANSI).
- [B15] IEEE Std 100-1992, The New IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms (ANSI).
- [B16] IEEE Std 386-1995, IEEE Standard for Separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems Above 600 V (ANSI).
- [B17] IEEE Std 400-1991, IEEE Guide for Making High-Direct-Voltage Tests on Power Cable in the Field (ANSI).
- [B18] IEEE Std C57.19.00-1991, IEEE General Requirements and Test Procedures for Outdoor Apparatus Bushings (ANSI).
- [B19] NEMA 107-1988 (R 1993), Methods of Measurement of Radio Influence Voltage (RIV) of High-Voltage Apparatus.

[B20] NEMA WC3-1992, (ICEA S-19-81), Rubber Insulated Wire and Cable for the Transmission and Distribution of Electrical Energy.

[B21] NEMA WC4-1988, (ICEA S-65-375), Varnished Cloth Insulated Wire and Cable for the Transmission and Distribution of Electrical Energy.

[B22] NEMA WC5-1992, (ICEA S-61-402), Thermoplastic Insulated Wire and Cable for the Transmission and Distribution of Electrical Energy.

[B23] NEMA WC7-1991, (ICEA S-66-524), Cross-Linked Polyethylene Insulated Wire and Cable for the Transmission and Distribution of Electrical Energy.

[B24] NEMA WC8-1991, (ICEA S-68-516), Ethylene-Propylene Insulated Wire and Cable for the Transmission and Distribution of Electrical Energy.

BIBLIOGRAFIA

- Líneas de transmisión subterránea – B.M. Weedy.
- Terminales y empalmes de cables para transporte de energía eléctrica - Orlando Chávez Chacaltana
- Theory and practice of premolded splicing and terminating - W.C. Osborn.
- Stress control using high-K material – EPPL, 3M company.
- Corona (Partial Discharge) – EPPL, 3M company.
- Surface dielectric behavior of polymeric insulation under HV outdoor conditions – R.S. Gorur y T. Orbeck, IEEE 1991.
- Aging silicone rubber used for outdoor insulation – R.S Gorur, G.G. Karady y A. Jagota, IEEE 1991
- Polymeric insulator profiles evaluated in a fog chamber - R.S Gorur, E.A.Chemey y R. Hackam, IEEE 1989
- Conductores eléctricos Catálogo Condumex
- Conductores eléctricos Catálogo Prysmian
- Conductores eléctricos Catálogo General Cable
- Conductores eléctricos Catálogo Okonite
- Terminaciones Catálogo 3M
- Terminaciones Catálogo Tyco Electronics
- Terminaciones Catálogo Prysmian
- IEEE Standard test procedures and requirements for alternating current cable terminations 2.5 kV through 765kV.

- INTERNATIONAL STANDARD IEC 60840 Third edition 2004-04, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Test methods and requirements.
- Norma técnica peruana NTP – IEC 60502-1 2008