



# Cables eléctricos aislados

Cimet  
cimet.com

## Historia

En 1840, la introducción del generador electromagnético permitió disponer de corrientes alternas intensas en forma generalizada. Al ser las pérdidas proporcionales al cuadrado de la intensidad, lo ideal parecía ser generar a tensiones lo mayores posibles, compatible con el desarrollo de la tecnología y la seguridad de las personas y los materiales. El primer uso de esta energía fue la iluminación.

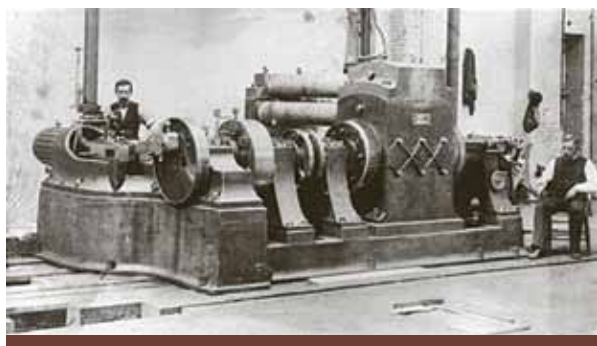
En 1884, en Italia, se instaló la primera central eléctrica, y esto estimuló a los industriales que ya hacían cables aislados en goma para telegrafía desde 1879.

Thomas Edison (1847-1931), con el invento del filamento de carbón de alta resistencia, pudo generar un sistema de iluminación con lámparas de baja tensión con un sistema de distribución en alta tensión.

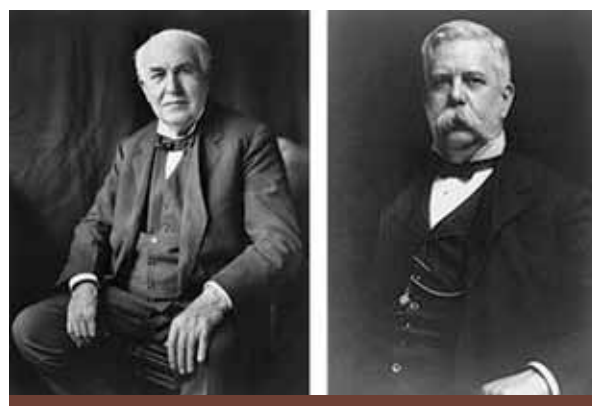
Adoptando las ideas de Nikola Tesla (1856-1943), la compañía fundada por George Westinghouse (1846-1914) incorporó el transformador por lo que,

generando en corriente alterna, podía transportar grandes cantidades de energía a alta tensión con corrientes reducidas y, por lo tanto, cables de menor sección.

- » 1880. Cables aislados con goma o gutapercha
- » 1890. Cable de diez kilovoltios (10 kV) aislado con papel
- » 1914. Se introduce la pantalla, con lo que la tensión de servicio se eleva a 33 kilovoltios
- » 1926. Se desarrollan los cables de aceite fluido (OF) llegando a 66 kilovoltios
- » 1930. En Alemania, se ensayan los aislamientos de PVC
- » 1943. Primer cable de 132 kilovoltios
- » 1949. Se introduce la mezcla de impregnación no migrante
- » 1953. Se desarrolla comercialmente el PVC
- » 1959. Se introducen los aislantes secos termoestables



En 1884, en Italia, se instaló la primera central eléctrica



Izquierda: Thomas Edison (1847-1931) | Derecha: George Westinghouse (1846-1914)



Cable de aceite fluido para alta tensión

- » 1970. Los aislantes secos termoestables se introducen como alternativa de los cables aislados con papel a tensiones crecientes.

## Metales empleados

### Cobre

Se obtiene por tostación de minerales sulfurados por procedimientos electrolíticos. Por su alta ductilidad, se lo transforma en hilos muy delgados en un proceso que endurece el metal, que recobra su flexibilidad por un proceso industrial de recocido.

La operación de estiramiento se denomina "trefilado", y tras la unión de varios alambres se forma



Trefilado

un conductor llamado "cuerda", que será más flexible cuanto más delgados sean los hilos.

### Aluminio

El aluminio se extrae de un elemento llamado "bauxita", que se transforma en alúmina (óxido de aluminio) por procesos químicos, y por electrólisis, se transforma en aluminio metálico.

En contacto con el aire, el aluminio se oxida formando una capa de alúmina que lo protege de oxidaciones posteriores pero es aislante, por lo que dificulta el conexionado en empalmes.

En contacto con metales más nobles, hierro, cobre o aleaciones, y en presencia de humedad, produce un par galvánico que lo corroe lentamente.

Todos estos problemas son evitables y, dado que su densidad es un tercio de la del cobre, estableciendo una relación entre sus resistividades, el cobre puede ser sustituido por la mitad de su peso en aluminio, conservando la misma resistencia eléctrica.

## Conductores

El conductor es el elemento metálico que cumple la función de conducir la corriente eléctrica, y la norma a la que responden es IRAM NM-280 (o IEC 60228).



Aluminio



La formación del conductor se define por la cantidad de alambres que lo componen y la sección. En los conductores, el dato relevante es la resistencia óhmica en corriente continua a veinte grados centígrados (20 °C).

Puede estar constituido por un solo alambre o por varios. La formación de un alambre clase 1 es rígida; la formación semirrígida es la clase 2 y es una cuerda de cableado circular regular (7, 19, 37, 61 alambres), cableado circular compacto o cableado sectorial compacto (este último, para conductores multipolares) y, por último, la formación flexible, clase 5, y extraflexible, clase 6.

Estas normas solo contemplan las clases 1, 2, 5 y 6, pero aceptan la clase 4 (flexible) en Argentina y Paraguay.

### Sección geométrica

La sección geométrica es la sección recta del conductor dada por la suma de las secciones rectas de los alambres que lo componen.

### Sección nominal

La sección nominal es un valor redondeado que se aproxima al valor geométrico y que se utiliza para la designación de la sección del cable en milímetros cuadrados (nominal, es decir, da el nombre).

### Sección eléctrica

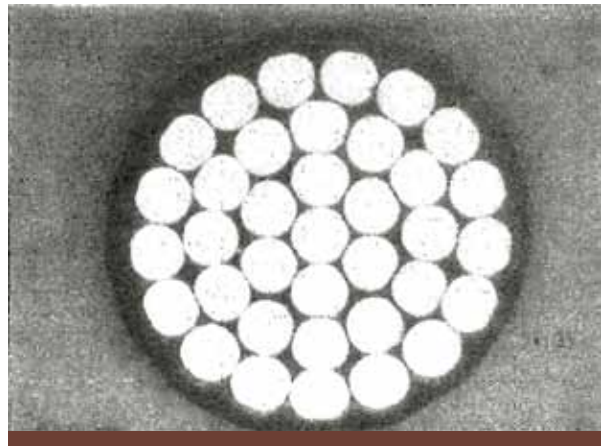
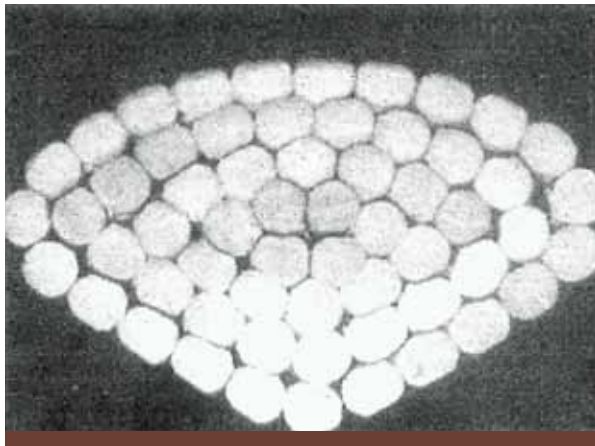
La sección eléctrica es el valor de resistencia eléctrica máximo fijado por norma en ohms por kilómetro ( $\Omega/\text{km}$ ) a veinte grados centígrados (20 °C) para la sección nominal del conductor y, por lo tanto, es el único valor que garantiza el comportamiento adecuado del conductor en cuanto al transporte de energía.

### Otras características

La compactación se utiliza para reducir los espacios huecos existentes entre alambres, obteniendo una superficie exterior del conductor más lisa y uniforme y, a igual sección, un menor diámetro de cuerda sin perder, prácticamente, flexibilidad.

Material	Resistividad	Coefficiente de variación de la resistencia con la temperatura	Densidad	Carga de rotura	Alargamiento de rotura
Cobre Blando	17,241 $\Omega \text{ mm}^2/\text{km}$	0,00393 1/°C	8,89 g/cm <sup>3</sup>	20-30 dan/mm <sup>2</sup>	20-30%
Cobre Duro	17,87 $\Omega \text{ mm}^2/\text{km}$	0,00393 1/°C	8,89 g/cm <sup>3</sup>	30-45 dan/mm <sup>2</sup>	1-3%
Aluminio Puro	28,264 $\Omega \text{ mm}^2/\text{km}$	0,00403 1/°C	2,703 g/cm <sup>3</sup>	12-15 dan/mm <sup>2</sup>	1,5-3%
Aleación de aluminio	32,53 $\Omega \text{ mm}^2/\text{km}$	0,0036 1/°C	2,703 g/cm <sup>3</sup>	35-40 dan/mm <sup>2</sup>	4-6%

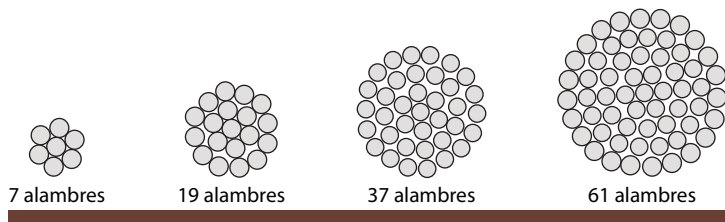
Tabla 1. Cuadro comparativo de algunas características de los materiales metálicos utilizados en los conductores eléctricos



### Materiales aislantes

El material aislante se coloca sobre el conductor de manera que lo cubra totalmente y con un espesor adecuado para la tensión de servicio del cable, con el fin de que el campo eléctrico, al que está sometido, sea inferior a la tensión de perforación o rigidez dieléctrica del material.

» Características químicas: baja absorción de humedad, resistencia al ozono, resistencia a la radiación ultravioleta, resistencia a la oxidación, resistencia a los ambientes salinos, resistencia a los hidrocarburos, resistencia a los agentes corrosivos.



» Características físicas: termoelasticidad, resistencia al calor y al frío, resistencia al fuego, temperaturas máximas de servicio y sobrecarga, temperatura de cortocircuito.

Material aislante	Tensión máxima de uso	Temperatura máxima		
		Servicio	Cortocircuito	
Aislamiento seco termoestable	Goma EPR	150 kV	90 °C	250 °C
	Goma silicona	1,1 kV	200 °C	300 °C
	XLPE	450 kV	90 °C	250 °C
Aislamiento seco termoplástico	PVC	3,3 kV	70 °C	160 °C

Tipo de instalación o uso	Propiedad destacada	EPR	PVC	XLPE
Intemperie	Resistencia al ozono	E	B	B
Sobrecargas y cortocircuito	Resistencia a la temperatura	E	R	E
Ambientes húmedos	Resistencia al agua	E	B	R
Peligro de incendio	Resistencia al fuego	R	R	M
Zonas frías	Resistencia al frío	B	R	B
Altas tensiones	Factor de potencia	B	M	E
Impacto ambiental	Nivel de contaminación	R	R	B

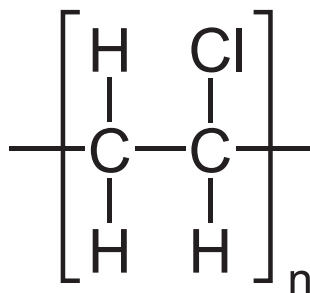
E: Excelente | B: Buena | R: Regular | M: Mala



- » Características mecánicas: resistencia a la tracción, carga de rotura, alargamiento de rotura, resistencia al envejecimiento.

### El PVC

El PVC (policloruro de vinilo) es el aislante utilizado en baja tensión y se obtiene mediante cloración del etileno, por métodos de emulsión, suspensión y polimerización masiva. Para su uso como aislante se usa en forma de mezclas (*compounds*) con aditivos:



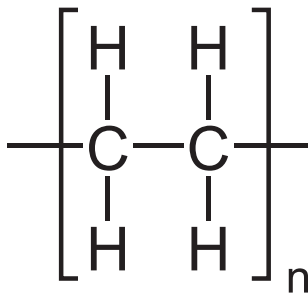
Forma estructural del PVC

- » Plastificantes. Son ésteres de ácidos orgánicos como el DIOP (Di-2-etilhexil-ftalato) o DIDP (Di-iso-Decyl-Ftalato). Usando ácidos sebácicos o ésteres especiales se obtienen materiales de mayor resistencia al frío. Con plastificantes poliésteres se le da al PVC resistencia a la temperatura (hasta 110 grados).
- » Estabilizantes. Le dan al PVC estabilidad térmica y estabilidad a la oxidación. Se usan sales como el sulfato básico de plomo, que ahora está siendo reemplazado.
- » Cargas. Las cargas más usuales son carbonato de calcio y caolín calcinado, en forma de polvos impalpables. Le dan al material resistencia a la abrasión, cuerpo a la mezcla y reducen su costo.
- » Lubricantes. A este efecto se le agregan estearatos. Contribuyen a mejorar su procesamiento en máquina y su extrusión.

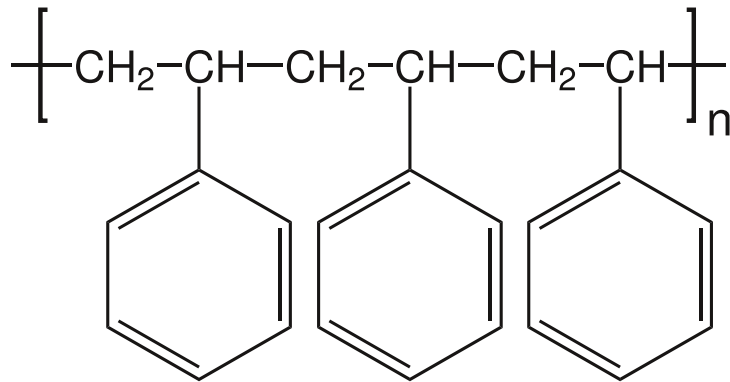
### Polietileno reticulado (XLPE)

El polietileno es un material de cadena lineal que se retícula formando una red o reticulado tridimensional, pasando de ser un termoplástico a un termorrígido.

El proceso de reticulación se efectúa en una línea de vulcanización continua (*CV line*) basada en la reacción que se produce entre el polietileno y peróxidos orgánicos en el tubo en forma catenaria de la extrusora, a presiones de dieciséis a 33 bar y temperaturas de doscientos a 220 grados. El tubo tiene



Forma estructural del polietileno

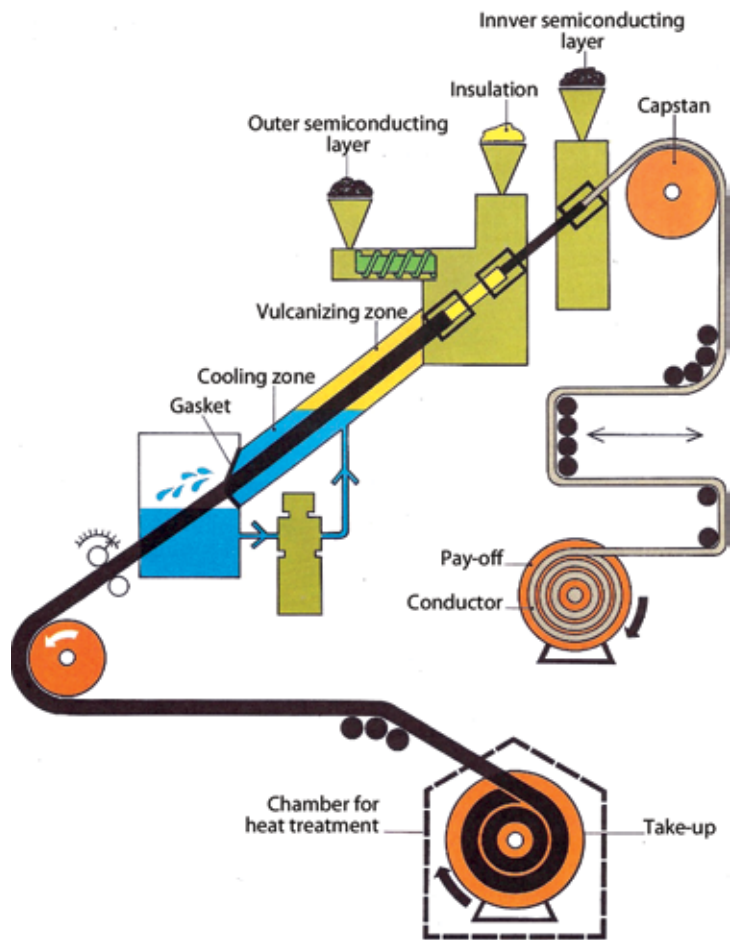


Forma estructural del polietileno reticulado

aproximadamente 125 metros de longitud, dividido en tres etapas: calentamiento, reticulación y enfriamiento.

Las máquinas destinadas a este proceso pueden producir presión y temperatura por inyección de vapor en el tubo. En los equipos modernos, la presión se obtiene por inyección de nitrógeno seco y el calentamiento, por indicción, de manera que el cable no tenga contacto con el vapor de agua. Este sistema es el llamado "vulcanización completamente seca y continua" (CDCV).

Otras formas de reticulación son mediante irradiación y por el agregado de silanos. Esta última es la que se usa habitualmente para cables de XLPE de baja tensión.





### Protecciones

Desde el punto de vista eléctrico, el cable se completa con el conductor y la aislación. Para proteger estos elementos, se les agregan los que aquí llamamos genéricamente “protecciones”, a efectos de proteger el cable de egresiones y mejorar las condiciones de funcionamiento.

Según la naturaleza de la protección que este elemento le procure al cable, se distinguen dos categorías de las que derivan cuatro tipos de protecciones.

- » I. Protección contra daños de origen eléctrico:
  - a. Capas semiconductoras
  - b. Pantallas
- » Protección contra daños de origen mecánico:
  - c. Armaduras
  - d. Cubiertas

### Capas semiconductoras

Las capas semiconductoras son delgadas capas de copolímero, de la misma composición básica que el material aislante, que se ha mezclado con productos conductores, tales como el negro de humo, para reducir su resistencia al aislamiento, y su misión es evitar que puntos huecos de los cables estén sometidos a campos eléctricos intensos en los que la presencia de aire o vapor de agua daría origen a la producción de descargas parciales.

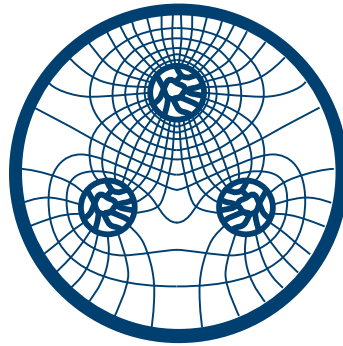
La capa semiconductor interna alisa el campo eléctrico más próximo al conductor, haciéndolo perfectamente cilíndrico, evitando irregularidades superficiales que introduce el cableado de la cuer-



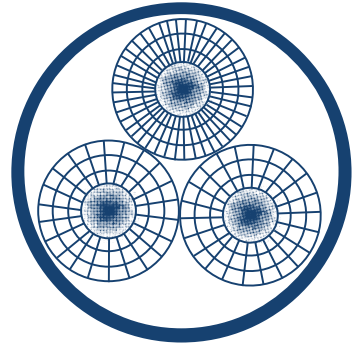
da al rellenar adecuadamente los huecos presentes entre los alambres. Así reduce el riesgo de formación de puntos de ionización en los puntos del aislamiento en que el campo eléctrico es más intenso. Esta capa está a la misma tensión del conductor con el cual está en íntimo contacto.

En los cables de papel impregnado, el efecto se consigue con cintas de papel carbón.

La capa semiconductor externa cumple la función similar en la parte exterior del aislamiento, manteniéndose en íntimo contacto con este y evitando la presencia de vacíos en tensión entre los elementos de la pantalla y el aislamiento. Los compuestos que se usan están fabricados de manera tal que, pese a ser de la misma naturaleza del aislante, son fácilmente despegables de este. Estas capas son exigibles a partir de los 3,3 kilovoltios.



Cable de cinturón



Cable con venas metalizadas

### Pantallas

Las pantallas son elementos metálicos cuya función es la protección eléctrica, protegiendo el cable contra interferencias exteriores en el caso de transmisión de señales débiles, dar forma cilíndrica al campo eléctrico que rodea un conductor, derivando a tierra una eventual corriente de falla, o detectando avería en el caso de cable mineros.

### Armaduras

Las armaduras son elementos metálicos cuya característica es la protección mecánica. Pueden ser diseñadas para proteger el cable contra esfuerzos cortantes, de tracción, contra roedores, etc.





Las armaduras de hierro solo son aplicables en cables multipolares. En los cables unipolares, se aplican armaduras de material no ferroso (generalmente, aluminio).

### Cubiertas

Las cubiertas tienen el nombre genérico de “cubiertas”, todos los elementos de protección mecánica no metálicos que protegen al cable de agentes dañinos exteriores: químicos, biológicos, atmosféricos, abrasivos, etc.

Dentro de este grupo, podemos incluir también a los rellenos, aplicados para dar forma cilíndrica a los cables de múltiples conductores, elementos portantes en cables destinados a soportar esfuerzos de tracción, barreras antillamas en los cables resistentes al fuego, asientos para armaduras, para evitar que estas dañen los conductores y la envoltura exterior.

Los cables libres de halógenos (LSOH) son cables especiales para ser utilizados en ambientes concurridos, y su principal característica es, además de la resistencia a la propagación de incendios, la baja emisión de humos opacos y la no emisión de gases halogenhídricos.

Los cables con envolturas aptos para trabajar en contacto con hidrocarburos son especialmente fabricados para el mercado de gas y petróleo.

### Acerca de Cimet

Cimet es una compañía argentina que desde 1951 elabora cables eléctricos y de comunicaciones en su planta de provincia de Buenos Aires, a ocho kilómetros (8 km) al norte de la ciudad de Buenos Aires, en una planta de 25.200 metros cuadrados, con más de trescientos empleados, maquinaria permanentemente actualizada, gestión de la calidad certificada ISO 9001 por BVQI, laboratorios completos para ensayos y un selecto grupo de especialistas, asegurando el estricto cumplimiento de los más exigentes requerimientos técnicos y de logística, focalizada en la excelencia y la satisfacción de los clientes.

En el año 2015, el grupo adquirió la operación fabril de Argentina del Grupo Nexans, sumando las plantas de *Indelqui* y *Optel*, consolidándose como una de las principales proveedoras de conductores de energía y telecomunicaciones en la región, ampliando su abanico de productos, fortaleciendo su capacidad de producción, abastecimiento y servicios. ■



Planta en Quilmes, provincia de Buenos Aires



Planta en José León Suárez, provincia de Buenos Aires