



CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

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.

En este boletín se contemplan diferentes aspectos de los cables para Media Tensión, tales como: los elementos que conforman el producto, el proceso de reticulación o vulcanización, los tipos de cables y su clasificación, las pruebas que se realizan tanto en proceso como al producto terminado. Parámetros, accesorios y pruebas de instalación, diseños de cables especiales para Media Tensión. Normatividad y certificaciones de los cables para Media Tensión **CENTELSA** y los proyectos en los que nuestros cables están presentes.

CONTENIDO

Introducción	<u>2-3</u>
Elementos que Conforman un Cable para Media o Alta Tensión	<u>4-11</u>
Proceso de Vulcanización o Curado en Seco en CENTELSA	<u>12-13</u>
Diseño de Cables para Media Tensión	<u>14-15</u>
Pruebas en Fábrica de Cables para Media Tensión	<u>16-18</u>
Instalación de Cables para Media Tensión	<u>19-25</u>
Pruebas de Cables para Media Tensión en Instalación	<u>26-28</u>
Productos Especiales	<u>29-31</u>
Normas de Fabricación y Certificaciones de Producto	<u>32</u>
CENTELSA Presente en Grandes Proyectos	<u>33</u>

INTRODUCCIÓN

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.

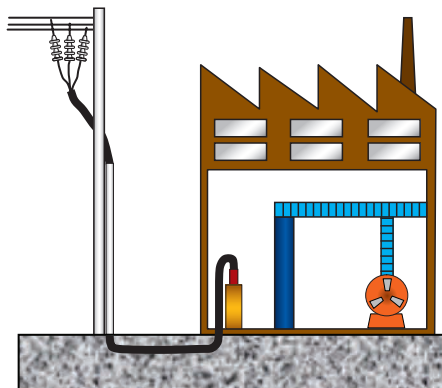
El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) clasifica los niveles de tensión de la siguiente manera:

Extra Alta Tensión:	230 kV < EAT
Alta Tensión:	57,5 kV ≤ AT ≤ 230 kV
Media Tensión:	1000 V < MT < 57,5 kV
Baja Tensión:	25 V ≤ BT ≤ 1000 V
Muy Baja Tensión:	MBT ≤ 25 V

Los cables para Media Tensión **CENTElsa** (5 kV a 46 kV) son utilizados cuando se requiere llevar grandes cantidades de energía eléctrica a niveles de media tensión donde la utilización de las líneas aéreas no es factible ya sea por condiciones técnicas, de seguridad o ambientales. Este tipo de conductores se emplean en redes de distribución de energía, puentes para cruces viales, centros urbanos, acometida para centros comerciales e industrias, entre otras.

La instalación de los cables para Media Tensión, puede hacerse a través de canalizaciones, en bandejas portacables o directamente enterrados de acuerdo con los requerimientos de la sección 326 de la NTC 2050.

DISTRIBUCIÓN AÉREA CON ENTRADA SUBTERRÁNEA



DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA

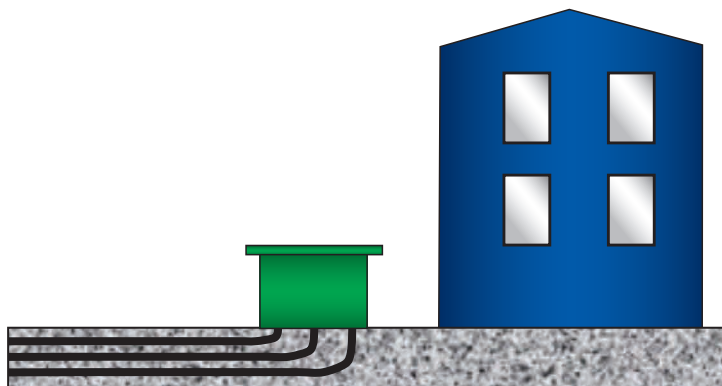


Figura 1. Aplicaciones de los Cables para Media Tensión

En la figura 2a y 2b podemos apreciar algunas de las presentaciones de los cables monopolares (un solo conductor) para Media Tensión **CENNELSA** y en las figuras 3a y 3b los cables para Media Tensión triplex y tripolares **CENNELSA**; que consiste en la reunión de tres cables monopolares.

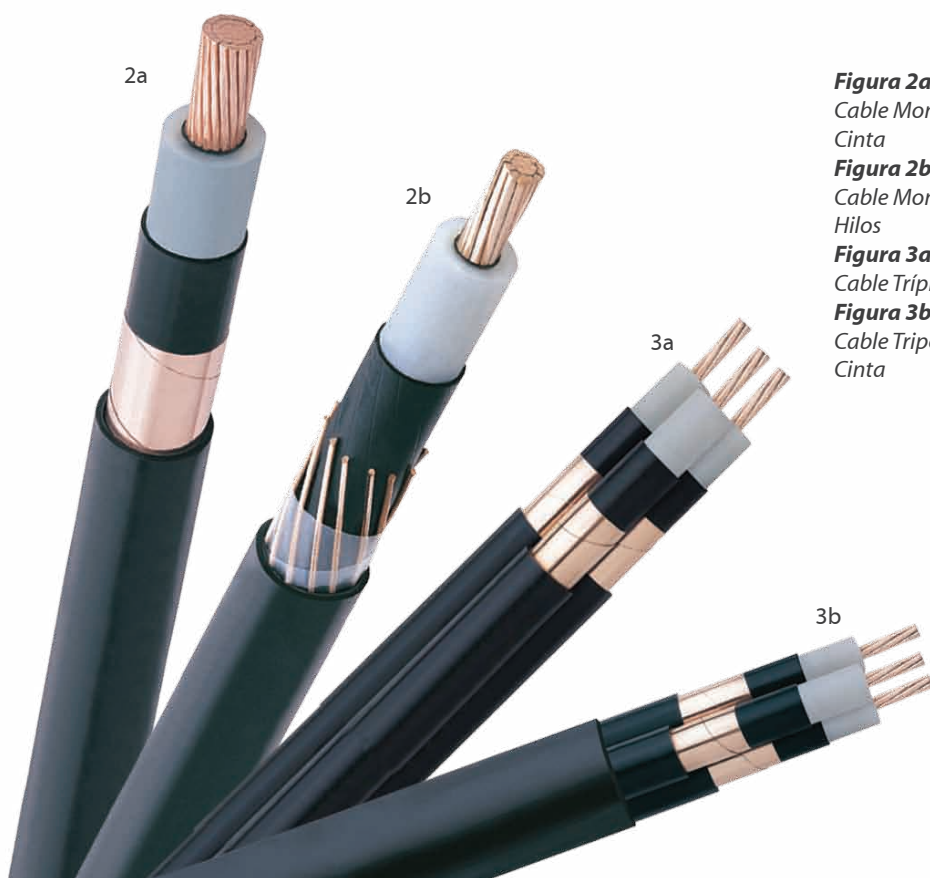


Figura 2a

Cable Monopolar para Media Tensión Pantalla en Cinta

Figura 2b

Cable Monopolar para Media Tensión Pantalla en Hilos

Figura 3a

Cable Triplex para Media Tensión Pantalla en Cinta

Figura 3b

Cable Tripolar para Media Tensión Pantalla en Cinta

ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN CABLE PARA MEDIA O ALTA TENSION

CONDUCTOR

La función de todo conductor en un cable para Media o Alta Tensión o en un conjunto de cables, es la de transportar energía eléctrica. Los materiales usualmente utilizados son el cobre y bajo condiciones especiales de instalación se emplea el aluminio. La tabla1 muestra algunas de las características más importantes del cobre y del aluminio que se emplean en los cables para Media 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

Tabla1. Características del Cobre y del Aluminio

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 Tensión, pues presenta unas propiedades adecuadas para estas aplicaciones. La figura 4 muestra la sección transversal de un conductor calibre 2 AWG conformado por 7 hilos (cableado clase B).

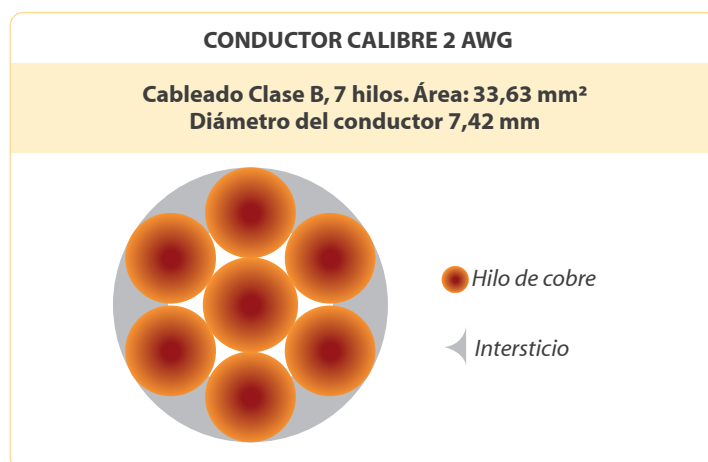
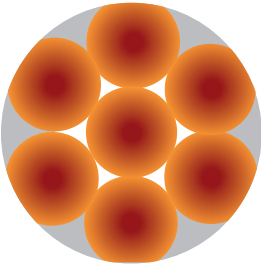
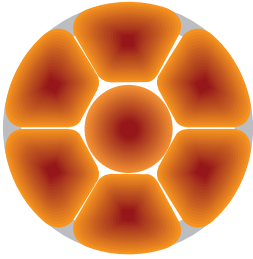


Figura 4. Conductor de Siete Hilos Cableado Clase B

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 en un 97% y un 93% respectivamente, como se muestra en la figuras 5a y 5b.

CONDUCTOR CALIBRE 2 AWG	
Cableado Clase B, 7 hilos Comprimido Área: 33,63 mm ² Diámetro 7,20 mm	Cableado Clase B, 7 hilos Compacto Área: 33,63 mm ² Diámetro 6,81 mm
	
<i>Figura 5a Conductor Comprimido</i>	<i>Figura 5b Conductor Compactado</i>

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.

ELEMENTOS DE LA TRIPLE EXTRUSIÓN

En un cable para Media Tensión el aislamiento juega un papel importante en lo que compete al desempeño del mismo, su funcionalidad y vida útil está sujeta en gran parte a las características del aislamiento. Con el desarrollo de materiales de aislamiento de mayor resistencia a la temperatura (materiales termoestables¹), se pudo incrementar la capacidad de transporte de energía que se alcanzaba con materiales termoplásticos.

El proceso de aplicación del material de aislamiento sobre un conductor se conoce como proceso de extrusión. En los cables para Media Tensión **CENTELSA**, tanto el aislamiento como el blindaje del conductor y blindaje del aislamiento 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.

BLINDAJE DEL CONDUCTOR

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.

¹Material termoplástico es aquel que se dilata o se contrae con el aumento y disminución de la temperatura, respectivamente, mientras que un material termoestable no presenta esta característica o la presenta de forma muy reducida

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, lo cual no es un efecto deseable en el aislamiento, pues disminuiría la capacidad del mismo. La figura 6 muestra la distribución del campo eléctrico para un cable recubierto con el blindaje semiconductor.

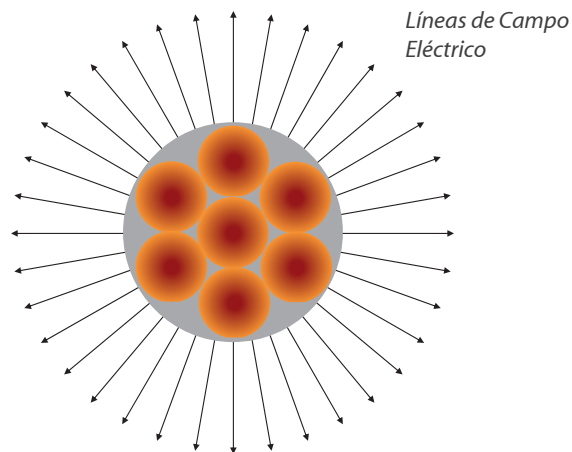


Figura 6. Distribución del Campo Eléctrico para un Cable Recubierto con Blindaje Semiconductor

AISLAMIENTO

En las líneas para Media 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 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.

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.

El Polietileno de cadena cruzada o XLPE (Cross-Linked Polyethylene) es el tipo de material de aislamiento mas usado en los cables para Media

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. La tabla 2 muestra las características más importantes de ambos materiales.

CENTElsa ofrece 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 fenómeno de las arborescencias consiste en la formación de caminos al interior del aislamiento, por los cuales aparece circulación de cargas desde el conductor hacia el apantallamiento; este fenómeno se da comúnmente por presencia de humedad y ante altos campos eléctricos que hacen que el polímero se comience a degradar. El aislamiento XLPE-TR es muy utilizado en sitios de instalación en donde los cables están trabajando la mayor parte del tiempo en condiciones de saturación de agua o prácticamente sumergidos.

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 períodos continuos en sobre carga no excedan dos horas.

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

Tabla 2. Características de los Materiales de Aislamiento de Cables para Media Tensión

A continuación se detallan cada una de estas características:

• 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.

BLINDAJE DEL AISLAMIENTO

Este blindaje es una capa de material que recubre al aislamiento, y está hecha de Polietileno semiconductor. 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 semiconductor que recubre al conductor. Esta capa de material también es conocida comúnmente como Segunda Capa Semiconductora. 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.

APANTALLAMIENTO

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 EN 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).

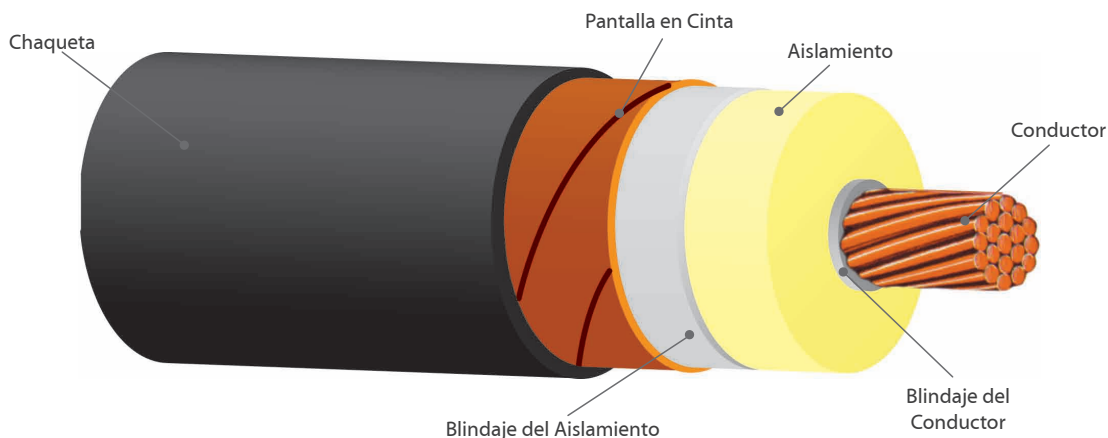


Figura 7. Cable para Media Tensión con Apantallamiento en Cinta de Cobre

PANTALLA EN HILOS DE COBRE

La pantalla en 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 - 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.

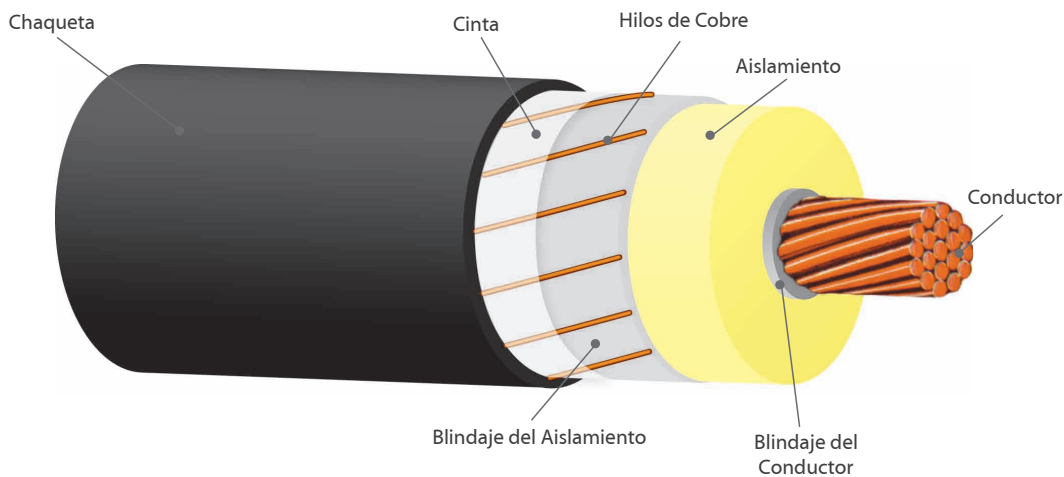


Figura 8. Cable para Media Tensión con Apantallamiento en Neutro Concéntrico

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.

CHAQUETA

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.

COMPORTAMIENTO FRENTE A LA 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 3 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 3. Características de los Materiales para Chaqueta

BLOQUEO CONTRA LA HUMEDAD

Los componentes antihumedad son elementos adicionales con los que se construyen los cables y su objetivo es evitar la penetración de humedad al interior del cable. Las barreras de protección pueden ser contra la migración longitudinal o radial de la humedad.

La barrera o relleno contra la migración de humedad longitudinal del conductor consiste en un compuesto que se aplica en los intersticios internos del conductor para impedir el paso de humedad.

La barrera contra la migración radial de humedad en la pantalla, consiste en cintas con impregnación de elementos expandibles al contacto con la humedad, aplicadas de forma helicoidal ya sea sobre el blindaje del aislamiento, sobre el apantallamiento o sobre ambos.

También existe una barrera contra la penetración radial de humedad al cable, que consiste en la aplicación de una cinta de aluminio con recubrimiento de polímero en las dos caras de forma longitudinal sobre la pantalla y la aplicación de una chaqueta de polietileno que refuerza el bloqueo contra la penetración de la humedad en forma radial.

Estas formas de bloqueo contra la penetración y/o migración de agua han sido utilizadas con éxito en sitios de instalación con niveles freáticos muy altos, en donde se espera que el cable trabaje la mayor parte del tiempo sumergido.

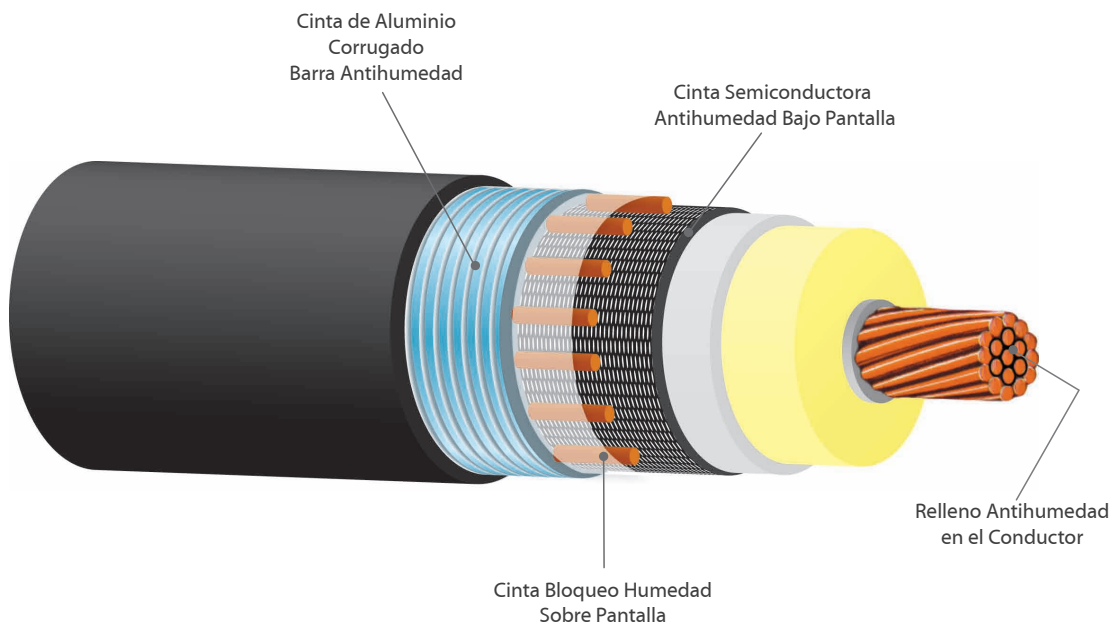


Figura 9. Cable para Media Tensión con Elementos contra la Penetración de Humedad

PROCESO DE VULCANIZACIÓN O CURADO EN SECO EN CENTELSA

Como se mencionó anteriormente, el Polietileno que usa **CENTELSA** en los cables para Media Tensión, es un material que al pasar por un proceso de curado o vulcanización se convierte en Polietileno de cadena cruzada o XLPE, esto mejora las características termomecánicas del compuesto. El proceso de vulcanización o reticulado ocurre en condiciones especiales de temperatura a las que es sometido el material inmediatamente es extruido. **CENTELSA** usa Nitrógeno como medio de transferencia de calor, permitiendo que el polietileno se reticule o vulcanice.

El proceso de reticulación de antigua tecnología utiliza el vapor de agua como medio para transferir el calor al Polietileno, previamente mezclado con peróxidos para luego obtener la reticulación a condiciones específicas de presión y temperatura. El proceso de reticulación de tecnología de punta, utiliza el Nitrógeno como medio para transferir el calor, mediante este elemento en forma gaseosa se controlan las condiciones de presión y temperatura y dado que no se usa vapor recibe el nombre de Curado en Seco. Los cables reticulados en seco son de calidad superior a los reticulados en vapor, ya que la presencia de humedad en el aislamiento puede inducir a la formación de arborescencias como se mencionó anteriormente.

Actualmente **CENTELSA** es la única empresa de cables en Colombia con este sistema implementado y en funcionamiento. Por más de seis años, ha fabricado cables para Media y Alta Tensión para la industria en general, empresas de energía, petroleras y mineras más importantes del país y del exterior, cumpliendo con los más altos estándares de calidad.

La implementación de un sistema de Curado en Seco requiere equipos e infraestructura de última tecnología, además de la capacitación del personal para su operación. La figura 10 muestra la disposición de los equipos e infraestructura mínima requerida para realizar el proceso de Curado en Seco. La línea principal por la cual el aislamiento extruido sobre el conductor es reticulado se conoce como la línea catenaria, este nombre se le da a la curva que describe un conductor tendido entre dos apoyos, de hecho ésto es lo que sucede en el proceso de extrusión y reticulado de una cable para Media Tensión; se tiende un conductor apoyado entre dos puntos distanciados poco más de 150 metros, uno de los apoyos sostiene al conductor desnudo antes de ser aislado y el otro sostiene al conductor con su aislamiento ya reticulado.

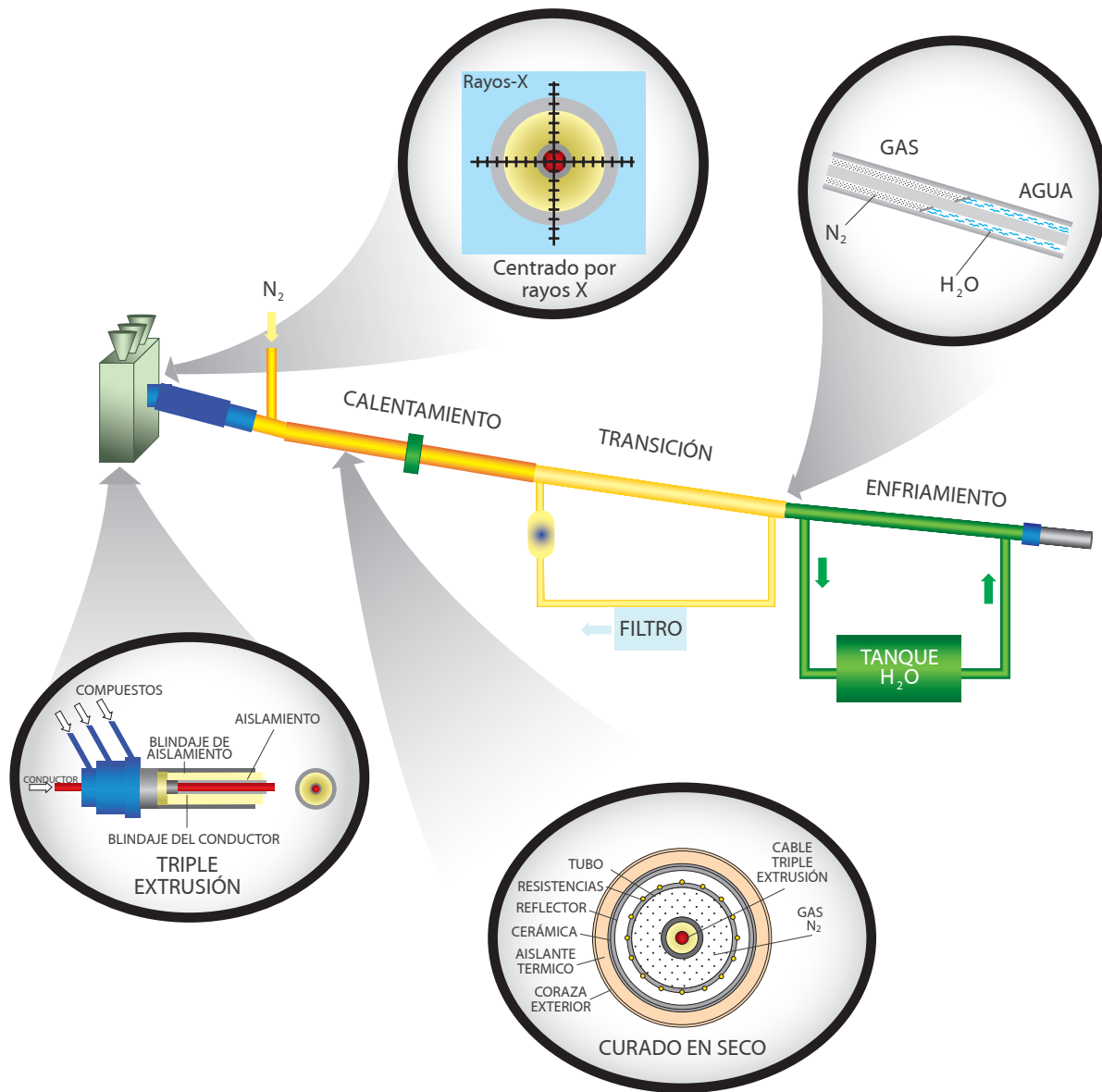


Figura 10. Línea de Extrusión para Curado en Seco de Cables para Media Tensión

DISEÑO DE CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

En el diseño de un cable para Media Tensión se deben tener en cuenta las siguientes características:

NÚMERO DE CONDUCTORES

Pueden ser monopolares, tripolares y triplex.

TENSIÓN DE DISEÑO

Las tensiones de diseño de los cables para Media Tensión normalmente usadas en Colombia son 5, 8, 15, 25 y 35 kV según el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050. Adicionalmente 46 kV de acuerdo con la NTC 2186. Actualmente **CENNELSA** está en la capacidad de fabricar cables aislados hasta 69 kV y muy pronto estará capacitada para hacer cables hasta 138 kV, de acuerdo con las normatividades establecidas por ICEA (Insulated Cable Engineering Association), IEC (International Electrotechnical Commission) y AEIC (Association of Edison Illuminating Companies).

NIVEL DE AISLAMIENTO

Los niveles de aislamiento pueden ser del 100%, 133% ó 173%, cada nivel se utiliza dependiendo de la protección asociada al circuito para el cual el cable está prestando el servicio.

Cuando el cable para Media Tensión está conectado a un circuito provisto de un relé de protección contra fallas a tierra que despeje el evento tan rápido como sea posible (pero que no supere un minuto de duración), se puede utilizar un cable para Media Tensión con nivel de aislamiento del 100%.

El nivel del 133% se utiliza para sistemas conocidos formalmente como sistemas no aterrizados, se utiliza cuando el tiempo para despeje de fallas no encaja para un aislamiento del 100% y el tiempo de despeje de la falla no excede una hora de duración.

El nivel de aislamiento del 173% es para los demás sistemas con condiciones de exigencias más críticas que el nivel de 133%.

Las normas ICEA establecen explícitamente los espesores de aislamiento para los niveles de 100% y 133% y dejan a discreción del fabricante los valores para el nivel de 173%.

Para una tensión de operación dada, el nivel de aislamiento se ve reflejado en el espesor nominal del aislamiento.

CALIBRE MÍNIMO PARA CADA TENSIÓN DE DISEÑO

Las normas ICEA establecen un calibre mínimo para cada tensión de diseño, con el fin de minimizar el máximo esfuerzo eléctrico en la parte del aislamiento más próxima al blindaje del conductor.

GRADIENTE MÁXIMO DE TENSIÓN

El gradiente máximo de tensión en operación es el esfuerzo al cual está sometido el aislamiento en la parte más próxima al blindaje del conductor.

La tabla 4 muestra los espesores de aislamiento de los cables para Media Tensión de acuerdo a la normas ICEA.

Tensión de Diseño [kV]	Calibre Mínimo [AWG ó Kcmil]	NIVEL DE AISLAMIENTO		
		100 %, Norma ICEA	133 %, Norma ICEA	173 %, Valores Usados por CENTELSA
		mm	mm	mm
5	8	2,29	2,92	4,45
8	6	2,92	3,56	5,59
15	2	4,45	5,59	8,13
25	1	6,60	8,13	11,3
35	1/0	8,76	10,70	16,51
46	4/0	11,30	14,73	19,60

Tabla 4. Espesores de Aislamiento para los Diferentes Voltajes y Niveles de Aislamiento

Asociado a los niveles de tensión que se manejan en los cables para Media Tensión se encuentra el campo eléctrico (que se extiende de manera radial desde el blindaje del conductor hasta el blindaje del aislamiento) que será de mayor o menor magnitud de acuerdo a este nivel de tensión. El campo eléctrico en un cable monopolar al interior del aislamiento puede calcularse como:

$$E = \frac{2 \cdot V}{d \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right)}$$

Donde:

E: Es el gradiente, esfuerzo o campo eléctrico en la periferia del blindaje del conductor. [kV/mm]

V: Es el voltaje respecto a tierra aplicado al conductor. [kV]

d: Es el diámetro sobre el blindaje del conductor. [mm]

D: Es el diámetro sobre el aislamiento.

Se puede observar que este esfuerzo o campo no depende del tipo de material del aislamiento y su magnitud varía en forma inversa con el diámetro sobre el blindaje del conductor. Es por esta razón, que existe un calibre mínimo en el conductor para cada nivel de tensión, ya que incluir calibres más delgados podría producir esfuerzos elevados que degraden el aislamiento y afecten la vida útil del conductor e incluso convertirlo en un eventual peligro.

Entre mayor es el nivel de tensión de operación de un cable para Media Tensión, mayor es el espesor de aislamiento; esto se hace con el fin de reducir el incremento en el esfuerzo o campo eléctrico por el incremento en el nivel de tensión.

TIPO DE AISLAMIENTO

Los cables para Media Tensión **CENTELSA** generalmente son aislados en Polietileno de cadena cruzada XLPE y en algunas oportunidades en Caucho de Etileno Propileno EPR, según los requerimientos del cliente o de la aplicación.

TIPO DE APANTALLAMIENTO

Como se mencionó anteriormente el apantallamiento puede ser de tres tipos:

- Pantalla electrostática en cinta de cobre con aplicación helicoidal.
- Pantalla electrostática en hilos de cobre aplicados helicoidalmente.
- Neutro Concéntrico (que a su vez actúa como pantalla electrostática) en hilos de cobre aplicados helicoidalmente.

PRUEBAS EN FÁBRICA DE CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

Al igual que todas las pruebas en los cables de energía, las pruebas que se hacen a los cables para Media Tensión someten el producto a diferentes condiciones en las cuales se puede verificar el comportamiento y la calidad del mismo. Las pruebas de los cables para Media Tensión son muy importantes y bastante rigurosas, ya que este tipo de cables está destinado para aplicaciones especiales donde se manejan elevados niveles de voltaje en espacios reducidos.

El laboratorio de **CENNELSA** ha sido evaluado bajo la norma ISO 17025 por entes certificadores como CIDET e ICONTEC los cuales se encuentran acreditados por la Superintendencia de Industria y Comercio SIC. Por otra parte y atendiendo los lineamientos del RETIE, **CENNELSA** acreditó su laboratorio de acuerdo con la norma ISO 17025, siendo así el primer laboratorio certificado de Colombia para cables. Y es en este laboratorio en el que se realizan las pruebas a los cables para Media Tensión.

A continuación se mencionan algunas de estas pruebas:

PRUEBAS DIMENSIONALES

Como su nombre lo indica, estas pruebas tienen como objetivo el cuantificar los espesores, diámetros y dimensiones de los diferentes componentes de los cables para Media Tensión. Las pruebas verifican que los materiales metálicos (conductor, blindajes, etc.) y los plásticos (aislamientos, cubiertas, etc.) estén dentro de los valores permitidos por las especificaciones de la norma correspondiente.

PRUEBAS MECÁNICAS

PRUEBAS FÍSICAS Y DE ENVEJECIMIENTO A LOS MATERIALES DE AISLAMIENTO Y CHAQUETA

Las pruebas físicas de envejecimiento tienen la finalidad de determinar el comportamiento de los materiales plásticos que componen el cable para Media Tensión después de un amplio período de trabajo. En estas pruebas son sometidos los materiales a condiciones de extrema temperatura, para examinar sus características de resistencia a esfuerzos y elongación en el material después de haber sufrido un envejecimiento acelerado. Tanto el aislamiento como la chaqueta se prueban para determinar este comportamiento.

PRUEBAS DE GRADO DE RETICULACIÓN

Pruebas de elongación y contracción a los materiales de aislamiento. En principio se aplica una tensión mecánica determinada a una muestra del material de aislamiento bajo un ambiente de temperatura elevado y posteriormente se mide la deformación del material. Con esta prueba se busca medir el grado de reticulación del material para garantizar su correcto funcionamiento.

PRUEBA DE PENETRACIÓN DE AGUA

Esta prueba se realiza a los cables que poseen bloqueo contra la migración longitudinal de la humedad. Se somete a un flujo de agua a determinada presión uno de los extremos de una muestra de cierta longitud de conductor aislado, el éxito de la prueba consiste en que el flujo de agua no llegue al otro extremo en un tiempo determinado.

PRUEBAS ELÉCTRICAS

RESISTENCIA ELÉCTRICA DEL CONDUCTOR

Esta prueba permite determinar que en conjunto la cantidad del metal conductor (cobre o aluminio) y la conductividad del mismo, resulten en una resistencia eléctrica del conductor especificada para cada calibre. La figura 11 muestra el equipo con el que se realiza esta prueba.

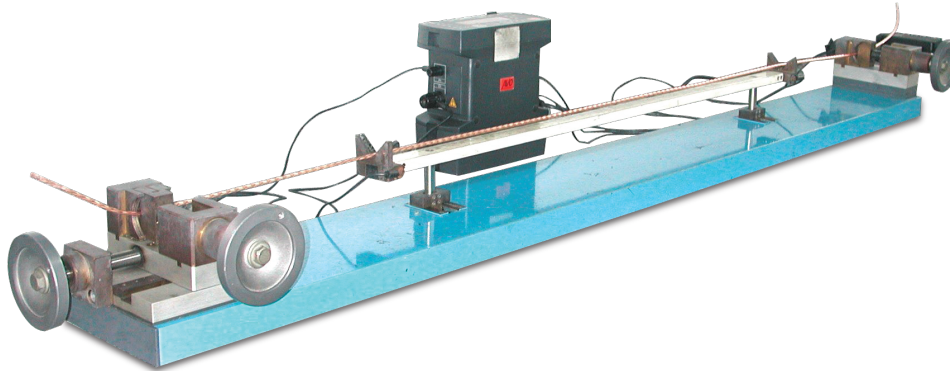


Figura 11. Puente de Wheatstone

• RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Con esta prueba se busca medir la capacidad del material de aislamiento para impedir la fuga de corriente desde el conductor hacia el exterior. Esta prueba se realiza mediante un equipo que aplica una tensión DC entre el conductor y el apantallamiento metálico. Mediante la relación entre la tensión y la corriente de fuga el equipo determina el valor de la resistencia de aislamiento, el cual debe ser superior al valor requerido por la norma.

• PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA

Esta prueba consiste en someter al conductor a una elevada tensión durante un tiempo determinado, que generalmente es de cinco minutos. El éxito de la prueba radica en que el material de aislamiento no debe presentar rotura (pérdida de la capacidad de aislamiento).

La tabla 5, muestra los voltajes AC para la prueba de tensión aplicada (rigidez dieléctrica) de los cables para Media Tensión, de acuerdo con la tensión de operación y con el nivel de aislamiento. Según las normas ICEA y NTC cada longitud de cable debe soportar la aplicación de esta tensión por un tiempo de 5 minutos.

Tensión de diseño [kV]	Voltaje de Prueba AC [kV]	
	Nivel de Aislamiento del 100%	Nivel de Aislamiento del 133%
5	18	23
8	23	28
15	35	44
25	52	64
35	69	84
46	89	116

Tabla 5. Voltaje para la Prueba de Rigidez Dieléctrica

PRUEBA DE DESCARGAS PARCIALES

Esta prueba permite juzgar la calidad del aislamiento en un cable para Media Tensión. Una descarga parcial es el resultado de un pequeño arco eléctrico que se produce en las porosidades al interior del aislamiento o en la superficie de contacto entre el aislamiento y los blindajes (del conductor o del aislamiento) habiendo sometido el cable a un nivel de tensión y duración determinado, esto se hace por medio de equipos de alta tecnología y especializados para tal fin.

TANGENTE DELTA

La prueba de Tangente Delta o Factor de Pérdidas permite juzgar la calidad del aislamiento en cuanto a la cantidad de corrientes de fuga que el aislamiento deje pasar hacia el exterior a través de la pantalla metálica.



Figura 12. Laboratorio para Pruebas Descargas Parciales, Tangente Delta y Rigidez Dieléctrica

INSTALACIÓN DE CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

La implementación de prácticas adecuadas de instalación sugeridas por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, Artículo 326, 310 entre otros permite un desempeño óptimo de las instalaciones de cables para Media Tensión. A continuación se muestran algunos de los aspectos más importantes que se deben tener presentes para una correcta instalación.

RADIOS DE CURVATURA

Es el máximo doblado que se le puede dar a un cable garantizando que las propiedades eléctricas y mecánicas de sus componentes no se alteren, es decir sin producir daños en el cable.



Figura 13. Radio de Curvatura

La norma ICEA S-93-639 en su apéndice I, indica que el radio de curvatura mínimo para los cables para Media Tensión (sin armaduras) en instalación no debe ser inferior a 12 veces el diámetro exterior del mismo.

TENSIÓN DE JALADO

Es importante tener presente que para el proceso de instalación de los cables para Media Tensión existe una fuerza máxima con la cual pueden ser jalados sin producir esfuerzos peligrosos en el conductor que lo pueden deformar (alargamiento y desprendimiento del conductor con el aislamiento, o desplazamiento de los elementos de la cubierta) y sin comprometer el desempeño del cable en la instalación.

Se puede jalar un cable para Media Tensión mediante un perno de tracción colocado en el conductor del cable; para ello es necesario tener presente que el esfuerzo máximo para el jalado que puede experimentar el conductor de cobre o de aluminio es de 7,0 y 5,3 kg /mm² respectivamente; por lo tanto la tensión o fuerza máxima de jalado se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_{MAX} = A \cdot \sigma$$

Donde:

A: Es el área transversal del conductor metálico del cable para Media Tensión.

σ : Es el esfuerzo máximo que puede soportar el material del conductor sin llegar a cambiar sus propiedades físicas. Para cobre y cobre estañado es de 7,0 kg/mm², y 5,3 kg/mm² para el aluminio.[mm]

También se puede jalar el cable para Media Tensión por medio de mallas de acero o ganchos de tiro que se aferran a la cubierta exterior del cable. **CENTELSA** recomienda que para estos casos la tensión máxima en kg no exceda en más de 0,7 la sección transversal del material de la cubierta en mm² y en ningún caso deberá ser superior a 450 kg.

Para el cálculo de la tensión máxima de jalado deben también considerarse aspectos como la longitud del ducto, el peso del cable, el ángulo de la curvatura, el radio de la curvatura y las tensiones a la entrada y a la salida de la curva.

PRESIÓN LATERAL

Es el esfuerzo transversal que experimenta el cable en una curva cuando éste está bajo tensión.

Es importante tenerlo presente ya que la presión lateral excesiva puede causar fisuras o aplastamientos en el cable, de modo que este parámetro es también restrictivo en el proceso de instalación.

La presión lateral en un conductor depende tanto del radio de curvatura del ducto como de la tensión a la cual está sometido el conductor. Como su nombre lo indica, la presión lateral es un esfuerzo de carácter transversal que experimenta el conductor debido a la componente normal de la tensión del mismo.

La figura 14 muestra el diagrama de los esfuerzos mencionados.

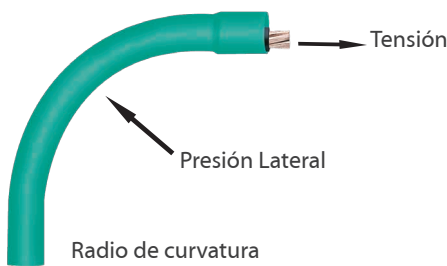


Figura14. Presión Lateral en un Conductor

La presión lateral es directamente proporcional a la tensión del conductor pero inversamente proporcional al radio de curvatura del ducto. La siguiente ecuación resume la forma de cálculo de la presión lateral:

La máxima presión lateral que **CENTELSA** recomienda para sus cables para Media Tensión es de 744 kg/m.

$$P_L = \frac{T}{R}$$

Donde:

P_L : Presión lateral en el conductor.

T : Tensión longitudinal a la que está sometido el conductor.

R : Radio de la curva

TERMINALES

El objetivo principal de los terminales para Media Tensión, es el de controlar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable al retirar el blindaje del aislamiento en las terminaciones del cable, para conectarlos con otros elementos de la red. Su funcionamiento está soportado por el control de esfuerzo que se puede lograr por medio materiales especiales y se complementa con distancias de fuga adecuadas y elementos que proporcionan hermeticidad en la terminación del cable. En nuestro medio se conocen estos terminales como premoldeados. Sin embargo, en las tecnologías más comerciales se distinguen claramente dos tipos de productos: los Preensanchados o Preexpandidos (contraíbles en frío) y los No Preensanchados (contraíbles por medio de calor). Dependiendo de su funcionalidad pueden clasificarse de acuerdo al estándar IEEE 48 como:

TERMINAL CLASE 1

Proporciona el control del esfuerzo eléctrico, garantiza una mínima distancia de fuga aislada entre el conductor-tierra y proporciona hermeticidad o protección contra la penetración de humedad.

TERMINAL CLASE 2

Proporciona dos aspectos que son el control del esfuerzo eléctrico y distancia de fuga aislada entre el conductor-tierra.

TERMINAL CLASE 3

Sólo proporciona el control del esfuerzo eléctrico y están hechos a base de pastas o barnices encintados termocontráctiles.

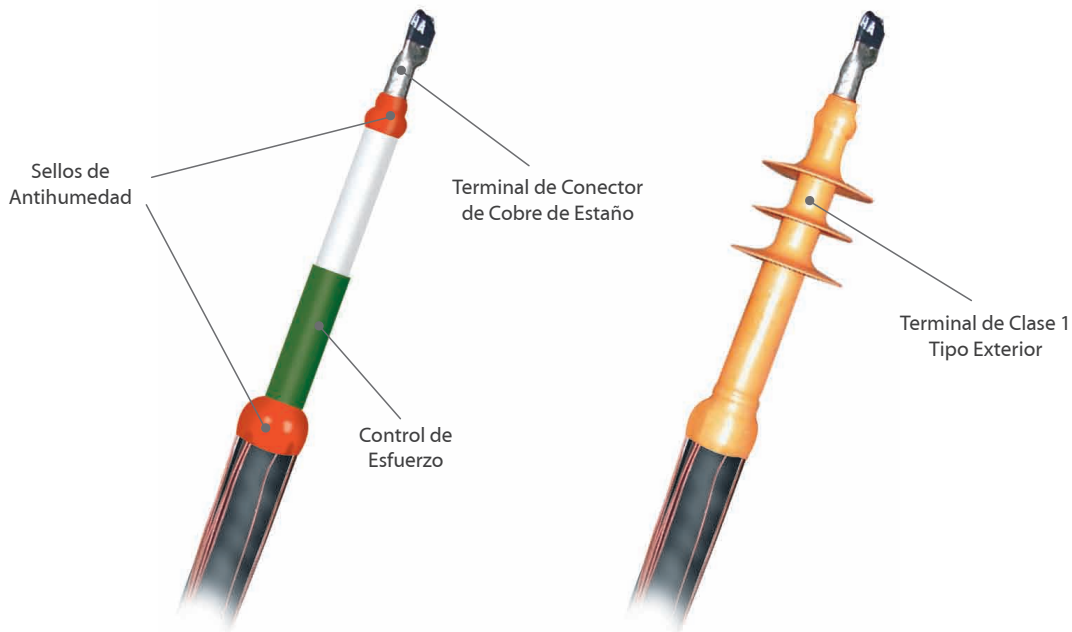


Figura 15. Elementos que Conforman un Terminal Clase 1

PROCESO PARA LA INSTALACIÓN DE UN TERMINAL

El proceso para la instalación de un terminal en el extremo de un cable para Media Tensión consiste en:

- Retirar una longitud determinada de la chaqueta del cable **CENTELSA**.
- Limpiar y fijar el bloqueo antihumedad en el nuevo extremo de la chaqueta.
- Rebatir el apantallamiento del cable o fijación de los elementos para la puesta a tierra del apantallamiento del cable.
- Retirar una longitud determinada de la segunda capa semiconductor.
- Retirar una longitud determinada del material de aislamiento.
- Colocar borna zincada en el extremo final del conductor metálico del cable.
- Limpiar el extremo del cable y fijación del elemento para control de esfuerzo.
- Colocar sellos antihumedad en el extremo del aislamiento y finalmente colocar el terminal en el extremo del cable **CENTELSA**.

La mayoría de los fabricantes y proveedores de terminales de cables para Media Tensión distribuyen sus productos en paquetes o kits.

CENTELSA recomienda que para la instalación de este tipo de elementos se debe respetar la distancia de fuga establecidas por los estándares internacionales, que comúnmente los fabricantes de terminales presentan en sus manuales de instalación; estos últimos también muestran un procedimiento adecuado para retirar la segunda capa semiconductor y la fijación de los bloqueos contra humedad en los extremos del cable.

EMPALMES EN CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

Se entiende por empalme de cables para Media Tensión, como el conjunto de conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituyen un cable de potencia aislado y protegido mecánicamente dentro de una misma carcasa. Los materiales empleados en la fabricación de los empalmes deben soportar satisfactoriamente los esfuerzos eléctricos debidos al cable. También, es importante que estos materiales sean compatibles con los materiales del cable para Media Tensión.

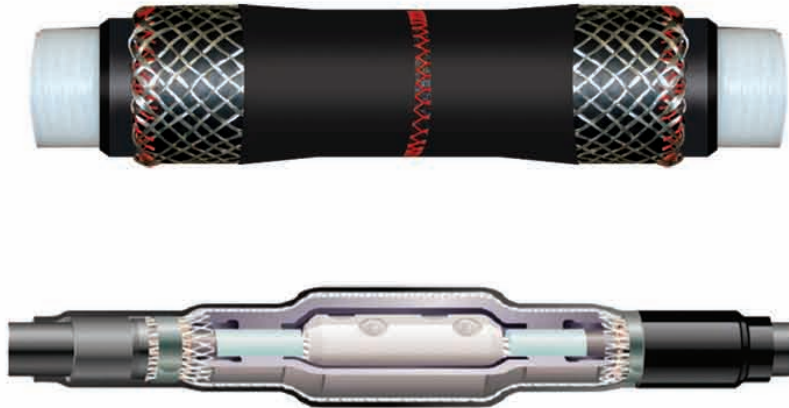


Figura 16. Empalme para Media Tensión

En el medio también existen otros elementos conocidos como los Conectores Aislados Separables (CAS), que se emplean para la conexión del cable para Media Tensión a otros equipos (transformadores Pad Mounted) u otros cables. Estos permiten una fácil conexión y desconexión de los cables creando una interfase operativa bastante versátil. Se utiliza ampliamente a nivel de distribución urbana donde se requieren disponer de derivaciones para nuevos usuarios y los espacios para hacerlos son bastante reducidos.

AGRUPACIÓN DE FASES Y CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

Las tablas de capacidad de corriente de la sección 310 del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050) y del RETIE, han sido elaboradas con base al método expuesto por J.H Neher y M.H Mc Grath para el cálculo del incremento de temperatura y capacidad de corriente para conductores de energía.

La capacidad de corriente de los cables para Media Tensión está supeditada a muchos factores, siendo los más representativos el tipo de cable, la disposición de la instalación, el número de conductores y las condiciones del medio. Las normas anteriormente citadas, muestran en las tablas 310-67 a 310-86 la capacidad de corriente de los cables para Media Tensión para diferentes escenarios de instalación y condiciones particulares del medio. A continuación se hace un resumen de la tabla 310-77 de la NTC 2050.

**Capacidad de Corriente en Conductos Eléctricos Subterráneos
(tres conductores por cada ducto eléctrico), temperatura de la tierra de 20°C
Factor de Carga 100%, Resistencia Térmica (ρ) de 90,
Temperatura del Conductor de 90°C. Tensiones de 8, 15, 25 y 35 kV**

Calibre AWG - Kcmil	Un Circuito. Figura 17, Detalle 1	Tres Circuitos. Figura 17, Detalle 1	Seis Circuitos. Figura 17, Detalle 1
6	90	77	64
4	115	99	82
2	155	130	105
1	175	145	120
1/0	200	165	135
2/0	230	185	150
3/0	260	210	170
4/0	295	240	190
250	325	260	210
350	390	310	245
500	465	370	290
750	565	440	350
1000	640	495	390

Resumen de la Tabla 310-77 de la NTC 2050

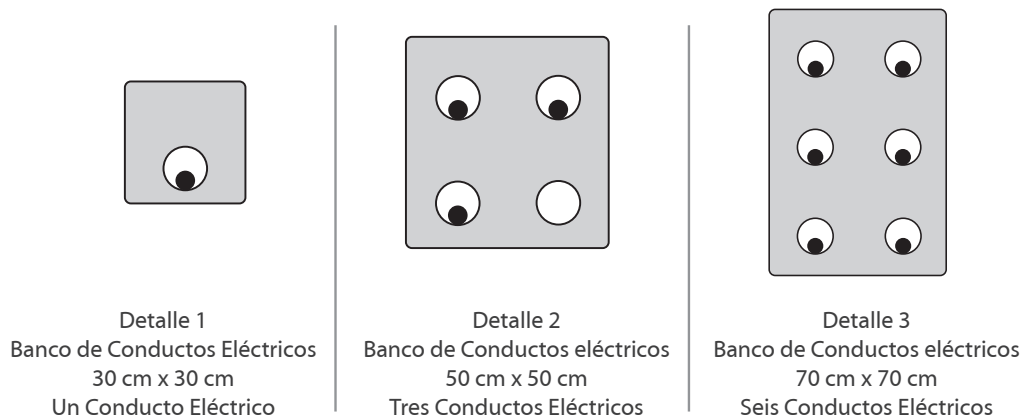


Figura17. Dimensiones de las Instalaciones para Cables de Media Tensión. Tomado de la Sección 310 de la NTC 2050

INSTALACIONES CON MAS DE UN CONDUCTOR POR FASE

Cuando la necesidad de transporte de corriente hace que sea requerido usar mas de un conductor por fase, es recomendable que el calibre de los conductores sea el mismo, ya sea que se requieran dos o más conductores por fase y que adicionalmente la instalación se haga por ternas; es decir, Fase A, Fase B y Fase C, deberían ir juntas, en lo posible trenzadas entre sí, y separadas de la siguiente terna, por lo menos a una distancia equivalente al diámetro de la terna. Lo anterior con el fin de evitar efectos adversos debidos a la inducción que se puede ocasionar en este tipo de instalaciones.

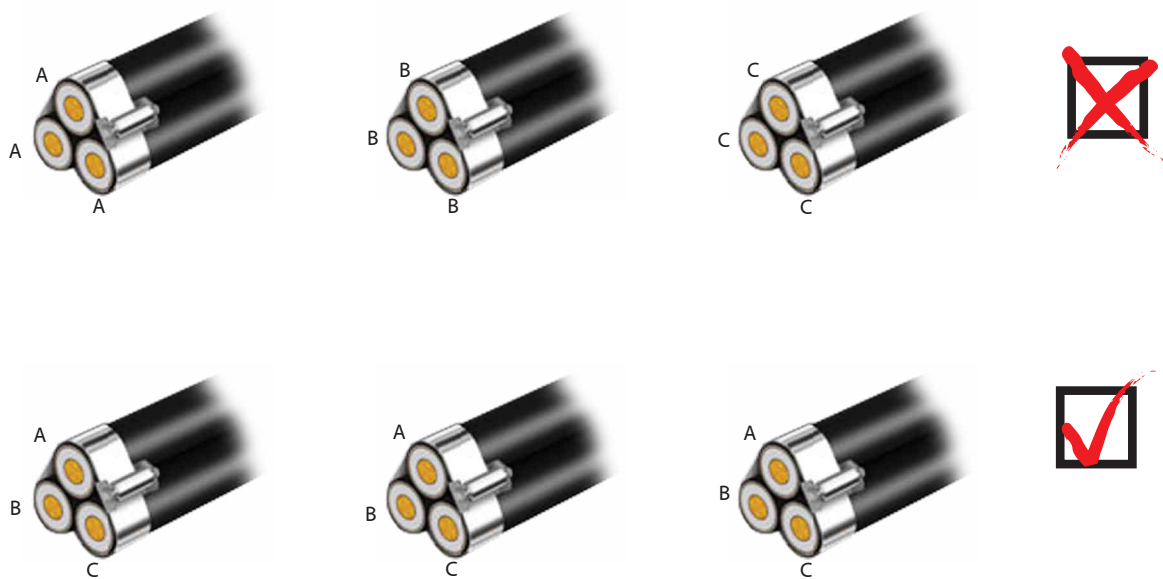


Figura18 . Instalación de Cables para Media Tensión, Tres Conductores por Fase, Sistema Trifásico

CAPACIDAD DE CORRIENTE EN CORTO CIRCUITO

La capacidad de corriente de corto circuito del conductor de fase es un parámetro que se debe tener presente en la selección particular del cable para Media Tensión para una instalación determinada.

La corriente máxima de corto circuito en el conductor viene dada por el material y área del conductor, la temperatura máxima que se puede alcanzar y el tiempo de duración de la falla. **CENIELSA** indica una referencia de la capacidad de corriente de corto circuito de sus cables para Media Tensión para una duración de la falla de un segundo. La siguiente ecuación describe la relación entre las variables mencionadas anteriormente.

$$I_{CC} = A \cdot k \cdot \sqrt{\frac{\log\left(\frac{T_2 + \lambda}{T_1 + \lambda}\right)}{t}}$$

Donde:

- I_{CC}*:** Es la máxima capacidad de corriente de corto circuito. [A]
- A*:** Es el área del conductor. [mm²]
- k*:** Para cobre equivale a 341 y para aluminio equivale a 224.
- λ*:** Es la temperatura de resistencia cero. 234 °C para cobre y 228 °C para aluminio.
- T₁*:** Es la temperatura de operación del conductor.
- T₂*:** Es la temperatura máxima permisible en estado de falla. 250 °C.
- t*:** Es el tiempo de duración de la falla.

También se debe tener presente que por el apantallamiento pueden circular corrientes de falla, debido al contacto de la línea con la pantalla o por las mismas corrientes de secuencia cero que circulan por la pantalla aterrizada en los eventos de fallas asimétricas. Para esto es el blindaje del aislamiento o la chaqueta quien limita la temperatura máxima que puede alcanzar la pantalla en estado de falla. Generalmente se toma como 85°C y 200°C los valores de T1 y T2 respectivamente.

PUESTAS A TIERRA DE LOS CABLES PARA MEDIA TENSIÓN

El proceso de puesta a tierra de un cable para Media Tensión es importante ya que este tiene implicaciones eléctricas que afectan de forma directa el desempeño del mismo y la seguridad de instaladores y usuarios.

En los cables para Media Tensión, es una práctica común aterrizar los apantallamientos metálicos del cable en un extremo de la instalación para longitudes cortas y en cada uno de los extremos de los pozos de visita para longitudes largas. En el primer caso se asegura que no hayan corrientes circulantes por la pantalla, pero pueden inducirse tensiones en la misma que pueden afectar al personal de operación o mantenimiento, en el segundo caso se minimiza el efecto de inducción de tensiones en la pantalla, pero se crea la posibilidad de que existan corrientes circulantes por la pantalla, que causan calentamiento del cable y por consiguiente una disminución de la capacidad de corriente del cable. Otra práctica consiste en aterrizar la pantalla en cada uno de las cámaras de inspección (Manholes) por los cuales pasa el cable para Media Tensión, con las mismas características del caso anterior.

TRANSICIÓN ENTRE REDES SUBTERRANEAS Y REDES AÉREAS

Consiste en el conjunto de dispositivos que se encarga de conectar las redes subterráneas con las redes aéreas. Las estructuras a utilizar deberán ser tales que soporten el peso de los cables y accesorios, además de la tensión mecánica de las líneas aéreas. Para el caso de postes de concreto o de madera, estas estructuras generalmente son de retención y vienen acompañadas por templetes de cable de acero para la estabilidad mecánica. Es recomendable instalar pararrayos o descargadores de sobretensión en la transición, con el fin de proteger el cable de sobretensiones ocasionadas por maniobras o por descargas atmosféricas.

PRUEBAS DE CABLES PARA MEDIA TENSIÓN EN INSTALACIÓN

El estándar IEEE 400 "IEEE Guide for Field Testing and Evaluation of the Insulation of Shielded Power Cable Systems" muestra un compendio de las técnicas actualmente utilizadas para las pruebas de campo de los cables para Media Tensión. A continuación se presenta un análisis detallado de dichas pruebas.

Actualmente las pruebas que se realizan a los cables para Media Tensión se resumen en dos grandes grupos de acuerdo con la señal de tensión aplicada y son pruebas en DC y pruebas en AC.

PRUEBAS DE VOLTAJE DC

Las pruebas de voltaje DC tienen un amplio precedente histórico en los cables para Media Tensión dada las ventajas en su implementación. Sin embargo, en los últimos años este tipo de prueba ha sido objeto de debate (IEEE 400). Entre las pruebas de voltaje en DC tenemos:

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Con ella se lee el comportamiento de esta variable en función del tiempo. La norma ICEA establece unos valores mínimos de resistencia de aislamiento, los cuales están basados en un conductor monopolar energizado a una tensión entre 500 y 2000V durante un minuto y corregida a una temperatura de 15,6 °C dependiendo del material de aislamiento y el calibre del conductor.

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA

Esta prueba de tensión determina si el cable es apto o no para la instalación al someterlo a una tensión DC de magnitud significativamente mayor a la tensión de operación durante un tiempo determinado (5 a 15 minutos generalmente). El cable es apto sino ocurre ninguna falla o descarga en la instalación.

VENTAJAS DE LAS PRUEBAS DC

- Las pruebas son relativamente simples comparadas con las pruebas AC, debido a la facilidad de desplazamiento de los equipos.
- Las señales para realizar las pruebas son de fácil adquisición y de fácil lectura.
- Se posee un amplio historial de diagnósticos exitosos en instalaciones por medio de estas pruebas.
- Son efectivas para detectar problemas en los empalmes y terminaciones de la instalación.
- El costo de los equipos es bajo.

DESVENTAJAS DE LAS PRUEBAS DC

- Este tipo de pruebas no determina otros tipos de defectos tales como roturas o porosidades en el conductor y aislamiento respectivamente.
- No reproduce la distribución del campo eléctrico que se dará durante la operación de un cable que va a operar en un sistema AC.
- Se debe tener cuidado con la acumulación de cargas después de la prueba especialmente en los accesorios adicionales del cable.
- Puede afectar el desempeño durante la operación del cable especialmente cuando estos tienen arborescencias.
- No es aconsejable realizar estas pruebas a cables que tienen mas de cinco años de instalados.

La tabla 6 muestra los voltajes de prueba DC recomendados por ICEA que se deben aplicar a los cables para Media Tensión para los procedimientos de prueba DC tanto en fábrica como en instalación y servicio.

Tensión de Diseño [kV]	Voltaje de Prueba DC en Fábrica [kV]		Voltaje de Prueba DC Cable Recién Instalado [kV]		Voltaje de Prueba DC Cable con Menos de 5 años de Instalado [kV]	
	NA 100%	NA 133%	NA 100%	NA 133%	NA 100%	NA 133%
5	35	45	28	36	9	11
8	45	55	36	44	11	14
15	70	80	56	64	18	20
25	100	120	80	96	25	30
35	125	155	100	124	31	39
46	165	215	132	172	41	54

Tabla 6 Tensiones de Prueba DC Según la Norma ICEA

PRUEBAS EN FRECUENCIA O PRUEBAS AC

Como su nombre lo indica este tipo de pruebas involucra señales variantes en el tiempo, con ellas se logra emular el comportamiento del conductor bajo condiciones de operación. Además hacen parte de la metodología de pruebas que implementan en fábrica para los nuevos cables y para los nuevos accesorios, las cuales por supuesto hace **CENTELSA**.

Con las pruebas en AC se hacen presentes los efectos resistivos y capacitivos simultáneamente, permitiendo leer descargas parciales (PD) y factor de disipación ($\tan \delta$). Para las pruebas se requiere un equipo de transformación cuyo tamaño puede ser reducido sustancialmente usando el principio de resonancia, la cual generalmente se alcanza por medio de un núcleo móvil en el transformador.

Entre los requerimientos de los equipos para las pruebas en AC tenemos que las ondas de voltaje deben contener un mínimo de ruido armónico, especialmente para las pruebas de descargas parciales y para ello se requiere entre otras que los generadores de la señal estén aislados de otros sistemas (tierras independientes). El equipo de resonancia debe poseer un control automático de sintonización, la escala de ajuste de los equipos de medición debe ser de al menos el 1% de el voltaje máximo de salida. Para mediciones de PD las descargas internas del equipo deben ser menores a 5 pC. Se recomienda que la rata de crecimiento y caída del nivel de tensión para pruebas sea aproximadamente 1 kV/s, y en el caso de una prueba de aceptación la duración debe ser entre 5 y 15 minutos al voltaje especificado.

Aunque los estándares internacionales para realizar pruebas en AC de los cables para Media Tensión en fábrica exigen que la prueba de descargas parciales (PD) sea realizada con una señal de tensión cuya frecuencia se encuentre entre los 49 y 61 Hz, existe una nueva metodología (que aunque no está contemplada en las normas internacionales todavía, está ganando aceptación a nivel mundial) en la cual se utiliza señales AC de baja frecuencia; esto tiene el objeto de tener presentes los efectos capacitivos del cable en las pruebas de campo pero reduciendo el consumo de corriente y con equipos de fácil accesibilidad en campo.

Las pruebas a muy baja frecuencia pueden clasificarse en dos tipos; pruebas de rigidez dieléctrica y pruebas de diagnóstico. En las primeras, el voltaje de aplicación lleva hasta falla a las partes defectuosas del aislamiento y se continúa la prueba hasta reparar cada una de las partes. En las segundas se mide el nivel de degradación del cable y por medio de las curvas de mérito se decide si el cable es apto para continuar en servicio o no (estas pruebas son no destructivas).

PRUEBAS DE RIGIDEZ DIELECTRICA

Entre las pruebas de rigidez dieléctrica tenemos las pruebas de muy baja frecuencia con

- Señales Cosenoidales de 0.1 Hz
- Señales de Impulso Senoidales de frecuencia menor a 1 Hz.
- Señales Cuadradas

PRUEBAS DE DIAGNOSTICO

• Prueba de Descargas Parciales (PD) en Instalación

La prueba de descargas parciales es una de las pruebas que permite juzgar la calidad del aislamiento en un cable para Media Tensión. Como se definió anteriormente, una descarga parcial es el resultado de un pequeño arco eléctrico que se produce en las porosidades al interior del aislamiento o en la superficie de contacto entre el aislamiento y los blindajes (del conductor o del aislamiento) habiendo sometido el cable a un nivel de tensión y duración determinado.

Aunque esta prueba es muy apropiada para la detección de imperfecciones del aislamiento, su implementación en campo es bastante laboriosa ya que requiere de elementos para la reducción del nivel del ruido eléctrico en las mediciones, haciendo necesario el uso de fuentes independientes de voltaje, filtros, apantallamientos entre otros. Una de las ventajas de llevar a cabo este tipo de prueba es que permite determinar el tipo de imperfección y a la vez su localización. Las desventajas más marcadas corresponden con la capacitación del personal para realizar dicha prueba y los equipos asociados para la implementación en campo de esta prueba.

• Factor de Disipación o Tangente Delta ($\tan \delta$)

Como se mencionó anteriormente esta prueba es de diagnóstico y de carácter no destructivo. También se mencionó en el capítulo de los materiales aislantes que el factor de pérdidas o de disipación cuantifica las fugas de corriente debidas a los efectos resistivos y capacitivos.

PRODUCTOS ESPECIALES

La experiencia de **CENTELSA** por más de 50 años produciendo cables para Media Tensión, además de todo tipo de cables para energía y telecomunicaciones, le ha permitido desarrollar nuevos productos que van a la vanguardia tecnológica y acorde con las necesidades del mercado mundial.

CENTESA ha desarrollado diferentes tipos de cables para Media tensión:

CABLES SEMIAISLADOS O RECUBIERTO PARA ZONAS ARBORIZADAS

La Calidad de la energía es un tema que ha tomado gran importancia a nivel de las empresas de distribución de energía, las nuevas políticas regulatorias establecidas por la CREG velan por el mejoramiento en la prestación del servicio y las empresas de distribución han comenzado a cumplir con estas nuevas regulaciones.

Dentro de los parámetros a controlar por parte de las empresas de energía se encuentran los índices DES y FES (Duración Equivalente de las Interrupciones del Servicio y Frecuencia Equivalente de las Interrupciones del Servicio). Alrededor del 80% de las salidas no programadas de los circuitos de redes aéreas en conductores desnudos se deben a fallas a tierra por contacto con objetos y ramas ubicadas en la zona de servidumbre de dichas líneas. Con base en lo anterior, **CENTELSA** ha desarrollado el cable semiaislado o recubierto para zonas arborizadas, para sustituir los conductores desnudos de las líneas para Media Tensión, con el fin de que las empresas de distribución puedan mejorar los mencionados índices.

El cable semiaislado o recubierto consiste de un conductor de aluminio (ACSR, AAC o AAAC) recubierto con aislamiento en XLPE (el mismo material que se utiliza para el aislamiento de los cables para Media Tensión) y un recubrimiento exterior de material termoestable resistente a las descargas superficiales XLPE-TK (Polietileno reticulado resistente al Tracking), este diseño de cable evita la salida de los circuitos por disparo de las protecciones cuando hay contacto con ramas u otros objetos. Entre las ventajas más importantes de este tipo de conductor se encuentran la reducción del espaciamiento entre fases, la reducción de pérdidas eléctricas, aumento de la confiabilidad del sistema, menor zona de servidumbre y menor poda de árboles (de allí otro nombre que se le da a este tipo de cables "Ecológico"), reducción de los costos de operación y mejor estética en la infraestructura de las redes de Media Tensión.



Figura 19a. Cable Semiaislado



Figura 19b. Espaciador para la Instalación de Cables Semiaislados

CABLES PARA ILUMINACION DE PISTAS DE AEROPUERTOS

CENTELSA ha sido pionero en la fabricación de los cables para pistas aeroportuarias en Colombia. Este cable tiene el fin de alimentar las lámparas de señalización situadas a lado y lado de las pistas aeroportuarias. Debido a la corriente y la caída de tensión dada por la carga y las grandes longitudes de estas instalaciones el voltaje de operación de estos circuitos clasifican como cables para Media Tensión; el voltaje nominal para la operación de este tipo de cables es de 5 kV. Este cable consta de un conductor de cobre, generalmente calibre 8 AWG recubierto con un aislamiento en material termoestable XLPE y un recubrimiento final de un polímero especial que proporciona características eléctricas adicionales, protección mecánica y protección contra la humedad que lo hace apto para operación bajo condiciones de humedad extremas.



Figura 20. Cables para Pistas Aeroportuarias

CABLES PARA MEDIA TENSIÓN DE USO SUBMARINO

La industria de explotación del petróleo y gas tiene objetivos claros y definidos en temas como seguridad, calidad, eficiencia y costos de explotación desde el reservorio hasta la superficie misma, haciendo que cualquier proyecto sea concebido con los estándares de productos de mejor desempeño en el mercado.

CENTELSA se ha convertido en la única empresa cablera del país capaz de fabricar cables para Media Tensión para uso submarino en diferentes aplicaciones como alimentación de plataformas petroleras, cruces de pozos, lagos y ríos, para alimentación de refinerías, entre otras. Obteniendo excelentes resultados en la prueba, instalación y aplicación de estos productos a nivel internacional. La característica principal de los cables submarinos es la de transmitir grandes cantidades de energía eléctrica y opcionalmente señales; es por esto que los cables submarinos poseen en su interior cables para Media Tensión y cables para la transmisión de señales, desde fibra óptica hasta cables de señales con propiedades de transmisión en alta frecuencia.

Los cables para uso submarino se protegen mecánicamente por armaduras metálicas que le proporcionan resistencia a los impactos y a la corrosión.

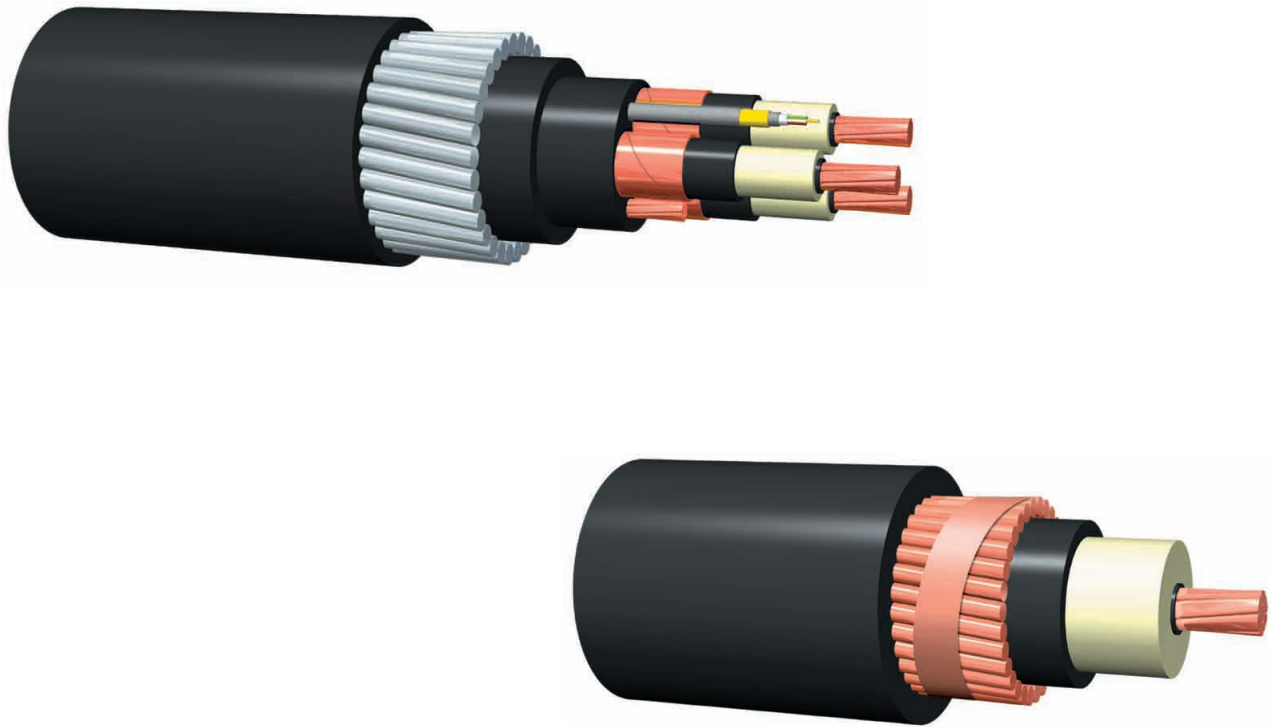


Figura 21. Cables Submarinos para Media Tensión

CABLES PARA PLATAFORMAS PETROLERAS

Una aplicación específica de los cables submarinos se hace en las conexiones de plataformas marítimas en superficie con los pozos situados en el lecho marino. Estos cables se caracterizan por tener en adición a los cables para Media Tensión y los cables de comunicación, tuberías para transporte de fluidos requeridos en la explotación petrolera.

Este tipo de aplicación requiere longitudes continuas de cable bastante largas las cuales son logradas por los especializados equipos de producción de **CENTELSA**, así como las pruebas de laboratorio para las mencionadas longitudes; dando cumplimiento a todos los requerimientos necesarios para este tipo de instalaciones.

CENTELSA se encuentra calificado por el sector petrolero Internacional para la fabricación de cables para Media Tensión para estas aplicaciones, después de haber sido evaluado su sistema de gestión de calidad y específicamente los procesos de diseño y manufactura, el producto en sí mismo y sus laboratorios de pruebas.

NORMAS DE FABRICACIÓN Y CERTIFICACIONES DE PRODUCTO

CENNELSA cumple con todos los estándares de calidad existentes con respecto de cables para Media Tensión como:







- RETIE
- ICEA

- IEC
- AEIC

- UL
- NTC

Y con requisitos específicos adicionales de cada usuario en particular.

CENNELSA posee los siguientes certificados de conformidad con norma para los cables de Media Tensión:

Norma	Entidad Certificadora	Certificado No.	Producto
RETIE		1880	Cables de cobre o aluminio aislados en material termoestable (XLPE ó EPR) desde 5 kV hasta 46 kV
NTC 2186, ICEA S-93-639		412	Cables para Media Tensión aislados en XLPE y EPR
FAA L-824/2001		2581	Cables de cobre para uso subterráneo, Clase C, aislado en XLPE 90°C, 5 kV. Calibres 8 a 4 AWG. Para uso en pistas de aeropuertos.
AEIC y Especificaciones PREPA		04-110	Cable MV90 (Medio Voltaje) 46 kV Aislados en EPR o XLPE
UL 1072		File 167359	Cables para Media Tensión MV90 y MV105
IEC 60502		07-178	12/20/(24) kV EPR Insulated Cable
AEIC CS8		02-028	15 kV TR-XLPE Insulated Cable

CENTELSA PRESENTE EN GRANDES PROYECTOS

La combinación de un calificado grupo humano, una moderna estructura de procesos productivos, sofisticados equipos de prueba y la experiencia de más de 50 años en la industria cablera, han permitido a **CENTELSA** estar presente en importantes proyectos en Colombia y el exterior a través de sus cables para Media Tensión, que garantizan un óptimo desempeño. Hoy por hoy, **CENTELSA** es la industria cablera más importante del país, siendo reconocida a nivel nacional e internacional como un proveedor de cables para Media Tensión de alta confiabilidad.

Los cables **CENTELSA** han sido instalados en todas las empresas de generación, transmisión y distribución de energía, como también en un sin número de industrias, entre las cuales mencionamos:

COLOMBIA

ABB
AERONÁUTICA CIVIL
ARCHIPIÉLAGO POWER LIGHT
AREVA
BAVARIA SAB MILLER
CAM COLOMBIA
CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS S.A. E.S.P. - CHEC
CENTRALES ELÉCTRICAS DE CAUCA S.A. E.S.P. - CEDELCA
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NARIÑO S.A. E.S.P. - CEDENAR
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P. - CENS
CHIVOR
CODENSA S.A. E.S.P.
ELECTRIFICADORA DEL TOLIMA S.A. E.S.P. - ELECTROLIMA
ELECTRIFICADORA DE BOYACÁ S.A. E.S.P. - EBSA
ELECTRIFICADORA DE CAQUETÁ S.A. E.S.P.
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.
ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P. - ELECTRICARIBE
ELECTRIFICADORA DEL CHOCÓ S.A. E.S.P.
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P.
ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P. - EMSA
EMGESA S.A. E.S.P.
EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS S.A. - ECOPETROL
EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P. - EPSA
EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P. - EDEQ
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E. E.S.P. - EMCALI
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P. - EPM
EMPRESA DE ENERGÍA DE CUNDINAMARCA S.A. E.S.P. - EEC
GECELCA S.A. E.S.P.
INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. - ISA
MONÓMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A.
PETROQUÍMICA COLOMBIANA S.A. - PETCO
PROPILCO S.A.
SIEMENS
TERMOTASAJERO S.A. E.S.P.
TERMOELÉCTRICA DE BARRANQUILLA S.A. - TEBSA

EXTERIOR

ABB
AREVA
AUTORIDAD ELÉCTRICA DE PUERTO RICO - PREPA
CAM PERÚ
CEDETEC
CONELSA
COOPERATIVA RURAL DE ELECTRIFICACIÓN - CRE
COPEL
DEGREMONT
DIPRELSA
EDEMET EDECHI
EMPRESA ELÉCTRICA DE QUITO
ESEMEC
FOSTER WHEELER
INATRA
INPROEL
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD - ICE
MANZANILLO INTERNATIONAL TERMINAL - MITPAN
METRO DE CHILE S.A.
OCEANEERING
PDVSA
REDES Y MONTAJES
SIEMENS
TECNICH
TRINIDAD AND TOBAGO ELECTRICITY COMMISSION
WIND FARMS PROJECTS

AGRADECIMIENTOS

Raychem

 **Tyco Electronics**
Authorized Distributor

3M

TECNOLOGIA Y SOLUCIONES PARA EL PROGRESO



Planta y Oficina de Ventas

Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial Acopi, Yumbo, Colombia

Tel.: (572) 608 3400 / Fax: (572) 664 8258

<http://www.centelsa.com.co> / e-mail: info@centelsa.com.co

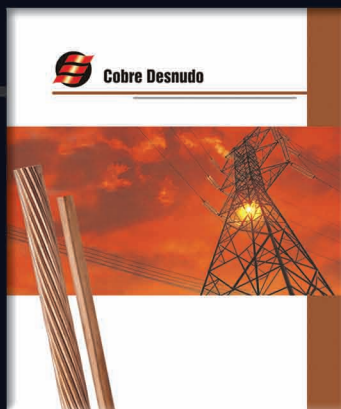
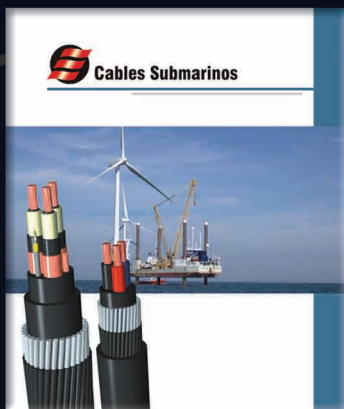
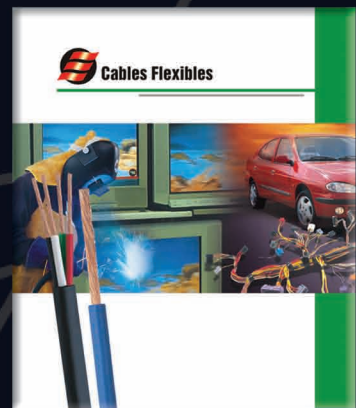
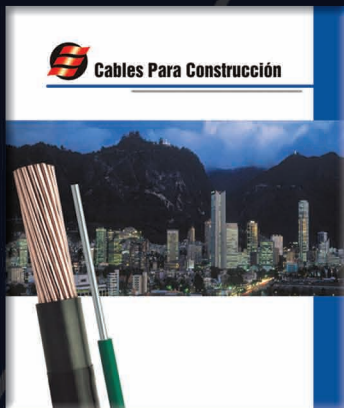
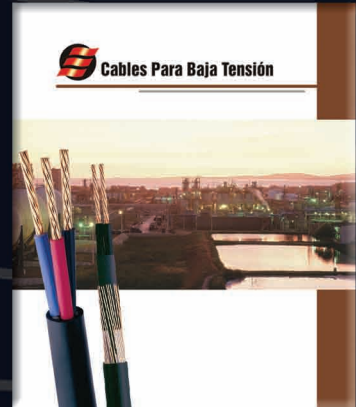
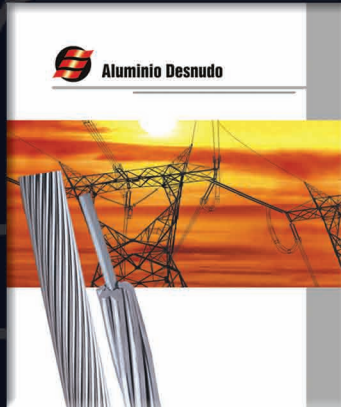
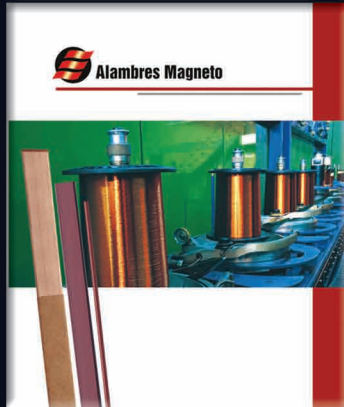
Dirección y Coordinación: Departamento de Mercadeo **CENTELSA**

Información y Especificaciones: Gerencia Técnica **CENTELSA**

Diagramación e Impresión: Litoservi Editores S.A.

Otras Líneas de Productos

CENTELSA



UNA ALIANZA PARA LA SEGURIDAD

Con su
experiencia
y nuestros
productos,
garantice
la seguridad
en sus
instalaciones.



CUMPLE CON
RETIE

LAPEM



CENTELSA cuenta con certificaciones nacionales e internacionales que garantizan la calidad de todos nuestros productos, cumpliendo con los requisitos del RETIE.



Código N° 002-1
Diseño, desarrollo, producción y venta de cables ópticos para edificios, cables en cobre para telecomunicaciones, cables de cobre y aluminio de potencia, transmisión y distribución, datos, control e instrumentación, pletinas y alambres ensablados para aplicaciones industriales y cables para uso automotriz. Venta de cables de fibra óptica.
ISO 9001:2000



Certificado No. AA062-1
Producción y venta de cables eléctricos para edificios, cables e in. cobre p para telecomunicaciones, cables de cobre y aluminio de potencia, transmisión y distribución, datos, control e instrumentación, pletinas y alambres ensablados para aplicaciones industriales y cables para uso automotriz. Venta de cables de fibra óptica.
Norma ISO 14001:2004



CENTELSA
CABLES DE ENERGIA Y DE TELECOMUNICACIONES S.A.