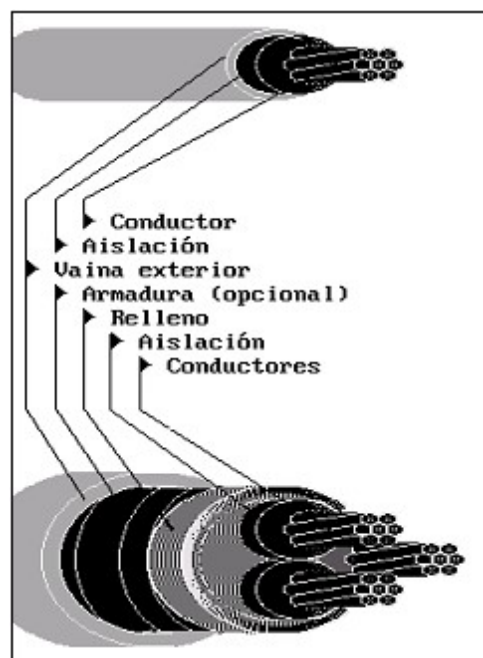


Mediante la ayuda de la figura N° 2.1 se puede hacer una descripción de las partes que constituyen un cable, las cuales son:



- Conductor, los cables pueden estar constituidos por un conductor (cables monofásicos), tres (cables trifásicos), cuatro, etc.
- Aislamiento, capa de material dieléctrico, que aísla los conductores de distintas fases, o entre fases y tierra. Puede ser de distintos tipos, tanto de material orgánico, como inorgánico.
- Capa semiconductor o barniz, se emplea para homogenizar la superficie en la distribución de los conductores.
- Blindaje o pantalla, cubierta metálica, que recubre el cable en toda su extensión y que sirve para confinar el campo eléctrico y distribuirlo uniformemente en su interior.
- Chaqueta o cubierta, de material aislante muy resistente, separa los componentes de un cable del medio exterior.

2.2.- CONDUCTORES

Son cuatro los principales factores que deben ser considerados en la selección de conductores:

- Materiales
- Flexibilidad
- Forma
- Dimensiones

2.2.1.- Materiales.

Los materiales más usados como conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque el primero es superior en características eléctricas y mecánicas (la conductividad del aluminio es aproximadamente un 60% de la del cobre y su resistencia a la tracción es de un 40%), las características de bajo peso y menor costo del aluminio, han dado lugar a un amplio uso tanto para conductores desnudos como aislados.

En la **tabla N° 2.1** se compara en forma general las propiedades principales de los metales usados en la manufactura de cables. Se han incluido en esta tabla, metales que no se utilizan directamente como conductores; por ejemplo: plomo, usado para agregar la impermeabilidad del cable, y el acero, que se emplea como armadura para protección y como elemento de soporte de la tensión mecánica.

Tabla N° 2.1 Características de los Metales

Metal	Cu. elec. Blando	Al. duro	Almelec 3/4 dureza	Plomo (alea. al)	Acero	
Peso Espec. [kg/dm ³]	8.89	8.89	2.7	2.7	11.35	7.8
ρ a 20 °C [km/mfm ²]	17.5	17.8	28.5	32.5	206	190
Temp. Fusión [°C]	1083	1083	657	657	327	1400
Resis. Ruptura [N/mm ²]	20-25	35-50	12-15	35-40	1.75	40-150
Calor Especif. [Cal/°Cg]	0.093	0.093	0.214	0.214	0.030	0.114
Mod. Elasticidad [N/mm ²]	10500	12000	5600	6000	1700	18500
α a 20° C [10 ⁻⁶ /°C]	17	17	23	23	29	11.5
Coef. $\Delta\rho$ con t [10 ⁻³ /°C]	4	4	4	3.6	4.2	4
Cond. Térmica [W/°Ccm]	3.85	3.85	2.17	1.84	0.35	0.46

En el cobre usado en conductores eléctricos, se distinguen tres temple; blando, semiduro y duro; con propiedades algo diferentes, siendo el cobre blando de mayor conductibilidad y el cobre duro el de mayor resistencia mecánica.

En la **tabla N° 2.2** se comparan algunas de las características más importantes en conductores fabricados de cobre y aluminio.

Tabla N° 2.2 Comparación de características entre cobre y aluminio.

Características	Cobre	Aluminio
Resistencia eléctrica	1	1.56
Resistencia mecánica	1	0.45
Para igual volumen : Relación de pesos.	1	0.30
Para igual conductancia : Relación de áreas.	1	1.64
: Relación de diámetros.	1	1.27
: Relación de pesos.	1	0.49
Para igual diámetro : Relación de resistencias.	1	1.61
: Capacidad de corriente.	1	0.78

2.2.2.- Flexibilidad

La flexibilidad de un conductor se logra de dos maneras, recociendo el material para suavizarlo o aumentando el número de hebras que lo forman. La operación de reunir varios conductores se denomina cableado y da lugar a diferentes flexibilidades, de acuerdo con el número de hebras que lo forman, el peso o longitud del torcido de agrupación y el tipo de cable.

2.2.3.- Configuraciones.

Los conductores pueden tener varias configuraciones, algunas de ellas se muestran en la figura N° 2.2.

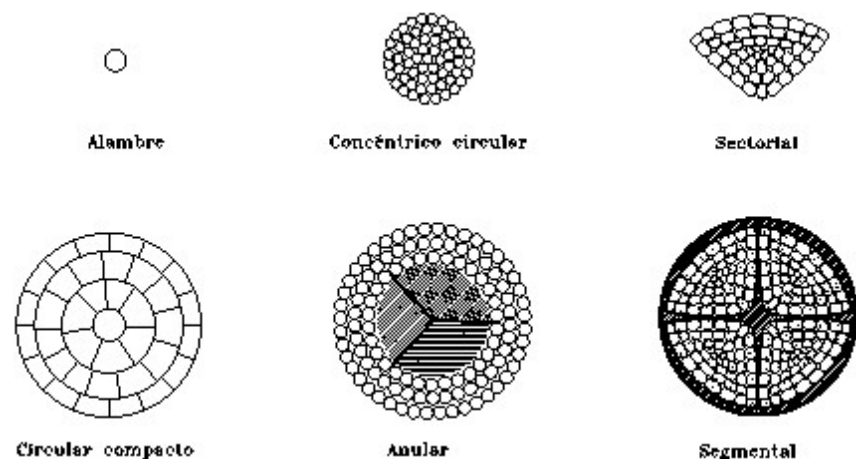


Figura N° 2.2 Distintas formas de conductores

El conductor circular compacto; en este tipo de conductor, las hebras que lo constituyen tienen diferentes secciones, de modo de aprovechar mejor el espacio. Con esta construcción, se obtiene un conductor de menor diámetro y peso, que un conductor concéntrico, comparando una misma sección de cobre. Esto significa estructuras mas livianas en tendidos aéreos o ductos de menor diámetro en tendido subterráneo.

El conductor sectorial; en este tipo de conductor las hebras se agrupan para ocupar un sector circular equivalente a un tercio de circunferencia. Esta forma de construcción se emplea en la fabricación de cables trifásicos.

El cable anular; consiste en alambres trenzados helicoidalmente, en capas concéntricas, sobre un núcleo que puede ser una hélice metálica. Esta construcción disminuye el efecto Skin y por lo tanto la resistencia efectiva.

El conductor segmenta; este conductor esta formado por tres o cuatro segmentos, aislados entre si por una delgada capa de aislante, todo trenzado en conducto. Los segmentos se conectan en paralelo. Con esto se reduce el efecto Skin. El conductor tiene algunas ventajas en el orden dimensional, ya que se consigue una sección menor y más económica que los conductores anulares.

Comparando los cables conductores sectoriales, con los equivalentes de conductores redondos, se tiene que los primeros presentan las siguientes ventajas.

- Menor diámetro.
- Menor peso.
- Costo más bajo.

Pero tienen en cambio estas desventajas:

- Menor flexibilidad.
- Mayor dificultad en la ejecución de uniones.

La mayoría de los cables utilizados en líneas de transmisión, son concéntricos y están formados por 3 – 7 – 12 – 19 – 37 – 61 – 91 – 127 hebras. Algunas de las formaciones en cables se muestran en la figura N° 2.3.

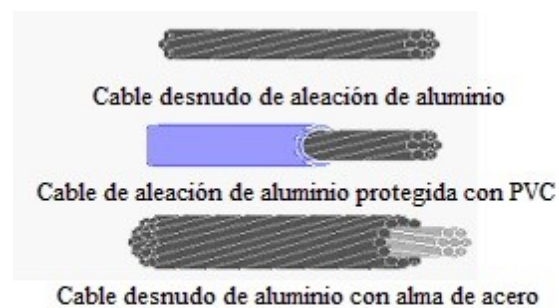


Figura N° 2.3 Construcción típicas de cables.

2.2.4.- Dimensiones

En el capítulo 8, sección 8.4 están descritas las formas de denominar los calibres de los conductores eléctricos, como también las equivalencias entre medidas.

2.3.- AISLACIÓN

La función de la aislación es evitar contactos involuntarios con partes energizadas del cable y encerrar la corriente eléctrica en el conductor. En principio, las propiedades de las aislaciones son con frecuencia más que suficientes para su aplicación, pero los efectos de la operación, medio ambiente, envejecimiento, etc. pueden degradar al aislación rápidamente hasta el punto en que llegue a fallar, por lo que es importante seleccionar el más adecuado para cada aplicación.

En función del nivel de tensión, debe tomarse en cuenta ciertas condiciones de aislación eléctrica, para los distintos conductores.

Dada la diversidad de tipos de aislación que existen para cables eléctricos, el proyectista deberá tener presentes las características de cada uno de ellos, para su adecuada selección, tanto en el aspecto técnico como económico. Existen para todo el universo de dichos aislantes, características concretas para su diferencia, las

cuales se rigen mediante los siguientes criterios:

- Resistencia al calentamiento
- Envejecimiento por temperatura
- Resistencia al ozono y al efecto corona
- Resistencia a la contaminación.

Los materiales de aislación más utilizados se muestran en la siguiente clasificación. Posteriormente se discuten las principales características de los más utilizados.

- Cloruro de polivinilo o PVC
- Polietileno o PE
- Caucho
- Goma
- Neoprén
- Nylon

2.4.- BLINDAJE

El blindaje o pantalla está constituido por una capa conductora colocada sobre el aislante y conectada a tierra, que tiene por principal objetivo crear una superficie equipotencial para uniformar el campo eléctrico radial en el dieléctrico. La pantalla sirve además, para blindar al cable de campos externos y como protección para el personal, mediante su conexión efectiva a tierra. El blindaje de un cable puede ser metálico o de algún material semiconductor.

Para cables que operan en baja tensión, no se requiere del control de la distribución del campo eléctrico y por lo tanto puede prescindirse del blindaje. Sin embargo, este se usa ocasionalmente en instalaciones de baja tensión, para evitar inducciones de potencial a conductores externos, principalmente en salas de control. Para tensiones superiores, el blindaje protege al cable de daños por efecto corona y permite una distribución más uniforme del campo eléctrico. Las principales causas de usar un blindaje metálico son:

- Confinar el campo eléctrico, entre el conductor y el blindaje.
- Igualar esfuerzos de voltaje dentro de la aislación, minimizando descargas parciales.
- Proteger mejor el cable contra potenciales inducidos.
- Limitar las interferencias electromagnéticas o electrostáticas.
- Reducir peligros por golpes externos.

Las condiciones que determinan el uso de cable blindado son:

- Cuando el cable va directamente enterrado.
- Cuando en la superficie del cable se pueden concentrar cantidades importantes de partículas conductoras (sales químicas, etc).

2.4.1.- Tensiones inducidas.

El problema de cuantificar y minimizar las tensiones inducidas en las pantallas de los cables de energía, se refiere fundamentalmente a los cables unipolares, ya que las variaciones del campo magnético en los cables tripolares se anulan a una distancia relativamente corta del centro geométrico de los conductores y en consecuencia, las tensiones que se inducen en sus pantallas o blindajes son tan pequeñas que pueden despreciarse.

La conexión de las pantallas a tierra es de gran importancia. Si los extremos no se conectan, se inducirá en la pantalla una tensión muy cercana al potencial del conductor, en forma parecida a lo que ocurre en el secundario de un transformador; por lo que se recomienda aterrizar la pantalla, evitando peligros de choque eléctrico al personal y posible daño al cable por efecto de sobre tensiones inducidas en las pantallas, que pudieran dañar las capas de aislación.

Usualmente las conexiones se realizan en uno o más puntos. Al aterrizar la pantalla en un solo punto, la tensión inducida en la pantalla aumenta con la distancia al punto aterrizado. Si el cable trabaja en estas condiciones, es importante conocer cuál es la tensión máxima alcanzada en el extremo no aterrizado. Esta tensión se puede determinar en forma gráfica. Al aterrizar en ambos extremos o en más puntos la pantalla, se garantiza una tensión inducida baja a lo largo de todo el cable.

Cuando la pantalla está aterrizada en ambos extremos, la tensión inducida producirá la circulación de corriente a través de ella, la cual es función de la impedancia de la pantalla. Esta corriente inducida produce a su vez una caída de tensión que, punto a punto, es igual a la tensión inducida y el efecto neto de ambos fenómenos es nulo. Por esta razón, el potencial a tierra de las conexiones de los extremos se mantiene a lo largo de la pantalla del cable. Por lo tanto, es conveniente aterrizar la pantalla en el mayor número de puntos posibles, por razones de seguridad, por si se llegara a abrir alguna de las conexiones.

Esta corriente, producto de las tensiones inducidas en el cable no aterrizado, produce los siguientes efectos desfavorables en el cable:

- Aumenta las pérdidas.

- Puede reducir notablemente la capacidad de corriente nominal de los cables,
- sobre todo en calibres de mayor sección (350 MCM y mayores).
- Produce calentamiento que puede llegar a dañar los materiales que lo rodean
- (aislación y cubierta del cable).

2.5.- SELECCIÓN DE UN CONDUCTOR

Para la selección de un conductor se debe tener en cuenta las consideraciones eléctricas, térmicas, mecánicas y químicas. Las principales características de cada una de ellas se pueden resumirse de la siguiente forma:

Consideraciones eléctricas: tamaño (capacidad de corriente), tipo y espesor de la aislación, nivel de tensión (baja, media o alta), capacidad dieléctrica, resistencia de aislación, factor de potencia.

Consideraciones térmicas: compatibilidad con el ambiente, dilatación de la aislación, resistencia térmica.

Consideraciones mecánicas: flexibilidad, tipo de chaqueta exterior, armado, resistencia impacto, abrasión, contaminación.

Consideraciones químicas: aceites, llamas, ozono, luz solar, ácidos.

La selección del calibre o tamaño del conductor requerido para una aplicación, se determina mediante:

- Corriente requerida por la carga
- Caída de tensión admisible
- Corrientes de cortocircuito

El problema de la determinación de la capacidad de conducción de corriente es un problema de transferencia de calor. Ya sea en condiciones normales de operación, como en sobrecargas y en cortocircuito. Por tal razón algunos autores definen estas características en conceptos de temperaturas (incremento de temperatura por efecto Joule I^2R).

La verificación del tamaño o sección transversal del conductor se puede efectuar mediante los siguientes criterios:

- **En base a la capacidad de corriente:** se deben considerar las características de la carga, requerimientos del NEC, efectos térmicos de la corriente de carga, calentamiento, pérdidas por inducción magnética y en el dieléctrico. Cuando la selección del tamaño del cable se hace en base a este criterio, se recurre a tablas normalizadas donde para distintos valores de corriente se especifica la sección mínima del conductor a emplear. Debe tenerse presente cuando los cables van canalizados, o cuando pasan por fuentes de calor. La temperatura permanente no debe exceder del valor especificado por el fabricante, que generalmente está en el rango de 55 a 90 °C.
- **En base a sobrecargas de emergencias:** las condiciones de operación nominales de un cable aseguran una vida útil que fluctúa entre 20 y 30 años. Sin embargo, en algunos casos por condiciones de operación especiales se debe sobrepasar el límite de temperaturas de servicio, por tal motivo, en períodos prolongados, disminuye así su vida útil. Para este fin, IPCEA ha establecido temperaturas máximas de sobrecarga para distintos tipos de aislación. La operación a estas temperaturas no deben exceder las 100 horas por año, y con un máximo de 500 horas durante toda la su vida útil. Existen tablas donde, para distintos tipos de aislación, se especifica el factor de sobrecarga para casos de emergencias. Al operar bajo estas condiciones no se disminuye la vida útil del cable porque la temperatura en él se va incrementando paulatinamente hasta alcanzar su nivel máximo de equilibrio térmico, es por esto que los cables admiten la posibilidad de sobrecarga. Este criterio es válido para la selección de cables en media y alta tensión.
- **En base a la regulación de tensión:** se considera la sección que permita una caída de tensión inferior al 3% en el alimentador respecto a la tensión nominal, y que no supere al 5% en la carga más alejada. Este criterio es aplicable en baja tensión.
- **En base a la corriente de cortocircuito:** bajo condiciones de cortocircuito, la temperatura del cable aumenta rápidamente, y si la falla no es despejada se producirá la rotura permanente del aislante. IPCEA recomienda para cada tipo de aislación un límite de temperatura transitoria de cortocircuito, que no debe durar más de 10 segundos

Fuente: [El Prisma](#)

Lee más en [Artículos Técnicos](#), [Transmisión capacidad](#), [conductor](#), [diseño](#), [seleccion](#)

Entradas relacionadas