

300617



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

12  
2ej

GUIA DE SELECCION Y APLICACION PARA  
ACCESORIOS PREMOLDEADOS EN  
MEDIA TENSION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

**EMILIO MARTIN MANCISIDOR BUSTAMANTE**

ASESOR DE TESIS: ING. JESUS RUBEN RAMIREZ GUZMAN

MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD LA SALLE

Al Presente Honor:

Emilio Martín Mancisidor Bustamante

En atención a su condición relativa, me es grato transcribir a Ud. a continuación el tema que aprobado por esta Dirección, propuso como Asesor de Tesis el Señor Ing. Jesús Rubén Ramírez Guzmán, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista con área principal en Ingeniería Electrónica.

**"GUIA DE SELECCION Y APLICACION PARA ACCESORIOS  
PREMOLDEADOS EN MEDIA TENSION"**

con el siguiente índice:

	INTRODUCCION
CAPITULO I	CABLES DE ENERGIA
CAPITULO II	TERMINALES
CAPITULO III	EMPALMES
CAPITULO IV	CONECTORES SEPARABLES
	EJEMPLO DE SELECCION PRACTICA
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

ATENTAMENTE  
"INDIVISA MANENT"  
ESCUELA DE INGENIERIA  
México, D.F., a 22 de Enero de 1996

ING. JESUS RUBEN RAMIREZ GUZMAN  
ASESOR DE TESIS

ING. EDMUNDO BARRERA MONSIVAIS  
DIRECTOR

***Completará el Señor lo hecho por mí.***

***Señor, tu amor perdurara para siempre,***

***no abandones la obra de tus manos.***

***A mi Padre y su Esposa, con agradecimiento por su apoyo y comprensión.***

***A mi Madre, con todo el cariño y por estar siempre a mi lado.***

***A mi hermana, por contar siempre con ella.***

***A mi sobrino.***

***A mi Esposa Paty, por su cariño, paciencia y ayuda.***

***Con mucho cariño para mis Hijas, María Fernanda y Alejandra Paola, por haberles quitado un poco de su tiempo y que esto sea un ejemplo para ustedes.***

**GUIA DE SELECCION Y APLICACION  
PARA ACCESORIOS PREMOLDEADOS  
EN MEDIA TENSION**

## INDICE

<b>INTRODUCCION.</b> ....	1
<b>Capítulo I. Cables de energía.</b> .....	4
1.1. Conceptos generales. ....	5
1.2. Diseño y selección. ....	8
1.2.1. Conductor. ....	8
1.2.2. Pantallas eléctricas. ....	16
1.2.3. Aislamiento. ....	22
1.2.4. Cubiertas. ....	26
<b>Capítulo II. Terminales.</b> .....	28
2.1. Principios de operación. ....	29
2.2. Clasificación. ....	31
2.2.1. Clase 1. ....	32
2.2.2. Clase 2. ....	32
2.2.3. Clase 3. ....	33
2.3. Tipos de terminales premoldeadas. ....	33
2.3.1. Terminal premoldeada clase 1. ....	33
2.3.2. Terminal premoldeada clase 2. ....	35
2.3.3. Terminal premoldeada clase 3. ....	37

2.4. Selección de terminales premoldeadas .....	39
2.4.1. Terminales clase 1. ....	39
2.4.1.1. Terminal PCT-1-XXXX-4. ....	39
2.4.1.2. Terminal PCT-2-XXXX-4. ....	41
2.4.1.3. Terminal 35MTG-W-X-N-C. ....	46
2.4.2. Terminal clase 2. ....	48
2.4.2.1. Terminal 35MTGI-W-N. ....	48
2.4.3. Terminal clase 3. ....	51
2.4.3.1. 35MSC-W. ....	51
<b>Capítulo III. Empalmes. ....</b>	<b>56</b>
3.1. Principios de operación. ....	57
3.2. Tipos. ....	58
3.2.1. Encintados. ....	58
3.2.2. Moldeados en campo. ....	60
3.2.3. Termocontráctiles. ....	61
3.2.4. Premoldeados. ....	61
3.3. Clasificación de empalmes premoldeados. ....	63
3.4. Selección de empalmes premoldeados. ....	64
3.4.1. Empalme XXPCJ1-X-W-X-XX. ....	64



<b>Capítulo IV. Conectores separables.</b> .....	69
4.1. Principios de operación. ....	70
4.2. Clasificación. ....	71
4.2.1. Operación sin carga y sin tensión (osc). ....	71
4.2.2. Operación con carga y con tensión (occ). ....	72
4.3. Tipos y selección. ....	74
4.3.1. Conector tipo inserto occ y osc para 200 Amps. ....	74
4.3.2. Terminal tipo codo occ y osc para 200 Amps. ....	78
4.3.3. Cajas derivadoras occ y osc para 200 Amps. ....	83
4.3.4. Empalmes separables osc para 600 Amps. ....	84
4.3.5. Adaptador para pantalla de cable. ....	88
<b>EJEMPLO DE SELECCION PRACTICA.</b> .....	91
<b>CONCLUSIONES.</b> .....	94
<b>BIBLIOGRAFIA.</b> .....	97

# INTRODUCCION

La distribución de energía eléctrica se puede clasificar en aérea y subterránea, esta última ha adquirido gran importancia, de tal forma que muchas de las instalaciones aéreas están siendo sustituidas por subterráneas, principalmente en zonas costeras y de alta contaminación.

En los últimos cinco años se han incrementado las instalaciones subterráneas, debido principalmente a su seguridad, confiabilidad y apariencia, utilizándose básicamente en fraccionamientos residenciales, centros comerciales, zonas turísticas y ciudades con alta densidad de población.

El aumento de las instalaciones subterráneas ha llevado a los fabricantes de cables y accesorios a desarrollar mejores tecnologías para su elaboración, con características eléctricas y mecánicas superiores.

Su principal desventaja de las instalaciones subterráneas es el alto costo que tiene en relación con las aéreas que aproximadamente es de doce a uno.

Actualmente se han desarrollado cables con aislamientos extruídos hasta 230kV que antiguamente solo se lograba a base de cintas de papel impregnado en aceite (tipo tubo), y cuyos accesorios son de manufactura especial y tiempos de instalación prolongados.

En la distribución de energía eléctrica junto con los cables se encuentran los accesorios (terminales, empalmes y conectores separables), los cuales harán posible efectuar los cambios para las transiciones de líneas de distribución aéreas a subterráneas y de cable a equipos tales como transformadores, interruptores, seccionadores, etc., o la unión entre dos cables.

Los accesorios forman una parte primordial en las redes de distribución y debido a la importancia que tiene la continuidad del servicio, estos deben de estar diseñados, fabricados e instalados bajo tecnologías confiables y seguras.

Este trabajo esta enfocado a la tecnología de los accesorios premoldeados, desde su diseño, selección y materiales para su manufactura e instalación, los cuales podrán ser utilizados en cables de energía con aislamiento extruido (tipo seco) de 5kV hasta 35kV que son las tensiones utilizadas en sistemas de distribución.

Se pretende que el presente trabajo sirva como guía para la selección, especificación e instalación de accesorios, lo que permitirá a las empresas y personas relacionadas con el sector eléctrico, considerar los principales parámetros y criterios para el diseño de sus sistemas de distribución.

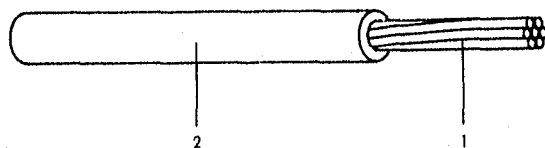
**CAPITULO I**

**CABLES DE ENERGIA**

## 1.1.- CONCEPTOS GENERALES.

La función principal de un cable de energía aislado es la de transmitir energía eléctrica a una corriente y tensión preestablecidas, durante cierto tiempo.

En los cables de energía para baja tensión no se presentan esfuerzos eléctricos o éstos son de magnitudes despreciables, por lo que únicamente constan de conductor, aislamiento y en ocasiones una cubierta (Fig.1.1).



1. Conductor.
2. Aislamiento.

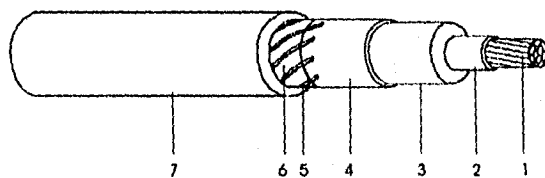
Fig.1.1

En los cables de energía para media tensión si se presentan esfuerzos eléctricos considerables, esto se debe a que, al aumentar la magnitud de la potencia, también es necesario incrementar la tensión de operación para reducir las pérdidas.

En consecuencia, al incrementar la tensión de operación, se requiere incluir nuevos elementos al cable para obtener un funcionamiento adecuado y confiable.

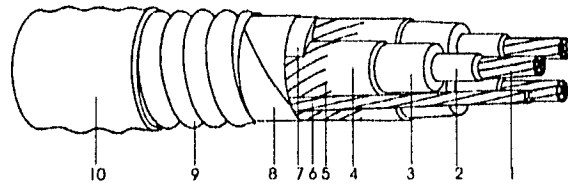
Los cables por su construcción final pueden ser:

- Unipolar: Una sola fase (Fig.1.2.a).
- Tripolar: Tres fases unidas y separadas mediante rellenos (Fig.1.2.b).
- Tríplex: Cables unipolares reunidos en un cableado en espiral (Fig.1.2.c).



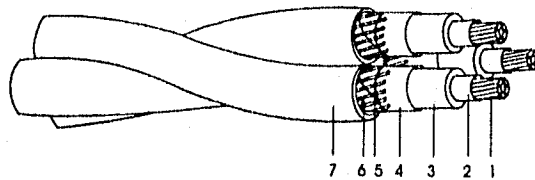
1. Conductor.
2. Pantalla semiconductora sobre conductor.
3. Aislamiento.
4. Pantalla semiconductora sobre aislamiento.
5. Pantalla electrostática.
6. Cinta separadora.
7. Cubierta exterior.

Fig.1.2.a



1. Tres conductores.
2. Pantalla semiconductor sobre el conductor.
3. Aislamiento.
4. Pantalla semiconductor sobre aislamiento.
5. Pantalla electrostática.
6. Conductor neutro.
7. Rellenos.
8. Cinta reunidora.
9. Armadura.
10. Cubierta exterior.

Fig.1.2.b



1. Tres conductores.
2. Pantalla semiconductor sobre conductor.
3. Aislamiento.
4. Pantalla semiconductor sobre aislamiento.
5. Pantalla electrostática.
6. Cinta separadora.
7. Cubierta exterior.

Fig.1.2.c



## **1.2.- DISEÑO Y SELECCION.**

Los componentes que constituyen un cable de energía son:

- 1.- Conductor.
- 2.- Pantallas eléctricas.
- 3.- Aislamientos.
- 4.- Cubiertas.

### **1.2.1.- Conductor.**

Las principales características consideradas para la selección del conductor son cuatro:

- 1.- Materiales
- 2.- Flexibilidad
- 3.- Forma
- 4.- Dimensiones

**Materiales:**

Los materiales más utilizados como conductores eléctricos son: el cobre y el aluminio, el primero es superior en características eléctricas y mecánicas, el segundo por su bajo peso ha dado lugar a un amplio uso en la fabricación de cables.

En la tabla 1.1 se comparan en forma general las características de los materiales más utilizados en la manufactura de conductores eléctricos.

En el cobre se tienen los siguientes tipos de temple o grados de suavidad:

**Cobre suave,-** Es el que tiene mayor conductividad y flexibilidad, su uso es el más general en cualquier tipo de conductores eléctricos.

**Cobre duro,-** Es el que tiene mayor resistencia a la tensión mecánica, su principal uso es en conductores eléctricos para líneas aéreas.

El aluminio tiene como principal ventaja sobre el cobre, que su peso es menor, pero requiere de un área mayor para la misma conductividad.

TABLA 1.1

MATERIAL	DENSIDAD	TEMPERATURA DE FUSION	RESISTIVIDAD ELECTRICA A 20 °C	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA
	g/cm <sup>3</sup>	°C	ohm-mm <sup>2</sup> /km	% IACS *
ALUMINIO	2.72	660	28.26	61.0
COBRE SUAVE	8.89	1083	17.24	100.0
COBRE DURO	8.89	1083	17.92	96.2

\* IACS = International Annealed Copper Standard.

En la tabla 1.2 se comparan las características más importantes entre el cobre y aluminio.

Flexibilidad:

La flexibilidad de un conductor se logra de la siguiente manera:

- 1.- Recociendo el material
- 2.- Aumentando la cantidad de hilos
- 3.- Disminuyendo el paso de cableado

Recociendo el material, sus características eléctricas se verán mejoradas, su flexibilidad aumentará, pero se disminuirá su resistencia mecánica.

Aumentando la cantidad de hilos se necesitará que los hilos tengan un diámetro menor para un mismo calibre y así poder incrementar su flexibilidad.

Para el paso de cableado es importante considerar la cantidad de hilos que lo forman, con el paso o longitud del torcido de agrupación y el tipo de cuerda, se pueden obtener diferentes tipos de flexibilidad.

TABLA 1.2

CARACTERISTICAS	COBRE	ALUMINIO
Para igual volumen:		
Relación de pesos	1.0	0.30
Para igual conductancia:		
Relación de áreas	1.0	1.64
Relación de diámetros	1.0	1.27
Relación de pesos	1.0	0.49
Para igual diámetro:		
Relación de resistencias	1.0	1.61
Capacidad de corriente	1.0	0.78

Actualmente en la construcción de cables de energía, se utiliza la flexibilidad clase B.

Forma:

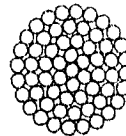
Las formas de conductores más comunes para cables aislados en media tensión son:

1.- Redonda: Es un alambre o cable cuya sección transversal es circular (Fig.1.3.a), se forma mediante capas concéntricas alrededor de un núcleo central de uno o más alambres, denominándose cable concéntrico (Fig.1.3.b).



Conductor sólido.

Fig.1.3.a



Cable concéntrico.

Fig.1.3.b

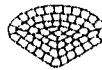
Al aumentar el calibre en un cable concéntrico, es conveniente reducir su diámetro esto es con el fin de disminuir sus dimensiones y obtener una superficie cilíndrica uniforme, con lo cual se obtienen ventajas eléctricas, este cable se le denomina redondo compacto (Fig.1.3.c).



Cable redondo compacto.

Fig.1.3.c

2.- Sectorial: Es un conductor concéntrico que se obtiene a través de un dado cuya sección transversal es en sector del círculo (Fig.1.3.d).



Cable sectorial.

Fig.1.3.d

Este tipo de conductores se aplica principalmente en la manufactura de cables trifásicos obteniendo menores diámetros.

Dimensiones:

La escala principal es la denominada AWG (American Wire Gage) empleada en los Estados Unidos y adoptada en México, existe también la escala milimétrica de IEC (International Electrotechnical Commission).

La escala AWG se desarrolló fijando dos diámetros con una progresión geométrica para diámetros intermedios.

Los diámetros seleccionados corresponden a los calibres 4/0 (0.4600 pulgadas) y 36 (0.0050 pulgadas).

La razón entre un diámetro cualquiera y el diámetro siguiente en la escala está dada por la expresión:

$$\sqrt[39]{\frac{0.4600}{0.0050}} = \sqrt[39]{92} = 1.1229$$

Para secciones mayores a 4/0 se define el cable directamente por su diámetro o área empleándose la unidad designada como KCM o MCM que equivale a mil circular mils.

Un circular mil se define como el área de un círculo que tiene como diámetro una milésima de pulgada, debido a que esta medida es muy pequeña es práctico emplear miles de circular mils.



La escala IEC consiste en proporcionar directamente los calibres por su sección transversal en milímetros cuadrados.

En la tabla 1.3 se muestran los valores correspondientes de la escala AWG, su equivalente en  $\text{mm}^2$  y el calibre en la escala milimétrica.

#### **1.2.2.- Pantallas eléctricas.**

Cuando se aplica una tensión de 2kV o mayores a un conductor se presentan esfuerzos de magnitudes considerables, que de no controlarse en forma adecuada por medio de pantallas, puede producir deterioro en los aislamientos.

Las pantallas tienen como función confinar, en forma adecuada, el campo eléctrico a la masa de aislamiento del cable.

Dependiendo de su uso y localización las pantallas se clasifican en:

- Pantalla semiconductor sobre conductor
- Pantalla sobre aislamiento

TABLA 1.3

Designación		Area sección transversal mm <sup>2</sup>	Número de alambres
mm <sup>2</sup>	AWG o MCM		
---	8	8.37	7
---	6	13.30	7
---	4	21.15	7
---	2	33.60	7
35	---	34.40	7
---	1	42.40	19
50	---	48.30	19
---	1/0	53.50	19
---	2/0	67.40	19
70	---	69.00	19
---	3/0	85.00	19
---	4/0	107.20	19
---	250	126.70	37
150	---	147.10	37
---	300	152.00	37
---	350	177.30	37
---	400	203.00	37
---	---	239.00	37
240	---	242.50	37
---	500	253.00	37
---	600	304.00	61
---	750	380.00	61
---	800	405.00	61
---	1000	507.00	61

Pantalla semiconductor sobre conductor:

Las funciones básicas de esta pantalla es la de evitar concentración de esfuerzos eléctricos que se presentan en los intersticios de un conductor, como consecuencia de la forma de los hilos para tener una superficie equipotencial uniforme (Fig. 1.4).

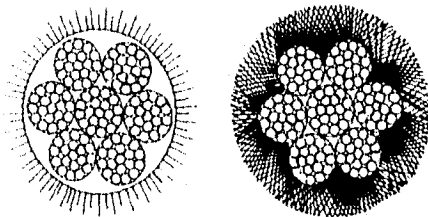


Fig.1.4

y evitar que queden burbujas de aire atrapado entre los intersticios del conductor y el aislamiento, ya que estas, al estar sujetas a una diferencia de potencial provocarían la ionización del aire (Fig. 1.5).



Fig.1.5

Pantalla sobre el aislamiento:

- Pantalla semiconductor
- Pantalla metálica

Las funciones principales de estas pantallas son las siguientes:

- 1.- Obtener una distribución radial y simétrica de los esfuerzos eléctricos, para eliminar esfuerzos tangenciales y longitudinales en la superficie del aislamiento.
- 2.- Eliminar las descargas entre la superficie del aislamiento y las tierras adyacentes.
- 3.- Limitar la radiointerferencia, eliminando las armónicas que interfieren con aparatos electrónicos y líneas telefónicas.
- 4.- Protección de descargas eléctricas al personal o en presencia de productos inflamables.
- 5.- Evitar el ingreso de humedad (cuando las pantallas son extruidas).
- 6.- Protección mecánica adicional.

7.- Proveer un drenaje adecuado a tierra de las corrientes capacitivas.

Es importante mencionar que cuando se tiene un sistema adecuado de pantallas, se deberá buscar siempre que operen a los potenciales lo más cercanos a tierra como se pueda.

**Pantalla semiconductor sobre aislamiento:**

Esta pantalla se encuentra en contacto directo sobre el aislamiento, aun en el caso de movimiento.

La pantalla semiconductor sobre el aislamiento para cables con aislamiento extruido, puede ser de material termoplástico o termofijo semiconductor, o bien por cinta semiconductor.

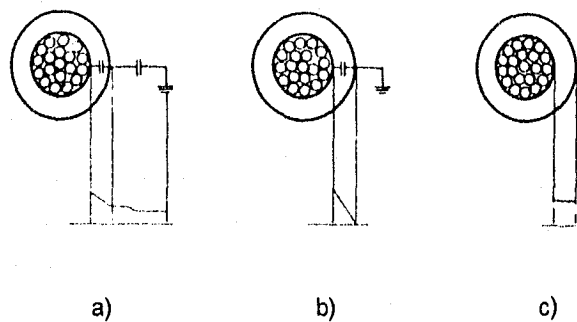
**Pantalla metálica:**

La pantalla metálica puede ser de alambres, cintas planas o corrugadas o combinación de ambas.

Las principales funciones de esta pantalla son:

- 1.- Para propósitos electrostáticos
- 2.- Conducir corriente de falla
- 3.- Como pantalla al neutro

Es importante mencionar, que la pantalla metálica debe estar conectada a tierra, creando de esta manera una superficie equipotencial y así cumplir su función de proteger al personal de descargas eléctricas. Esta conexión se puede realizar en uno o varios puntos y esto dependerá del tipo de instalación (Fig.1.6).



- a) Cable sin pantalla.
- b) Cable con pantalla conectada a tierra.
- c) Cable con pantalla no conectada a tierra.

Fig.1.6

### **1.2.3.- Aislamiento.**

La función del aislamiento es la de mantener el potencial del conductor separado del potencial de tierra, sin permitir la circulación de corriente a través de él.

Entre los aislamientos más utilizados, se encuentran dos grupos principalmente:

#### **1.- Papel impregnado.**

Consiste en múltiples capas de cintas de papel aplicadas helicoidalmente alrededor del conductor.

Las sustancias más utilizadas para su impregnación son las siguientes:

- Aceite viscoso con resinas refinadas
- Aceite viscoso con polímeros de hidrocarburos
- Aceite de baja viscosidad

#### **2.- Aislamientos tipo extruido.**

Estos aislamientos se clasifican en dos:

- Termoplásticos: Son aquellos que al calentarse permiten ser moldeados a voluntad, recuperando sus características iniciales al enfriarse.
- Termofijos: A diferencia de los anteriores, al presentarse calentamientos subsecuentes no se reblandecen.

Dentro de los aislamientos mas utilizados se encuentran los siguientes:

Etileno Propileno (EP).

Es un copolímero de etileno y propileno al cual se le adicionan agentes vulcanizantes.

Polietileno de Cadena Cruzada (XLP).

Es un polietileno de baja densidad, con algunos agentes peróxidos como vulcanizantes.

En la tabla 1.4 se muestran las propiedades, ventajas y desventajas de los diferentes aislamientos.



TABLA 1.4

Características	XLP	EP	Papel impregnado
Rigidez dieléctrica, kV/mm, (corriente alterna, elevación rápida)	25	25	28
Rigidez dieléctrica, kV/mm, (Impulsos)	50	50	70
Factor de potencia, % máx. (a 60 ciclos, a temp. de op.)	0.1	1.5	1.1
Resistencia a la ionización	buena	muy buena	buena
Resistencia a la humedad	muy buena	excelente	mala
Factor de pérdidas	buena	excelente	buena
Flexibilidad	mala	excelente	regular
Temperatura de operación normal (°C)	90	90	hasta 9kV, 95
Temperatura de sobrecarga (°C)	130	130	100
Temperatura de cortocircuito (°C)	250	250	200

Espesor de aislamiento:

Para determinar el espesor de aislamiento se debe de considerar, la tensión de operación entre fases y las características del sistema.

A los diferentes espesores se les denomina niveles o clases de aislamientos según la clasificación siguiente:

**Clase 1 (Nivel de aislamiento al 100%)**

Son cables utilizados en sistemas con protección de relevadores que liberen fallas a tierra lo más rápido posible, pero en ningún caso en un tiempo mayor a un minuto.

**Clase 2 (Nivel de aislamiento al 133%)**

Para este nivel corresponden los sistemas llamados con neutro aislado. Los cables aplicados a esta categoría son aquellos que no cumplen los requerimientos para el nivel 100%, pero la falla se liberara en no más de una hora.

### Clase 3 (Nivel de aislamiento al 173%)

Los cables de esta categoría deben ser utilizados en sistemas donde el tiempo para liberar la falla no está definido. El uso de estos cables se recomienda en sistemas con problemas de resonancia, en los que se pueden presentar sobretensiones de gran magnitud.

#### **1.2.4.- Cubiertas.**

La función principal de las cubiertas, es la de proteger al cable de agentes externos y evitar el ingreso de humedad durante la instalación y operación.

Los diferentes tipos de cubiertas son:

- 1.- Metálicas
- 2.- Termoplásticas
- 3.- Elastoméricas

1.- Cubiertas metálicas: El material más utilizado es el plomo, este tipo de cubiertas se emplea principalmente en cables de papel impregnado en aceite.

2.- Cubiertas termoplásticas: Los materiales más usuales son el PVC (cloruro de polivinilo) y polietileno de alta y baja densidad.

3.- Cubiertas elastoméricas: Básicamente se utiliza el neopreno (policloropreno) y Hypalon (polietileno clorosulfanado).

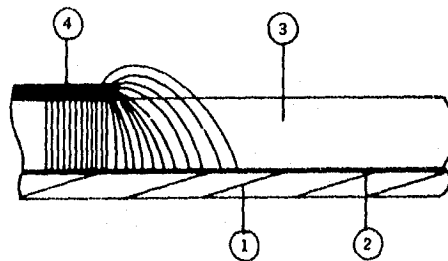
## **CAPITULO II**

## **TERMINALES**

## 2.1. PRINCIPIOS DE OPERACION.

Su principal función es reducir y controlar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable, al interrumpir y retirar la pantalla sobre el aislamiento, y puede proporcionar al cable una distancia de fuga aislada adicional y hermeticidad.

Como se comentó anteriormente al interrumpir y retirar la pantalla sobre el aislamiento, las líneas equipotenciales y las líneas de campo dejan de ser uniformes y se concentrarán en el extremo final de ésta, creándose un punto de esfuerzos eléctricos (Fig.2.1), que de no ser controlados, ocasionarán una falla en el aislamiento.



1. Conductor.
2. Pantalla sobre conductor.
3. Aislamiento.
4. Pantalla sobre aislamiento.

Fig.2.1

Existen tres métodos básicos para efectuar el alivio de esfuerzos eléctricos:

1.- Método geométrico (premoldeado).

2.- Método de resistividad variable.

3.- Método capacitivo.

1.- Método geométrico: Es la continuación del blindaje electrostático con el diámetro ampliado, la expansión del diámetro dependerá de la clase de aislamiento del sistema utilizado. Este puede ser a base de cintas o elastómero preformado (cono de alivio), (Fig.2.2).

1. Conductor.
2. Pantalla sobre conductor.
3. Aislamiento.
4. Pantalla sobre aislamiento.
5. Base del cono de alivio.
6. Plano de tierra.

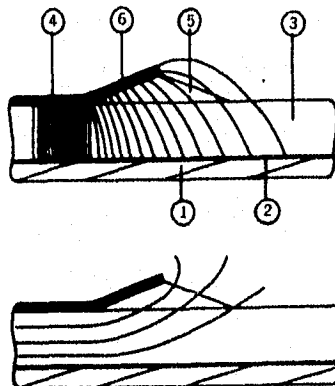


Fig.2.2

2.- Método de resistividad variable: Es la combinación de materiales resistivos y capacitivos que amortiguan los esfuerzos al cortar o retirar la pantalla sobre el aislamiento, estos pueden ser a base de cintas o materiales termocontráctiles, (Fig.2.3).

1. Conductor.
2. Pantalla sobre conductor.
3. Aislamiento.
4. Pantalla sobre aislamiento.
5. Material con resistividad variable.

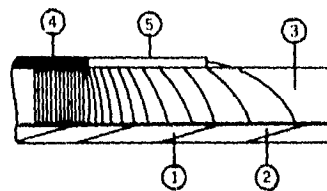


Fig.2.3

3.- Método capacitivo: Son materiales aislantes con alta constante dieléctrica y que, conservando sus características aislantes, refractan las líneas del campo en la región adyacente al corte de la pantalla del cable. Estos materiales pueden ser a base de elastómero moldeado o cintas.

## 2.2. CLASIFICACION.

Dependiendo de su utilización y características, las terminales se clasifican de acuerdo a las Normas IEEE Std-48 y NOM-J-199.



### **2.2.1. Clase 1.**

- Proporciona control de los esfuerzos eléctricos, que se presentan en el aislamiento del cable al cortar y retirar la pantalla electrostática.
- Proporciona una distancia de fuga aislada adicional entre el conductor del cable y tierra.
- Da un sello hermético contra la entrada de humedad y mantiene la presión del sistema, si la hay, (cable de papel impregnado en aceite).

### **2.2.2. Clase 2.**

- Proporciona control de los esfuerzos eléctricos, que se presentan en el aislamiento del cable al cortar y retirar la pantalla electrostática.
- Proporciona una distancia de fuga aislada adicional entre el conductor del cable y tierra.

### **2.2.3. Clase 3.**

- Proporciona únicamente control de los esfuerzos eléctricos, que se presentan en el aislamiento del cable al cortar y retirar la pantalla electrostática.

## **2.3. TIPOS DE TERMINALES PREMOLDEADAS.**

En esta sección se analizarán los diferentes tipos de terminales y se definirá a la clase que corresponden según su instalación y operación, es importante mencionar que este trabajo está enfocado principalmente a la tecnología de los premoldeados.

En la tabla 2.1 se describen en forma genérica los materiales y componentes de las terminales de porcelana, termocontráctil y contráctil en frío según su clasificación e instalación.

### **2.3.1. Terminal premoldeada clase 1.**

- El control de esfuerzos eléctricos se da por medio de un cono de alivio premoldeado a base de dos materiales elastoméricos, uno con características aislantes y el otro de características semiconductoras, unidos mediante un proceso de presión y temperatura.

TABLA 2.1

Componentes y materiales empleados en terminales para uso exterior o interior Clase 1			
Tipos de terminal	Cono de alivio	Distancia de fuga adicional	Hermeticidad
Porcelana	Metálico preformado o cintas	Cuerpo de porcelana	Compuesto aislante o resina elastomérica
Termocontráctil	Tubo termocontráctil (metodo de resistividad variable)	Faldones termocontráctiles	Cinta autofundente
Contráctil en frío	Tubo contráctil en frío (metodo capacitivo)	Faldones contráctiles en frío	Cinta autofundente

Componentes y materiales empleados en terminales para uso interior Clase 2		
Tipos de terminal	Cono de alivio	Distancia de fuga adicional
Termocontráctil	Tubo termocontráctil (metodo de resistividad variable)	Faldones termocontráctiles
Contráctil en frío	Tubo contráctil en frío (metodo capacitivo)	Faldones contráctiles en frío

Componentes y materiales empleados en terminales para uso interior Clase 3		
Tipos de terminal	Cono de alivio	Distancia de fuga
Termocontráctil	Tubo termocontráctil (metodo de resistividad variable)	Distancia libre sobre el aislamiento
Contráctil en frío	Tubo contráctil en frío (capacitivo)	Distancia libre sobre el aislamiento

- La distancia de fuga aislada adicional se logra por medio de faldones o campanas de material elastomérico aislante, la principal propiedad de este material es su alta resistencia a la formación de trayectorias carbonizadas (tracking).

- El sello terminal se da por medio de un material elastomérico aislante que evita el ingreso de humedad, impidiendo así que esta pueda causar deterioro al aislamiento del cable y por lo tanto, a la integridad del sistema.

En la fig. 2.4.a y 2.4.b se ilustran las terminales premoldeadas PCT y 35MTG a base de hule-silicón y de EPDM.

### **2.3.2. Terminal premoldeada clase 2:**

- El control de esfuerzos eléctricos se da por medio de un cono de alivio premoldeado a base de materiales elastoméricos.

- La distancia de fuga aislada adicional se obtiene por medio de faldones o campanas de material elastomérico aislante, resistente a la formación de trayectorias carbonizadas (tracking).

PCT

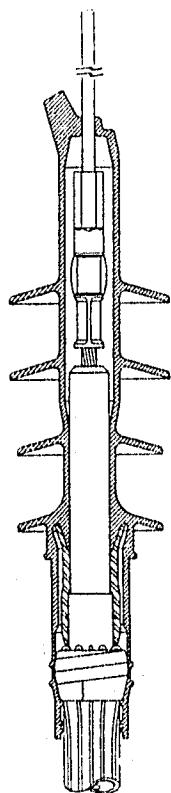


Fig.2.4.a

35MTG

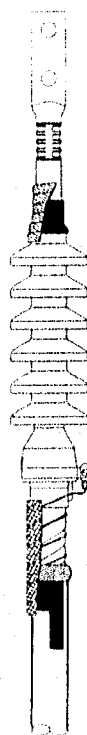


Fig.2.4.b

- Esta terminal es para uso interior y se recomienda en zonas de alta contaminación o cuando se tengan limitaciones de espacio.

En la fig. 2.5 se muestra una terminal premoldeada 35MTGI de material elastomérico EPDM.

35MTGI



Fig.2.5

### 2.3.3 Terminal premoldeada clase 3:

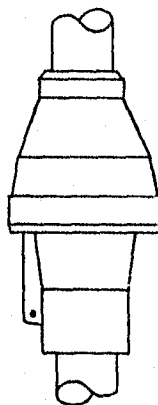
- El elemento funcional de esta terminal es básicamente el cono de alivio, el cual esta formado a base de materiales elastoméricos.

- El cono de alivio proporcionará únicamente el control de los esfuerzos eléctricos que se presentan al retirar el blindaje electrostático sobre el aislamiento, y la distancia de fuga necesaria estará dada por el espacio libre de aislamiento entre el conductor y el corte de la pantalla.

- Esta terminal es para uso interior y se recomienda en zonas de baja contaminación.

En la fig. 2.6 se muestra una terminal premoldeada 35MSC a base de material elastomérico EPDM.

**35MSC**



**Fig.2.6**

## **2.4. SELECCION DE TERMINALES PREMOLDEADAS.**

En esta sección se analizarán los diferentes criterios de selección y sus valores de prueba para las terminales premoldeadas.

### **2.4.1. Terminales clase 1.**

#### **2.4.1.1. Terminal PCT-1-XXXX-4**

##### **Power Cable Terminator**

La terminal PCT-1 de hule-silicón, esta diseñada para operar en sistemas con aislamiento clase 15kV, en conductores de cobre o aluminio y calibres desde 2 AWG hasta 4/0 AWG.

En la tabla 2.2 se muestra el símbolo de "XXXX" que deberá sustituirse de acuerdo al calibre y material del conductor.

PCT = Power Cable Terminator

1 = 15kV

XXXX = Calibre y material del conductor

4 = Conector universal



TABLA 2.2

PCT-X - X X X X - 4

15kV-1 TABLA-X

Símbolo de X	Material del Conductor	Conductor Normal o Comprimido	Conductor Compacto o Sólido	Tamaño del Conector
210	Al o Cu	#3	#2	1/4" x 6" de largo
220	Al o Cu	#2	#1	
1230	Al	#1	1/0	
1240	Al	1/0	-----	
230	Al o Cu	#1	1/0	3/8" x 6" de largo
240	Al o Cu	1/0	2/0	
250	Al o Cu	2/0	3/0	
1260	Al	3/0	4/0	
1270	Al	4/0	-----	
260	Al o Cu	3/0	4/0	1/2" x 6" de largo
270	Al o Cu	4/0	-----	

Diámetros de aislamiento para la PCT-1  
de 0.640" (16.3 mm) hasta 1.070" (27.2 mm)

Los diámetros sobre aislamiento para la terminal PCT-1 están determinados entre 0.640" (16.3 mm) y 1.070" (27.2 mm).

Ejemplo:

Seleccionar el símbolo de "XXXX" (tabla 2.2), para un cable con aislamiento de XLP, calibre 1/0 AWG, conductor de aluminio compacto, con un diámetro sobre aislamiento de 18.8 mm.

PCT-1-1230-4

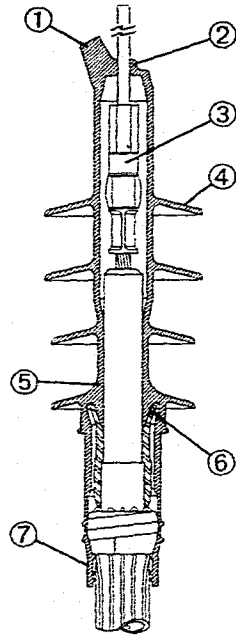
En la fig. 2.7 se muestran los componentes y valores de prueba de la terminal.

#### **2.4.1.2. Terminal PCT-2-XXXX-4**

##### **Power Cable Terminator**

La terminal PCT-2 de hule-silicón, está diseñada para operar en sistemas con aislamiento clase 25kV, en conductores de cobre o aluminio y calibres desde 2 AWG hasta 4/0 AWG.

Figura 2.7



**PCT-1**

Power Cable Terminator  
15 kV

1. Cejilla liberadora de aire
2. Sello conector-terminal
3. Conector de compresión
4. Campanas o faldones
5. Cuerpo de la terminal
6. Cono de alivio
7. Sello terminal-cable

Clase de Aislamiento (kV)	Máxima Tensión a tierra (kV)	Prueba de tensión sostenida a 60 Hz (kV)			Prueba de extinción de descargas parciales		Prueba de Impulso NBA (kV)	Prueba de C.D. Tensión aplicada 15 minutos (kV)
		1 minuto en seco	10 segundos en húmedo	6 horas en seco	Tensión de extinción (kV)	Sensibilidad p.c		
15	9.5	50	45	35	13	3.0	110	75

IEEE Std. 48-1990 / NOM-J-199

En la tabla 2.3 se indica el símbolo de "XXXX" que deberá sustituirse de acuerdo al calibre y material del conductor.

PCT = Power Cable Terminator

2 = 25kV

XXXX = Calibre y material del conductor

4 = Conector universal

Los diámetros sobre aislamiento para la terminal PCT-2 están determinados entre 0.830" (21.1 mm) y 1.180" (30.0 mm).

Ejemplo:

Seleccionar el símbolo de "XXXX" (tabla 2.3), para un cable con aislamiento de XLP, calibre 4/0 AWG, conductor de cobre compacto, con un diámetro sobre aislamiento de 26.4 mm.

PCT-2-0260-4

En la fig. 2.8 se indican los componentes y valores de prueba de la terminal.

TABLA 2.3

PCT-X-X X X X-4

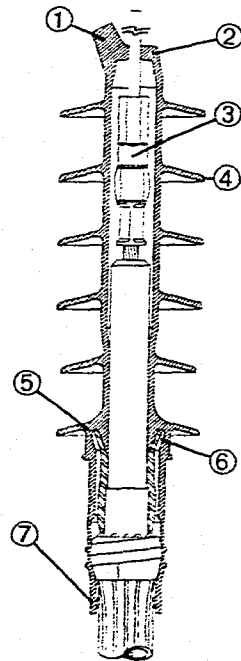
25kV-2

TABLA-X

Símbolo de X	Material del Conductor	Conductor Normal o Comprimido	Conductor Compacto o Sólido	Tamaño del Conector
220	Al o Cu	#2	#1	1/4" x
1230	Al	#1	1/0	6" de largo
1240	Al	1/0	-----	
230	Al o Cu	#1	1/0	3/8" x
240	Al o Cu	1/0	2/0	6" de largo
250	Al o Cu	2/0	3/0	
1260	Al	3/0	4/0	
1270	Al	4/0	-----	
260	Al o Cu	3/0	4/0	1/2" x
270	Al o Cu	4/0	-----	6" de largo

Diámetros de aislamiento para la PCT-2  
de 0.830" (21.1 mm) hasta 1.180" (30.0 mm)

Figura 2.8



**PCT-2**  
Power Cable Terminator  
25 kV

1. Cejilla liberadora de aire
2. Sello conector-terminal
3. Conector de compresión
4. Campanas o faldones
5. Cuerpo de la terminal
6. Cono de alivio
7. Sello terminal-cable

Clase de Aislamiento (kV)	Máxima Tensión a tierra (kV)	Prueba de tensión sostenida a 60 Hz (kV)			Prueba de extinción de descargas parciales		Prueba de Impulso NBA (kV)	Prueba de C.D. Tensión aplicada 15 minutos (kV)
		1 minuto en seco	10 segundos en húmedo	6 horas en seco	Tensión de extinción (kV)	Sensibilidad p.c		
25	16	65	60	55	21.5	3.0	150	105

IEEE Std. 48-1990 / NOM-J-199

### **2.4.1.3. Terminal 35MTG-W-X-N-C**

#### **Modular Terminator Ground**

La terminal modular 35MTG de material elastomérico EPDM, puede ser utilizada en sistemas con aislamiento para clase 15, 25 y 35kV (dependiendo del número de campanas o módulos), en conductores de cobre o aluminio y calibres desde 6 AWG hasta 1000 MCM.

En la tabla 2.4 se describen las variables "W" - "X" - "N" y "C" que deberán sustituirse de acuerdo al diámetro sobre aislamiento del cable, calibre del conductor, clase de aislamiento y tipo de conector.

**35MTG = Modular Terminator Ground**

**W = Diámetro sobre aislamiento del cable**

**X = Calibre del conductor**

**N = Numero de campanas o módulos**

**C = Tipo de conector**

Los diámetros sobre aislamiento comprendidos para la terminal 35MTG son de 0.775" (19.7 mm) hasta 1.875" (47.6 mm).

35MTG - W - X - N - C

TABLA 2.4

TABLA W  
RANGO DE AISLAMIENTOS

Símbolo de W	Diámetro de Aislamiento Pulgadas		Diámetro de Aislamiento mm	
	Min.	Max.	Min.	Max.
GA	.775	.885	19.7	22.5
GAB	.825	.935	21.0	23.8
GB	.875	.985	22.2	25.0
GH	.930	1.040	23.6	26.4
HA	.980	1.115	24.9	28.3
HAB	1.040	1.175	26.4	29.9
HB	1.095	1.240	27.8	31.5
HJ	1.160	1.305	29.5	33.2
JA	1.220	1.375	31.0	34.9
JAB	1.285	1.395	32.6	35.4
JB	1.355	1.520	34.4	38.6
KA	1.485	1.595	37.7	40.5
KAB	1.530	1.640	38.9	41.7
KB	1.575	1.685	40.0	42.8
PA	1.665	1.785	42.3	45.3
PB	1.755	1.875	44.6	47.6

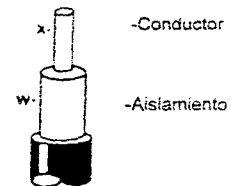
TABLA X CALIBRE DEL CONDUCTOR

Símbolo de X	Calibre del Conductor en AWG o MCM		
	Normal	Comprimido	Compacto
3	6	5	4
2	4	3	2
1	2	--	1
0	1	--	1/0
10	1/0	1/0	2/0
20	2/0	2/0	3/0
30	3/0	3/0	4/0
40	4/0	4/0	250
250	250	250	300
300	300	300	350
350	350	350	400
400	400	400	450
450	450	450	500
500	550	500	--
550	550	550	650-700
600	600	600	750
650	650-700	650-750	800
750	750-800	750-800	--
800	800	800	--
900	900	900	1000
1000	1000	1000	--

TABLA C TIPO DE CONECTOR

Símbolo de C	Conector	Rango del Conductor
1	3/4"-16 hilos	1/0-350
2	1"-14 hilos	400-500
3	Dos barrenos	4/0-1000
4	Universal	6-4/0

Numero de módulos recomendados		
35MTG		
	GA-JB	KA-PB
15kV	N=4	N=4
25kV	N=8	N=6
35kV	N=10	N=8



-Conductor

-Aislamiento



Ejemplo:

Seleccionar una terminal para uso exterior (tabla 2.4), con aislamiento de XLP, 15kV entre fases, calibre 4/0 AWG, conductor de cobre compacto, con un diámetro sobre aislamiento de 22.1 mm y conector tipo espada de doble barreno.

35MTG-GAB-30-4-3

En la fig. 2.9 se describen los componentes y valores de prueba de la terminal.

#### **2.4.2 Terminal clase 2.**

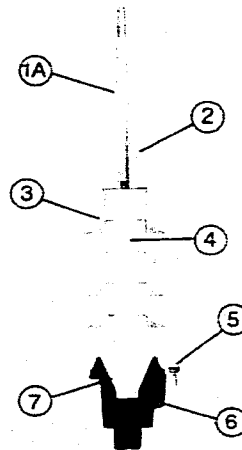
##### **2.4.2.1 Terminal 35MTGI-W-N**

###### **Modular Terminator Ground Indoor**

La terminal modular 35MTGI de material elastomérico EPDM, puede ser empleada en sistemas con aislamiento clase 15, 25 y 35kV (dependiendo del número de campanas o módulos), en cables con diámetros sobre aislamiento de 0.775" (19.7 mm) hasta 1.875" (47.6 mm).

En la tabla 2.5 se ilustran las variables "W" y "N" que deberán sustituirse de acuerdo al diámetro sobre aislamiento del cable y la clase de aislamiento.

Figura 2.9



### 35MTG

Modular Terminator Ground  
15-35kV

- 1A. Conector (Al o Cu)
- 2. Sello conector-terminal
- 3. Campanas o faldones
- 4. Aislamiento del cable
- 5. Zapata para tierra
- 6. Ojillo para tierra
- 7. Cono de alivio premoldeado

Clase de Aislamiento (kV)	Máxima Tensión a tierra (kV)	Prueba de tensión sostenida a 60 Hz (kV)			Prueba de extinción de descargas parciales		Prueba de Impulso NBA (kV)	Prueba de C.D. Tensión aplicada 15 minutos (kV)
		1 minuto en seco	10 segundos en húmedo	6 horas en seco	Tensión de extinción (kV)	Sensitividad p.c		
15	9.5	50	45	35	13.0	3.0	110	75
25	16.0	65	60	55	21.5	3.0	150	105
35	22.0	90	80	75	30.0	3.0	200	140

IEEE Std. 48-1975 / NOM-J-199

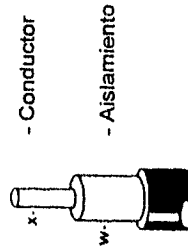
TABLA 2.5

35MTGI - W - N

TABLA W  
RANGO DE AISLAMIENTOS

Símbolo de W	Diámetro de Aislamiento Pulgadas		Diámetro de Aislamiento mm	
	Min.	Max.	Min.	Max.
GA	.775	.885	19.7	22.5
GAB	.825	.935	21.0	23.8
GB	.875	.985	22.2	25.0
GH	.930	1.040	23.6	26.4
HA	.980	1.115	24.9	28.3
HAB	1.040	1.175	26.4	29.9
HB	1.095	1.240	27.8	31.5
HJ	1.160	1.305	29.5	33.2
JA	1.220	1.375	31.0	34.9
JAB	1.285	1.395	32.6	35.4
JB	1.355	1.520	34.4	38.6
KA	1.485	1.595	37.7	40.5
KAB	1.530	1.640	38.9	41.7
KB	1.575	1.685	40.0	42.8
PA	1.665	1.785	42.3	45.3
PB	1.755	1.875	44.6	47.6

Número de módulos recomendados	
35MTGI	
15kV	GA-JB N=4
25kV	KA-PB N=4
35kV	N=6
	N=8



- Conductor

- Aislamiento

35MTGI = Modular Terminator Ground Indoor  
W = Diámetro sobre aislamiento del cable  
N = Numero de campanas o módulos

Ejemplo:

Seleccionar una terminal para uso interior (tabla 2.5), con aislamiento de EP, 25kV entre fases, calibre 2/0 AWG y un diámetro sobre aislamiento de 23.9 mm.

35MTGI-GB-8

En la fig. 2.10 se ilustran los componentes y valores de prueba de la terminal.

### **2.4.3 Terminal clase 3.**

#### **2.4.3.1 Terminal 35MSC-W**

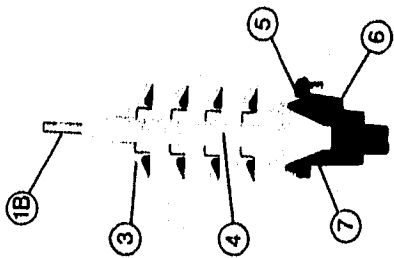
##### **Modular Stress Cone**

La terminal 35MSC de material elastomérico EPDM, esta diseñada básicamente para controlar los esfuerzos eléctricos, que se presentan en los sistemas con aislamiento clase 15, 25 y 35kV, en cables con diámetros sobre aislamiento de 0.496" (12.6 mm) hasta 1.875" (47.6 mm).

Figura 2.10

### 35MTGI

Modular Terminator  
Ground Indoor  
15-35kV



- 1B. Conductor del cable
- 3. Campanas o faldones
- 4. Aislamiento del cable
- 5. Zapata para tierra
- 6. Ojillo para tierra
- 7. Cono de alivio premoideado

Clase de Aislamiento (kV)	Máxima Tensión a tierra (kV)	Prueba de tensión sostenida a 60 Hz (kV)			Prueba de extinción de descargas parciales		Prueba de C.D. Tensión aplicada 15 minutos (kV)
		1 minuto en seco	10 segundos en húmedo	6 horas en seco	Tensión de extinción (kV)	Sensibilidad p.c	
15	9.5	50	45	35	13.0	3.0	75
25	16.0	65	60	55	21.5	3.0	105
35	22.0	90	80	75	30.0	3.0	140

IEEE Std. 48-1975 / NOM-J-199

En la tabla 2.6 se describe la variable "W" que deberá ser sustituida de acuerdo al diámetro sobre aislamiento del cable.

35MSC = Modular Stress Cone

W = Diámetro sobre aislamiento del cable

Ejemplo:

Seleccionar una terminal para uso interior (tabla 2.6), con aislamiento de XLP, 15kV entre fases, calibre 1/0 AWG y un diámetro sobre aislamiento de 18.6 mm.

35MSC-FB

En la fig. 2.11 se describe el elemento básico de la terminal y sus valores de prueba.

Nota: Al seleccionar la variable "W" en las terminales 35MTG, 35MTGI y 35MSC, se puede presentar el caso de que el diámetro sobre aislamiento del cable coincida entre dos rangos de la variable, para estos casos se podrá seleccionar cualquiera de los rangos en cuestión o el rango cuyo valor medio se aproxime al diámetro sobre aislamiento del cable.

TABLA 2.6

35MSC - W

TABLA W

RANGO DE AISLAMIENTOS

Símbolo de W	Diámetro de Aislamiento Pulgadas		Diámetro de Aislamiento mm		"A" Dim.	"B" Dim.
	Min.	Max.	Min.	Max.		
EB	.495	.585	12.6	14.9	2.38" (60.3mm)	4" (101.6mm)
EF	.525	.635	13.3	16.1		
FA	.575	.685	14.6	17.4		
FAB	.625	.735	15.9	18.7		
FB	.675	.785	17.2	19.9		
FG	.725	.835	18.4	21.2		
GA	.775	.885	19.7	22.5		
GAB	.825	.935	21.0	23.8	2.63" (66.7mm)	
GB	.875	.985	22.2	25.0		
GH	.930	1.040	23.6	26.4		
HA	.980	1.115	24.9	28.3		
HAB	1.040	1.175	26.4	29.9		
HB	1.095	1.240	27.8	31.5		
HJ	1.160	1.305	29.5	33.2		
JA	1.220	1.375	31.0	34.9	2.88" (73.0mm)	
JAB	1.285	1.395	32.6	35.4		
JB	1.355	1.520	34.4	38.6		
KA	1.485	1.595	37.7	40.5	3.94" (100.0mm)	5.31" (134.9mm)
KAB	1.530	1.640	38.9	41.7		
KB	1.575	1.685	40.0	42.8		
PA	1.665	1.785	42.3	45.3		
PB	1.755	1.875	44.6	47.6		

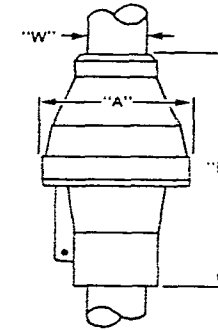
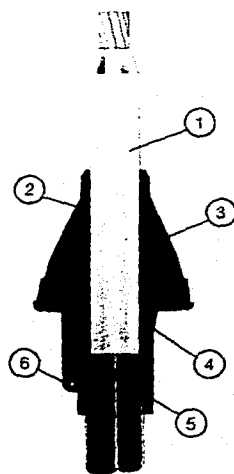


Figura 2.11



### 35MSC

Modular Stress Cone  
15-35kV

1. Aislamiento del cable
2. Interfase EPDM-aislamiento
3. Material aislante de EPDM
4. Cono de alivio premoldeado
5. Interfase cono de alivio-semiconductora
6. Ojillo para tierra

Clase de Aislamiento (kV)	Máxima Tensión a tierra (kV)	Prueba de tensión sostenida a 60 Hz (kV)			Prueba de extinción de descargas parciales		Prueba de Impulso NBA (kV)	Prueba de C.D. Tensión aplicada 15 minutos (kV)
		1 minuto en seco	10 segundos en húmedo	6 horas en seco	Tensión de extinción (kV)	Sensitividad p.c		
15	9.5	50	45	35	13.0	3.0	110	75
25	16.0	65	60	55	21.5	3.0	150	105
35	22.0	90	80	75	30.0	3.0	200	140

IEEE Std. 48-1975 / NOM-J-199



**CAPITULO III**

**EMPALMES**

### **3.1. PRINCIPIOS DE OPERACION**

Sus principales funciones son reducir y controlar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable, al unir o derivar secciones del mismo.

Se define como empalme: "La conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituyen un cable de energía aislado".

Un empalme ideal es aquel, que reúna las características eléctricas y mecánicas similares a las del cable.

La confiabilidad de un empalme para cables con aislamiento extruido depende de varios factores, entre los que se destacan la calidad de los materiales utilizados, el diseño y la mano de obra en la instalación.

En el diseño de empalmes es importante considerar, que los materiales utilizados deben ser compatibles con los elementos constitutivos del cable que se unirá, y que estos materiales deben cumplir satisfactoriamente la función que desempeñan sus equivalentes en el cable.

Los gradientes de esfuerzos presentes en un empalme, deberán ser soportados por los materiales utilizados.

En la unión, el electrodo de alta tensión (conductor-conector) presenta un contorno que produce cambios en el campo eléctrico, por lo cual se recomienda un conector que provea al menos, la misma conductividad que la del conductor y será necesario que contenga una superficie tersa, para evitar esfuerzos eléctricos elevados en el material que se localizará encima de éste.

### **3.2. TIPOS.**

Considerando las diferentes tecnologías, materiales empleados y forma de aplicación se describen los siguientes tipos de empalmes:

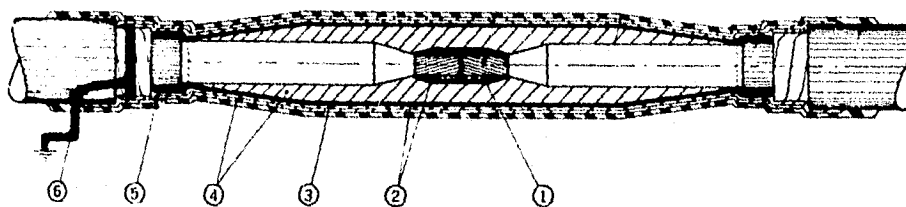
#### **3.2.1. Encintados.**

Son aquellos en que los distintos componentes del cable, a excepción del conductor, se restituyen aplicando cintas en forma sucesiva hasta obtener todos los elementos del cable.

Las cintas aplicadas para obtener un nivel de aislamiento adecuado; pueden ser del tipo autovulcanizable o del tipo no vulcanizable, las cuales no contienen adhesivo. Dependiendo del elemento a restituir, se determinarán las características físicas y químicas que tendrán las cintas utilizadas en la elaboración del empalme.

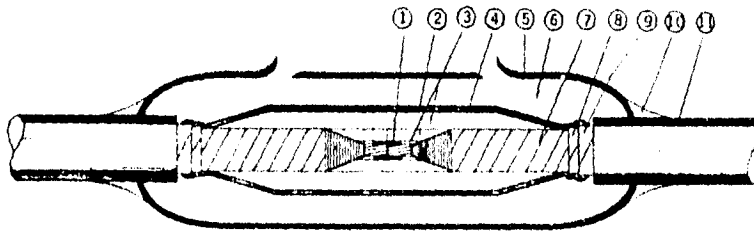
En uniones para cables con aislamiento de papel impregnado en aceite, es necesario proporcionar un compuesto compatible con el aceite de impregnación.

En la fig. 3.1 y 3.2 se muestran los empalmes encintados para cables con aislamiento extruido y de papel impregnado en aceite.



- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Conector            | 4. Cinta aislante            |
| 2. Cinta semiconductor | 5. Cinta de PVC con adhesivo |
| 3. Malla de cobre      | 6. Trenza plana estañada     |

Fig. 3.1 Empalme encintado para aislamiento extruido.



- |                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| 1. Conector           | 7. Aislante del cable      |
| 2. Malla de cobre     | 8. Cinta semiconductor     |
| 3. Cinta tergolas     | 9. Pantalla de cobre       |
| 4. Soldadura          | 10. Soldadura plomo-estaño |
| 5. Tubo de plomo      | 11. Cubierta de plomo      |
| 6. Compuesto aislante |                            |

Fig. 3.2 Empalme encintado para aislamiento de papel impregnado en aceite.

### 3.2.2. Moldeados en campo.

Son aquellos en que los componentes del empalme se aplican en el cable, utilizando materiales sólidos vulcanizables por medio de presión y temperatura a través de una prensa portátil en campo.

Este tipo de empalmes está limitado a su aplicación en cables con aislamiento extruido.

### **3.2.3. Termocontráctiles.**

Son aquellos en que la restitución de los diferentes componentes del cable, se lleva a cabo utilizando materiales con características retráctiles por la acción del calor.

Este tipo de empalmes puede ser utilizado en cables con aislamiento extruido o de papel impregnado en aceite.

### **3.2.4. Premoldeados.**

Son aquellos en que todos los componentes son moldeados en fabrica, mediante un proceso de presión y temperatura, utilizando materiales elastoméricos.

Estos empalmes están diseñados básicamente para unir cables con aislamiento extruido, pero mediante la inclusión de adaptadores (sellos), se podrán unir cables con aislamiento de papel impregnado en aceite.

En la fig. 3.3 se muestra la distribución de las líneas equipotenciales en una unión premoldeada y , en la fig. 3.4 se muestra la terminación de un empalme premoldeado a base de material elastomérico EPDM.



Fig. 3.3 Líneas equipotenciales en una unión premoldeada.

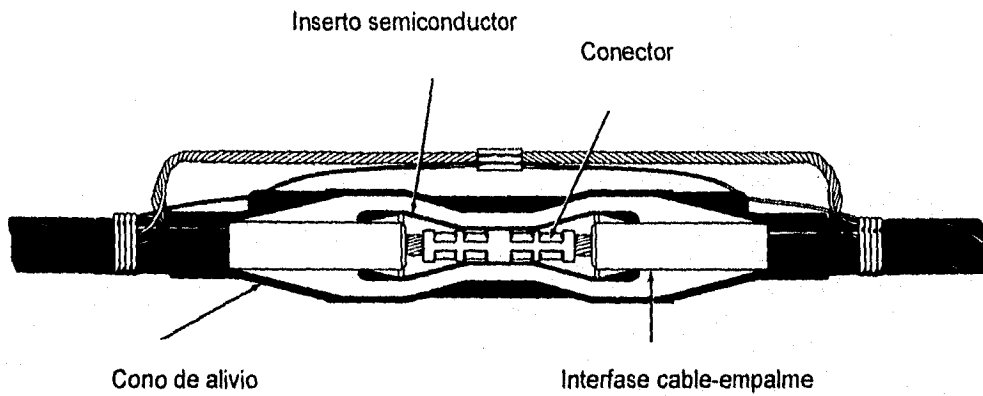


Fig. 3.4 Empalme premoldeado.

### 3.3. CLASIFICACION DE EMPALMES PREMOLDEADOS.

Tomando como base las Normas IEEE Std-404 y Std-592, los empalmes premoldeados se clasifican de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Tensión de operación:

15kV fase a fase ( 8.7kV fase a tierra)

25kV fase a fase (14.4kV fase a tierra)

35kV fase a fase (20.2kV fase a tierra)

- Capacidad de conducción:

200 Amps continuos

600 Amps continuos \*\*

- Instalación:

Monopolar

Tripolar

- Construcción:

Una pieza

Dos o más piezas separables \*\*



\*\* Estos incisos se analizaran en el Capitulo 4 correspondiente a Conectores Separables.

### **3.4. SELECCION DE EMPALMES PREMOLDEADOS.**

En esta sección se analizaran los diferentes criterios de selección y sus valores de prueba.

#### **3.4.1. Empalme XXPCJ1-X-W-X-XX**

##### **Power Cable Joint**

Los empalmes premoldeados PCJ1 de material elastomérico EPDM, están diseñados para ser utilizados en sistemas con aislamiento para clase 15, 25 y 35kV, 200 Amperes continuos, en conductores de cobre o aluminio y calibres desde 2 AWG hasta 1000 MCM.

En la tabla 3.1 se describen las variables "XX" - PCJ1 - "W" - "X" y "XX" que deberán sustituirse de acuerdo al modelo, diámetro sobre aislamiento del cable, material del conductor y calibre del conductor.

XX PCJ1 - W - X - XX

15kV  
25kV  
35kV

1- Aluminio  
2- Cobre

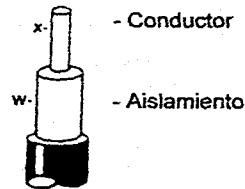
TABLA 3.1

TABLA W  
RANGO DE AISLAMIENTOS

Símbolo de W	Diámetro de Aislamiento Pulgadas		Diámetro de Aislamiento mm	
	Min.	Max.	Min.	Max.
F	.640	.820	16.3	20.8
G	.760	.950	19.3	24.1
H	.850	1.050	21.6	26.7
J	.980	1.180	24.9	30.0
K	1.090	1.310	27.7	33.3
L	1.180	1.465	30.0	37.2
M	1.370	1.630	34.8	41.4
N	1.515	1.780	38.5	45.2
P	1.725	1.935	43.8	49.1
Q	1.900	2.120	48.3	53.9

TABLA X CALIBRE DEL CONDUCTOR

Símbolo de X	Calibre del Conductor en AWG o MCM		
	Normal	Comprimido	Compacto
21	3	3	2
22	2	2	1
23	1	1	1/0
24	1/0	1/0	2/0
25	2/0	2/0	3/0
26	3/0	3/0	4/0
27	4/0	4/0	250
28	250	250	300
29	300	300	350
30	350	350	400
31	400	400	450
32	450	450	500-550
33	500	500	600
35	600	600	700
36	650	650	750-800
37	700-750	700-750	800-900
38	800	800	900
39	900	900	1000
40	1000	1000	-



XX = 15, 25 y 35kV

PCJ = Power Cable Joint

1 = Una pieza

W = Diámetro sobre aislamiento del cable

X = Material del conductor

XX = Calibre del conductor

Los diámetros sobre aislamientos comprendidos para los empalme PCJ1 son de 0.640" (16.3 mm) hasta 2.120" (53.9 mm).

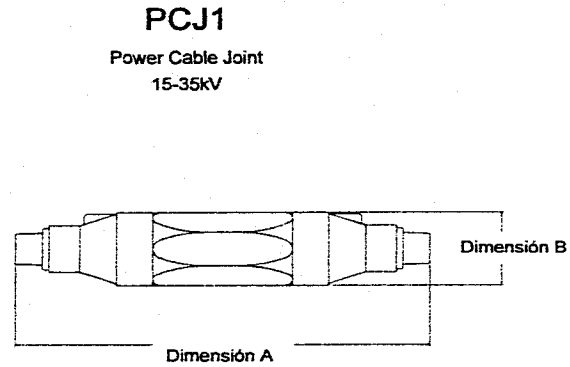
Ejemplo:

Seleccionar un empalme premoldeado (tabla 3.1), para un aislamiento de XLP, 15kV, calibre 500 MCM, conductor de aluminio compacto, con un diámetro sobre aislamiento de 29.0 mm.

15PCJ1-K-1-32

En la fig. 3.5 se muestran los datos dimensionales y valores de prueba de los empalmes.

Figura 3.5



DATOS DIMENSIONALES				
Número de Catalogo	A		B	
	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm
15PCJ1-F-X	10.25"	260	1.75"	45
15/25PCJ1-G-X	10.25"	260	1.75"	45
15/25/35PCJ1-H-X	14.38"	365	2.44"	61
15/25/35PCJ1-J-X	14.38"	365	2.44"	61
15/25/35PCJ1-K-X	14.38"	365	2.78"	71
15/25/35PCJ1-L-X	14.38"	365	2.78"	71
15/25/35PCJ1-M-X	14.38"	365	2.78"	71
15/25/35PCJ1-N-X	15.75"	400	3.19"	81
15/25/35PCJ1-P-X	15.75"	400	3.19"	81
15/25/35PCJ1-Q-X	15.75"	400	3.19"	81

Clase de Aislamiento (kV)	Máxima Tensión a tierra (kV)	Prueba de tensión sostenida a 60 Hz		Prueba de extinción de descargas parciales		Prueba de impulso NBA (kV)	Prueba de C.D. Tensión aplicada 15 minutos (kV)
		1 minuto (kV)	6 horas (kV)	Tensión de extinción (kV)	Sensitividad p.c		
15	9.5	52.5	35	13.0	3.0	110	70
25	16.0	75	52	21.6	3.0	150	100
35	22.0	95	69	30.3	3.0	200	125

IEEE Std. 404-1986 / NOM-J-158

Nota: Al seleccionar la variable "W" en los empalmes PCJ1, se puede presentar el caso de que el diámetro sobre aislamiento del cable coincida entre dos rangos de la variable, para estos casos se podrá seleccionar cualquiera de los rangos en cuestión o el rango cuyo valor medio se aproxime al diámetro sobre aislamiento del cable.

**CAPITULO IV**  
**CONECTORES SEPARABLES**

#### 4.1. PRINCIPIOS DE OPERACION.

Las funciones de los conectores separables son: reducir y controlar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable, al interrumpir y retirar la pantalla sobre el aislamiento y la conexión eléctrica de un cable de energía aislado a un equipo eléctrico, (transformador, seccionador, interruptor, etc.) u otros cables de energía, de tal forma que esta pueda ser establecida o interrumpida fácilmente.

En los conectores separables se pueden distinguir tres elementos básicos de acuerdo a su función:

- Semiconductor interno:

Su función es la de uniformar el campo eléctrico, que se presenta en la zona de transición de dos o más componentes del conector.

- Aislamiento:

Este elemento es el que soportará el esfuerzo eléctrico, que se presenta en el sistema cable-conector o conector-equipo.

- Semiconductor externo:

Las funciones que desempeña este elemento, en cada uno de los componentes del conector son: la de confinar el esfuerzo eléctrico presente en el conjunto y la obtención de sistemas de frente muerto, al estar todos los componentes interconectados entre sí y debidamente conectados a tierra.

#### **4.2. CLASIFICACION.**

Dependiendo de su operación y características, los conectores separables se clasifican en:

##### **4.2.1. Operación sin carga y sin tensión (osc).**

Son aquellos que proporcionan el control de los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable, al cortar y retirar la pantalla electrostática; pero no están diseñados para ser operados con carga, ya que no cuentan con ningún dispositivo para eliminar el arco eléctrico, que se presenta al abrir un circuito energizado.



#### **4.2.2. Operación con carga y con tensión (occ).**

Son aquellos que además de proporcionar el control de los esfuerzos eléctricos, están diseñados para poder extinguir el arco eléctrico que se presenta al abrir un circuito con carga.

La interrupción del arco eléctrico, en un conector de operación con carga (occ), se logra mediante la separación de los contactos y la extinción del arco, entre el material aislante y desionizante, colocado en el conector tipo inserto y la terminal tipo codo, material que, debido al calor producido por el arco, libera un gas que eleva la presión en la cámara de arqueo, para enfriar y desionizar el arco.

El tiempo requerido para la extinción del arco varía de uno, a uno y medio ciclos.

Los conectores separables deben satisfacer las características fundamentales siguientes:

1.- Cerrado debe ser un conductor ideal.

2.- Abierto debe ser un aislador ideal.

3.- Cerrado debe ser capaz de interrumpir la corriente para la que fue diseñado en cualquier instante, sin producir sobretensiones peligrosas.

4.- Abierto debe de ser capaz de cerrar rápidamente en cualquier instante, incluso bajo corrientes de cortocircuito, sin soldar los contactos por las altas temperaturas.

Un factor importante es la separación de los contactos, si esta es menor que la distancia nominal para mantener la resistencia de aislamiento, se puede provocar un rearqueo.

Debido a la necesidad de elevar la presión durante el tiempo de arqueo, se requiere la gasificación del material aislante donde se lleva a cabo la extinción del arco, conservando su estabilidad dimensional, por lo menos durante 10 operaciones de apertura y cierre.

Como consecuencia del desgaste y erosión del material desionizante, se recomienda reemplazarlo después de 10 operaciones de cierre, más 10 operaciones de apertura a plena carga (200 Amps), o después de una operación de cierre contra falla.

Es importante mencionar que esta operación es única y exclusivamente para sistemas de 200 Amps occ.

#### 4.3. TIPOS Y SELECCION.

Cabe mencionar que existe una amplia gama de conectores separables; en esta sección se analizarán los más utilizados en las conexiones de cable a equipo y entre varios cables (Fig. 4.1).

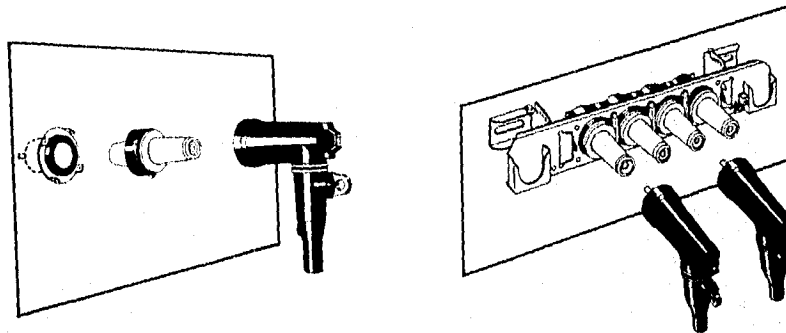


Fig. 4.1

##### 4.3.1. Conector tipo inserto occ y osc para 200 Amps.

Su función principal es la de servir de enlace entre el equipo, (boquilla tipo pozo) y la terminal tipo codo.

En la fig. 4.2 y 4.3 se ilustran los elementos funcionales de los conectores tipo inserto.

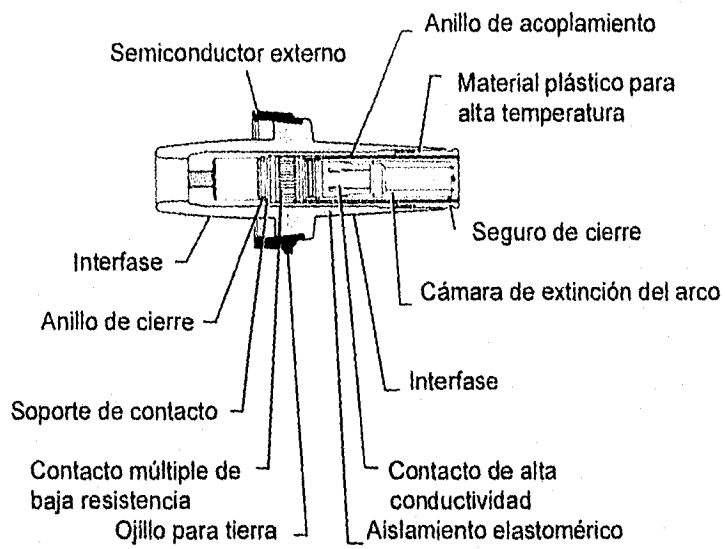
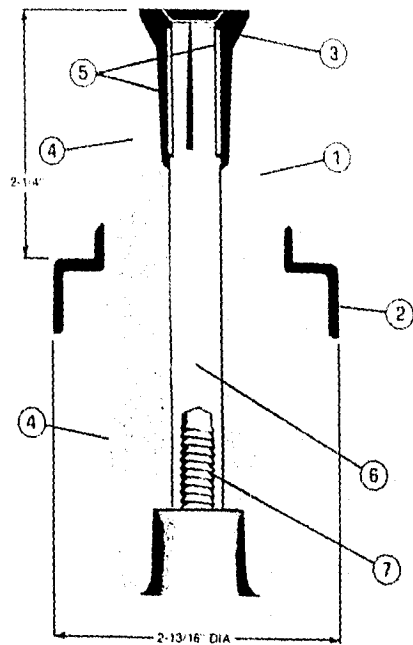


Fig. 4.2 Inserto occ 200 Amps



- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. Material aislante     | 5. Contacto tipo hembra |
| 2. Semiconductor externo | 6. Conexión interna     |
| 3. Inserto semiconductor | 7. Conector tipo perno  |
| 4. Interfase             |                         |

Fig. 4.3 Inserto osc 200 Amps

En la tabla 4.1 se muestran los valores de prueba de los conectores tipo inserto.

Tabla 4.1

**Inserto occ, 200 Amps**

Clase de Aislamiento (kV)	No de Catálogo
15	1601A4
25	2701A4
35	3701A4

**Inserto osc, 200 Amps**

Clase de Aislamiento (kV)	No de Catálogo
15	1501A1
25	K1501A1

Clase de Aislamiento (kV)	Voltaje entre fases (kV)	Voltaje fase a tierra (kV)	Corriente nominal (amps, rms)	Prueba de C.A. 60 Hz 1 minuto (kV)	Prueba de extinción de descargas parciales		Prueba de Impulso NBA (kV)	Prueba de C.D. 15 minutos (kV)
					Tensión de extinción (kV)	Sensitividad p.c		
15	14.4	8.3	200	34	11	3.0	95	53
25	26.3	15.2	200	40	19	3.0	125	78
35	36.6	21.1	200	50	26	3.0	150	103

IEEE Std. 592-1977/386-1985

#### 4.3.2. Terminal tipo codo occ y osc para 200 Amps.

Estas terminales son utilizadas para hacer la interconexión de los cables al equipo, las cuales serán ensambladas a sus correspondientes conectores tipo inserto.

En la fig. 4.4 y 4.5 se ilustran los detalles constructivos de las terminales tipo codo.

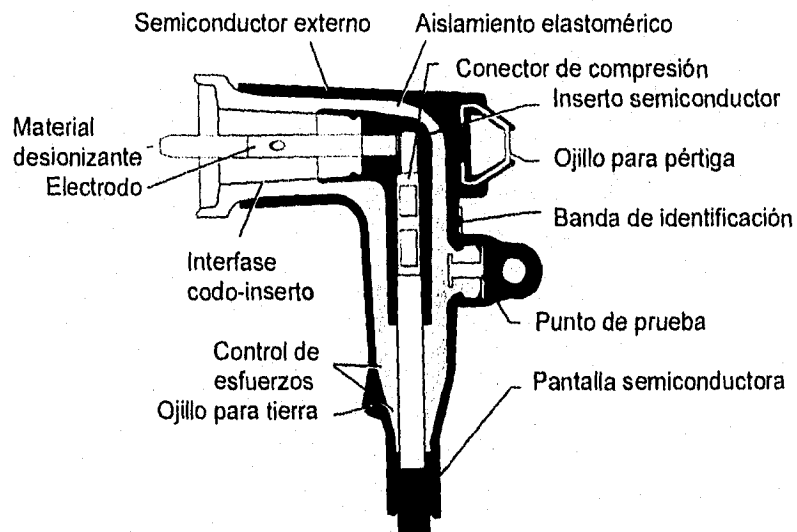


Fig. 4.4 Codo occ 200 Amps

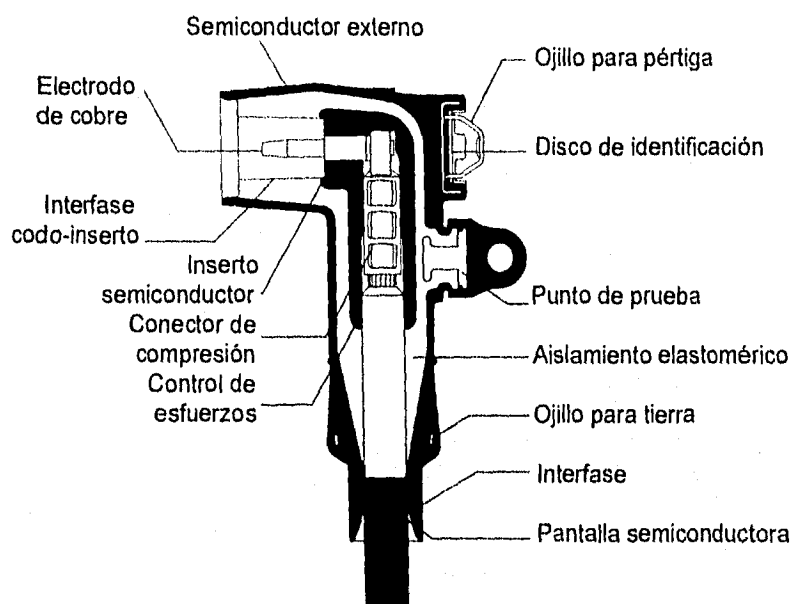


Fig. 4.5 Codo osc 200 Amps

En las tablas 4.2 y 4.3 se muestran los valores de prueba y las variables "W" y "X" que deberán sustituirse, de acuerdo al diámetro sobre aislamiento del cable y calibre del conductor.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



TABLA 4.2

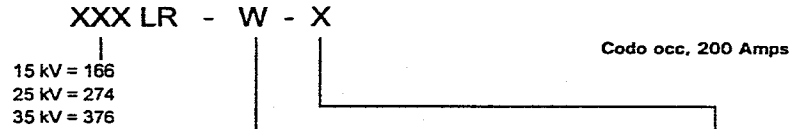
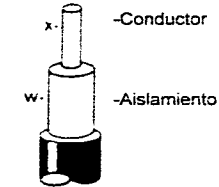


TABLA W  
RANGO DE AISLAMIENTOS

Símbolo de W	Diámetro de Aislamiento Pulgadas		Diámetro de Aislamiento mm	
	Min.	Max.	Min.	Max.
F	.640	.820	16.3	20.8
G	.760	.950	19.3	24.1
H	.850	1.050	21.6	26.7
J	.980	1.180	24.9	30.0
K	1.090	1.310	27.7	33.3
L	1.235	1.460	31.4	37.2

TABLA X  
CALIBRE DEL CONDUCTOR

Calibre del Conductor en AWG o MCM	Símbolo de X Conductor de Aluminio o Cobre		
	Normal	Comprimido	Compacto
3	210	210	200
2	220	220	210
1	230	230	220
1/0	240	240	230
2/0	250	250	240
3/0	260	260	250
4/0	270	270	260
250	-	-	270



Clase de Aislamiento (kV)	Voltaje entre fases (kV)	Voltaje fase a tierra (kV)	Corriente nominal (amps, rms)	Pueba de C.A. 60 Hz 1 minuto (kV)	Prueba de extinción de descargas parciales		Prueba de Impulso NBA (kV)	Prueba de C.D. 15 minutos (kV)
					Tensión de extinción (kV)	Sensitividad p.c		
15	14.4	8.3	200	34	11	3.0	95	53
25	26.3	15.2	200	40	19	3.0	125	78
35	36.6	21.1	200	50	26	3.0	150	103

IEEE Std. 592-1977/386-1985

156 LR - W - X  
 15 kV o 25 kV

TABLA 4.3

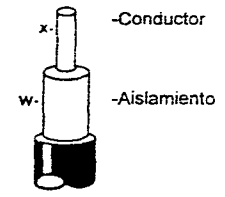
Codo osc, 200 Amps

TABLA W  
 RANGO DE AISLAMIENTOS

Símbolo de W	Diámetro de Aislamiento Pulgadas		Diámetro de Aislamiento mm	
	Min.	Max.	Min.	Max.
F	.640	.820	16.3	20.8
G	.760	.950	19.3	24.1
H	.850	1.050	21.6	26.7
J	.980	1.180	24.9	30.0
K	1.090	1.310	27.7	33.3

TABLA X  
 CALIBRE DEL CONDUCTOR

Calibre del Conductor en AWG o MCM	Símbolo de X Conductor de Aluminio o Cobre		
	Normal	Comprimido	Compacto
3	210	210	200
2	220	220	210
1	230	230	220
1/0	240	240	230
2/0	250	250	240
3/0	260	260	250
4/0	270	270	260
250	-	-	270



Clase de Aislamiento (kV)	Voltaje entre fases (kV)	Voltaje fase a tierra (kV)	Corriente nominal (amps, rms)	Prueba de C.A. 60 Hz 1 minuto (kV)	Prueba de extinción de descargas parciales		Prueba de Impulso NBA (kV)	Prueba de C.D. 15 minutos (kV)
					Tensión de extinción (kV)	Sensibilidad p.c		
15 y 25	26.3	15.2	200	40	19	3.0	125	78

IEEE Std. 592-1977/386-1985

Ejemplo:

Seleccionar una terminal tipo codo occ (tabla 4.2), para un aislamiento de XLP, 25kV entre fase, calibre 1/0 AWG, conductor de aluminio compacto, con un diámetro sobre aislamiento de 23.2 mm.

274LR-H-230

Dentro de la gama de las terminales tipo codo occ, se encuentra el codo con fusible integrado, el cual tiene como aplicación principal el ser instalado en las troncales de la compañía suministradora, obteniéndose con esto una protección adicional en la red.

Actualmente el codo con fusible, solo se fabrica para sistemas con aislamiento clase 15kV, en calibres desde 2 AWG hasta 3/0 AWG y fusibles de 5 a 30 Amps, (Fig. 4.6).

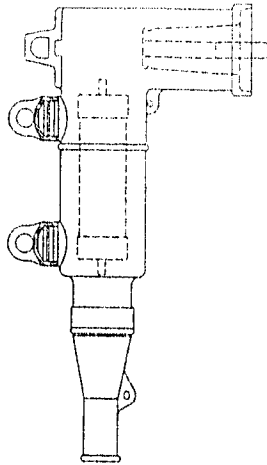
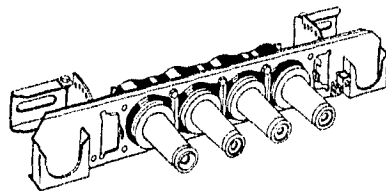


Fig. 4.6 Codo con fusible integrado

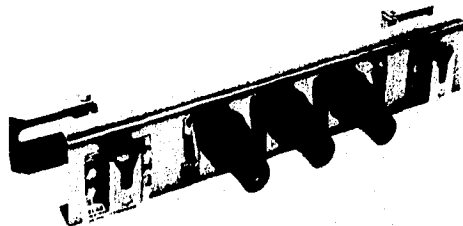
#### 4.3.3. Cajas derivadoras occ y osc para 200 Amps.

Estos accesorios tienen como función principal la de servir de enlace para la interconexión de dos o más cables.

Una de las ventajas que presenta este tipo de accesorios, es el poder tener puntos de interconexión para futuras derivaciones, (Fig. 4.7).



Caja derivadora osc  
para 200 Amps



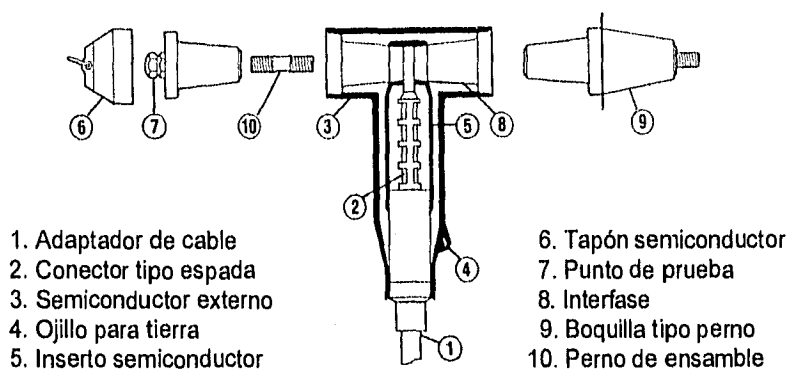
Caja derivadora osc  
para 200 Amps

Fig. 4.7

#### 4.3.4. Empalmes separables osc para 600 Amps.

Los empalmes separables para 600 Amps, son utilizados en la interconexión de los cables al equipo (boquilla tipo perno) y entre otros cables.

En la fig. 4.8 se ilustran los componentes básicos de un empalme separable, (cuerpo en "T") osc para 600 Amps.



Cuerpo en "T" osc para 600 Amps  
 Fig. 4.8

En la tabla 4.4 se indican las variables "W" y "X" que deberán sustituirse de acuerdo al diámetro, sobre aislamiento del cable y calibre del conductor.

Ejemplo:

Seleccionar un empalme separable (cuerpo en "T") osc (tabla 4.4), para un aislamiento de XLP, 15kV entre fases, calibre 500 MCM, conductor de aluminio compacto, con un diámetro sobre aislamiento de 29.3 mm.

655LR-K-0320

TABLA 4.4

Cuerpo en "T" osc, 600 Amps

XXX LR - W - X

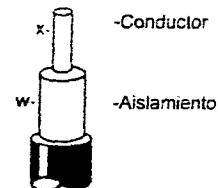
15 kV = 655  
25 kV = K655  
35 kV = 755

TABLA W  
RANGO DE AISLAMIENTOS

Símbolo de W	Diámetro de Aislamiento Pulgadas		Diámetro de Aislamiento mm	
	Min.	Max.	Min.	Max.
F	.640	.820	16.3	20.8
G	.760	.950	19.3	24.1
H	.850	1.050	21.6	26.7
J	.980	1.180	24.9	30.0
K	1.090	1.310	27.7	33.3
L	1.180	1.465	30.0	37.2
LM	1.280	1.430	32.5	36.3
M	1.370	1.630	34.8	41.4
N	1.515	1.780	38.5	45.2
P	1.725	1.935	43.8	49.1

TABLA X  
CALIBRE DEL CONDUCTOR

Símbolo de X	Calibre del Conductor en AWG o MCM Aluminio o Cobre		
	Normal	Comprimido	Compacto
3700240	1/0	1/0	2/0
3700250	2/0	2/0	3/0
3700260	3/0	3/0	4/0
3700270	4/0	4/0	250
3700280	250	250	300
3700290	300	300	350
3700300	350	350	400
3700310	400	400	450
3700320	450	450	500-550
3700330	500	500	600
3700340	550	550	650
3700350	600	600	700
3700360	650	650	750-800
3700370	700	700	—
3700380	750	750	—
3700390	800	800	900
3700400	900	900	1000
3700410	1000	1000	—



Sin duda, una de las características más importantes de los empalmes separables es el poder realizar cualquier tipo de configuración, dependiendo únicamente de las necesidades que se tengan, inclusive se pueden tener arreglos entre los componentes de 600 Amps y 200 Amps. En la fig. 4.9 se muestran algunos ejemplos de estas configuraciones.

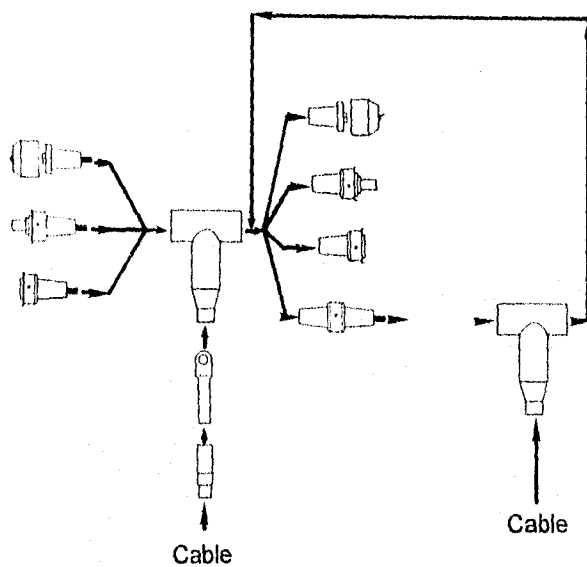


Fig. 4.9



#### 4.3.5. Adaptador para pantalla de cable.

Las funciones del adaptador para pantalla de cable son: la de proporcionar un sello a la cubierta exterior del cable y la conexión del sistema a tierra.

Estos adaptadores pueden ser utilizados en sistemas de 600 Amps y 200 Amps, o.c.c y osc. En la fig. 4.10 se muestran los diferentes tipos de adaptadores.

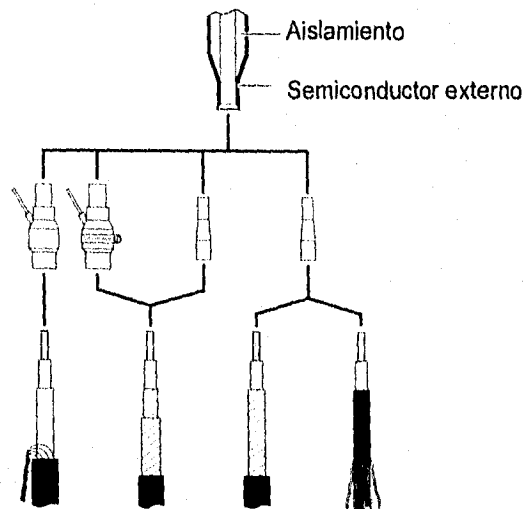


Fig. 4.10

Nota: Al seleccionar la variable "W" en los conectores separables, se puede presentar el caso de que, el diámetro sobre aislamiento del cable coincida entre dos rangos de la variable, para estos casos se podrá seleccionar cualquiera de los rangos en cuestión o aquel cuyo valor medio se aproxime al diámetro sobre aislamiento del cable.

En la tabla 4.5 se muestra una guía de selección para los conectores separables de 200 Amps y 600 Amps.

TABLA 4.5  
TABLA DE SELECCION DE CONECTORES SEPARABLES  
2 0 0 A M P S

CALIBRE AWG MCM	AREA mm <sup>2</sup>	DIAMETRO DEL CONDUCTOR		SIMBOLO DEL DEL COND	SIMBOLO DEL AISLAMIENTO 200 A 15kV	DIAMETRO SOBRE AISLAMIENTO 15kV		SIMBOLO DEL AISLAMIENTO 200 A 25kV	DIAMETRO SOBRE AISLAMIENTO 25kV		SIMBOLO DEL AISLAMIENTO 200 A 35kV	DIAMETRO SOBRE AISLAMIENTO 35kV	
		mm	Pulg			mm	Pulg		mm	Pulg		mm	Pulg
2	33,60	6,8	0,268	220 / 230	FAB, FB ( A )	17,1	0,673	---	---	---	---	---	---
1/0	53,49	8,5	0,335	230 / 240	FB, FG ( B )	18,8	0,740	GAB, GB ( H )	23,2	0,913	J	27,6	1,087
2/0	67,40	9,6	0,378	240 / 250	FG, GA ( B )	19,9	0,783	GB, GH ( H )	24,3	0,957	J	28,7	1,130
3/0	85,01	10,7	0,421	250 / 260	FG, GAB ( B )	21,0	0,827	GB, HA ( H )	25,4	1,000	J, K	29,8	1,173
4/0	107,21	12,1	0,476	260 / 270	GAB, GB ( B )	22,4	0,882	HA, HAB ( J )	27,1	1,067	K	31,6	1,244
250	126,70	13,2	0,520	270	GB ( C )	23,8	0,937	HAB, HB ( K )	28,4	1,118	L	33,0	1,299
350	177,30	15,7	0,618	290	---	26,3	1,035	---	30,9	1,217	---	35,5	1,398
500	253,40	18,7	0,736	320	---	29,3	1,154	---	33,9	1,335	---	38,5	1,516
600	304,00	20,7	0,815	330	---	31,5	1,240	---	36,2	1,425	---	40,7	1,602
750	380,00	23,1	0,909	360	---	33,9	1,335	---	38,6	1,520	---	43,1	1,697
900	456,00	25,4	1,000	390	---	38,6	1,520	---	40,9	1,610	---	45,4	1,787
1000	506,70	26,9	1,059	400	---	39,7	1,563	---	42,4	1,669	---	46,9	1,846

( ) NUEVA SIMBOLOGIA

6 0 0 A M P S

CALIBRE AWG MCM	AREA mm <sup>2</sup>	DIAMETRO DEL CONDUCTOR		SIMBOLO DEL DEL COND	SIMBOLO DEL AISLAMIENTO 600 A 15kV	DIAMETRO SOBRE AISLAMIENTO 15kV		SIMBOLO DEL AISLAMIENTO 600 A 25kV	DIAMETRO SOBRE AISLAMIENTO 25kV		SIMBOLO DEL AISLAMIENTO 600 A 35kV	DIAMETRO SOBRE AISLAMIENTO 35kV	
		mm	Pulg			mm	Pulg		mm	Pulg		mm	Pulg
2	33,60	6,8	0,268	---	---	17,1	0,673	---	---	---	---	---	---
1/0	53,49	8,5	0,335	240	( F )	18,8	0,740	GB ( G )	23,2	0,913	J	27,6	1,087
2/0	67,40	9,6	0,378	240	( F )	19,9	0,783	GB, GH ( G )	24,3	0,957	K	28,7	1,130
3/0	85,01	10,7	0,421	260	( G )	21,0	0,827	GH, HA ( H )	25,4	1,000	K	29,8	1,173
4/0	107,21	12,1	0,476	260	GB ( G )	22,4	0,882	HA, HAB ( J )	27,1	1,067	K	31,6	1,244
250	126,70	13,2	0,520	280	GB ( H )	23,8	0,937	HAB, HB ( K )	28,4	1,118	K	33,0	1,299
350	177,30	15,7	0,618	280	HA ( J )	26,3	1,035	HB, HJ ( K )	30,9	1,217	L	35,5	1,398
500	253,40	18,7	0,736	320	HAB, HB ( K )	29,3	1,154	JA, JAB ( L )	33,9	1,335	M	38,5	1,516
600	304,00	20,7	0,815	330	HJ, JA ( K )	31,5	1,240	JB ( L )	36,2	1,425	N	40,7	1,602
750	380,00	23,1	0,909	360	JA, JAB ( L )	33,9	1,335	KA ( M )	38,6	1,520	N	43,1	1,697
900	456,00	25,4	1,000	390	KA ( M )	38,6	1,520	KAB, KB ( N )	40,9	1,610	P	45,4	1,787
1000	506,70	26,9	1,059	400	KA, KAB ( M )	39,7	1,563	KB ( N )	42,4	1,669	P	46,9	1,846

( ) NUEVA SIMBOLOGIA

NOTA: ESTOS DATOS SON APROXIMADOS Y ESTAN SUJETOS A TOLERANCIAS DE MANUFACTURA.

**EJEMPLO DE  
SELECCION PRACTICA**

Se requiere conectar un transformador trifásico, tipo pedestal, operación anillo, de 225 kVA a 13,200YT / 7,620 Volts, boquillas de A.T. tipo pozo (200 Amps), a un cable clase 15kV con aislamiento de XLP, calibre 3/0 AWG, conductor de aluminio y un diámetro sobre aislamiento de 21.0 mm. El punto de transición más cercano se encuentra a 800 mts. con un registro intermedio a 430 mts. Se pretende seleccionar los accesorios necesarios para su correcta operación.

- En el punto de transición se requerirá de terminales para uso exterior con lo cual se logrará la conexión de una línea aérea a una línea subterránea, en este caso se seleccionará en función del diámetro sobre aislamiento, calibre del conductor y tensión de operación, una terminal exterior a base de material elastomérico EPDM (Capítulo II, tabla 2.4):

- 35MTG-GA-20-4-4

- Por norma la longitud de los tramos para este tipo de cable es de 500 mts. como máximo, lo que nos obliga a empalmar en el registro intermedio, se seleccionará para este caso un empalme premoldeado para clase 15kV , estilo 1 (Capítulo III, tabla 3.1):

15PCJ1-G-1-25

- Debido a que este transformador cuenta con boquillas tipo pozo en el lado de A.T. se tiene la opción de conectarlo operación con carga o sin carga. En la práctica lo usual es usar equipos de operación con carga seleccionando el conector tipo inserto y la terminal tipo codo siguientes (Capitulo IV, tablas 4.1 y 4.2):

- 1601A4

- 166LR-G-250

## **CONCLUSIONES**

La introducción de los aislamientos sólidos en la manufactura de cables de energía ha traído consigo el desarrollo de mejores tecnologías en el ramo de los accesorios.

En general toda instalación eléctrica subterránea requerirá de una serie de elementos de conexión, por lo cual se recomienda considerar los siguientes parámetros para su selección:

- Sistema monofásico o trifásico.
- Tensión de operación.
- Diámetro sobre aislamiento de cable.
- Calibre y material del conductor.
- Características de operación (con carga o sin carga).
- Tipo de instalación (interior o exterior).

Una de las ventajas de la tecnología de los premoldeados es la facilidad y rapidez en su instalación.

Cabe mencionar que estos accesorios son probados en fábrica de acuerdo a normas Internacionales, por lo que se minimiza las posibilidades de falla por fabricación o materiales defectuosos.



Uno de los aspectos más importantes de los conectores separables es su intercambiabilidad, lo que permitirá tener arreglos entre los componentes de 600 Amps y 200 Amps.

En el trabajo se muestra un panorama general de lo relativo a la tecnología utilizada en el diseño, la calidad de los materiales empleados en la manufactura y generalidades sobre selección e instalación de los diferentes accesorios premoldeados, lo cual permitirá al usuario utilizar o especificar aquellos elementos que le garanticen una operación confiable del sistema.

Actualmente existe una gran variedad de accesorios, lo que permite tener el accesorio adecuado para cada tipo de instalación, en este trabajo se muestran los más utilizados por las compañías suministradoras en México.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Weedy, B. M

Lineas de Transmisi3n Subterraneas.

Editorial Limusa.

M3xico.

1983.

- Selection of Cable Insulation Level.

IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems.

- Underground Systems Reference Book.

Edison Electric Institute, 1957.

- Terminals and Joints for Insulated Power Cables Electrical Design

Considerations Engineering.

Anaconda Wire and Cable Co.

- Exposed Semiconducting Shields on Premolded High Voltage Cable Joint  
and Separable Insulated Connectors, IEEE Std. 592-1977

- Terminales para cables aislados en Sistemas de Potencia de 2.5 a 400kV.

NOM-J-199-1977.

IEEE Std. 48-1975.

IEEE Std. 48-1990.

- Empalmes para cables aislados en Sistemas de Potencia de 2.5 a 400kV.

NOM-J-158-1978.

IEEE Std. 404-1990.

- Separable Connectors Standard Interface.

ANSI/IEEE Std. 386-1985.

- Eagle Industries, Inc.

Elastimold 1994.