

Capítulo

2

Conductores eléctricos

Contenido

2.1	Bibliografía.	73	2.4	Conductores desnudos.	89
2.2	Introducción.	75	2.4.1	Conductores desnudos de cobre.	89
2.3	Materias primas y proceso de fabricación de conductores eléctricos.	77		a. Especificaciones para alambre desnudo duro, semiduro y suave.	
2.3.1	Metales.	77		b. Construcciones preferentes y diámetros exteriores nominales de los cables de cobre con cableado concéntrico.	
	a. Cobre.			c. Factores de corrección de resistencia por temperatura para conductores de cobre o de aluminio.	
	b. Aluminio.			d. Capacidad de conducción de corriente, (A), en conductores desnudos de cobre, aluminio y ACSR.	
	c. Plomo.			e. Barras rectangulares de cobre, corrientes admisibles.	
	d. Acero.			f. Alambre de cobre suave estañado.	
	e. Propiedades físicas de los metales a 20°C.			g. Conductores a base de AL serie 8000.	
2.3.2	Materiales aislantes para conductores eléctricos.	79	2.4.2	Conductores desnudos de aluminio y sus aleaciones.	94
2.3.2.1	Historia y descripción de los aislamientos.	79		a. Constantes físicas.	
	a. Hule natural.			b. Construcciones preferentes y diámetros exteriores nominales de los cables de aluminio con cableado concéntrico.	
	b. Hule SBR o GRS.			c. Características físicas y eléctricas de los cables de aluminio puro 1 350, (AAC).	
	c. Hule Butilo.			d. Capacidades de conducción de corriente para conductores de aluminio puro 1 350, (AAC).	
	d. Policloropreno (Neopreno).			e. Características físicas y eléctricas del cable de aleación de aluminio 5 005 (AAAC).	
	e. Polietileno clorosulfonado (CP), (HYPALON), (CSPE).			f. Capacidades de conducción de corriente para cables de aleación aluminio 5 005 (AAAC).	
	f. Polietileno clorado (CPE).			g. Características físicas y eléctricas del cable de aleación de aluminio 6 201 (AAAC).	
	g. Policloruro de vinilo (PVC) o (PVC-RAD)			h. Capacidades de conducción de corriente para cables de aleación de aluminio 6 201 (AAAC).	
	h. Polietileno (PE).				
	i. Polietileno de cadena cruzada (XLPE o XLP).				
	j. Etileno propileno (EPR o EP).				
2.3.2.2	Características principales de los aislamientos para conductores eléctricos.	83			
	a. Rigidez dieléctrica.				
	b. Constante dieléctrica.				
	c. Factor de potencia.				
	d. Resistencia de aislamiento.				
	e. Propiedades comparativas de los aislamientos.				
2.3.3	Proceso de fabricación de conductores eléctricos.	86			
	a. Breve descripción del proceso de fabricación.				

	i. Características físicas y eléctricas del cable de aluminio con alma de acero (ACSR).			
	j. Capacidades de conducción de corriente para cables de aluminio con alma de acero (ACSR)			
2.4.3	Conductores desnudos de copperweld.	104		
	a. Formación geométrica de los cables copperweld.			
	b. Características físicas y eléctricas del alambre y cable desnudos de copperweld.			
	c. Tablas de conductores cableados de copperweld y de cobre desnudos, para transmisión y distribución.		2.5.3	Cable para distribución subterránea (600 volts) tipo DRS (URD) 600 V 90°C 133
2.4.4	Conductores alumoweld desnudos.	108		
	a. Utilización del alumoweld.			
	b. Características mecánicas y eléctricas de los alambres y cables de alumoweld.			
	c. Tablas de selección de cables ACSR/AW - Diámetros iguales para ACSR.			
	d. Capacidades de conducción de corriente para cables ACSR/AW desnudos.			
2.5	Conductores aislados para baja tensión.	115	2.6	Conductores aislados para media y alta tensión. 137
2.5.1	Definición y clasificación.	115	2.6.1	Definición y clasificación. 137
	a. Clasificación de los conductores y características de los aislamientos.			a. Definición.
	b. Capacidad de conducción de corriente permisible en conductores de cobre aislados.			b. Clasificación.
	c. Factores de corrección por temperatura.		2.6.2	Construcción de cables para alta tensión. 137
	d. Dimensiones de conductores para 600 V con aislamientos termoplásticos o termofijos.			a. Conductor.
	e. Número máximo de conductores en tubo (CONDUIT) metálico, tipo semipesado, de medidas comerciales.			b. Pantalla de conductor.
	f. Características de cordones y cables flexibles de cobre.			c. Aislamiento.
	g. Capacidad de conducción de corriente en cordones y cables flexibles de cobre.			d. Pantalla de aislamiento.
	h. Distancia en metros para una caída de tensión máxima de 3 %.			e. Cubiertas exteriores (protectoras).
	i. Cálculo de resistencia y caída de tensión en un conductor.			f. Armaduras.
	j. Gráficas de caída de tensión en conductores de cobre aislados, tipos THW, THWN y RHW.		2.6.3	Pruebas a cable terminado. 139
2.5.2	Cables multiconductores.	127		a. Pruebas de rutina.
	a. Definición.			b. Pruebas de aceptación.
	b. Cable control LS para 600 V, aislamiento y cubierta exterior de PVC, no propagador de incendio.			c. Pruebas de campo.
	c. Cable control para 1 000 V, aislamiento de polietileno natural y cubierta exterior de PVC.		2.6.4	Espesores de aislamientos. 141
				a. Selección de espesor de aislamiento.
				b. Espesores de aislamiento (XLPE o EPR), tensiones de prueba c.a. y c.c., y calibre de conductores.
			2.6.5	Cables de media y alta tensión para distribución subterránea. 142
				a. Dimensiones nominales de cables tipo DS.
				b. Dimensiones nominales para cables de EPR para 69 kV categoría I.
				c. Dimensiones nominales para cables de XLPE para 69 y 115 kV categoría I.

- d. Gráficas de corrientes de cortocircuito permisibles para cables de alta tensión, con conductor de aluminio y aislamiento de XLPE o EPR.
- e. Gráficas de corrientes de cortocircuito permisibles para cables de alta tensión, con conductor de cobre y aislamiento de XLPE o EPR.

2.6.6	Instalación de cables DS.	147
	a. Tipos de instalación.	
	b. Tensión de jalado.	
	c. Ejemplo de aplicación.	

2.1 Bibliografía

- Normas Mexicanas NMX-J-ANCE.
Productos eléctricos-conductores (varias).
- Norma Oficial Mexicana NOM-063-SCFI, Productos eléctricos - conductores - requisitos de seguridad .
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE.
Instalaciones eléctricas (utilización).
- Normas CFE E0000 y PEMEX, para conductores eléctricos.
- Catálogo general de productos VIAKON.
- Aluminum Electrical Conductor Handbook.
The Aluminum Association.
- Manual Técnico de Copperweld Steel Company.
Wire and Cable Division.
- Insulated Cable Engineers Association /
National Electrical Manufacturers Association
(ICEA / NEMA).

2.2 Introducción

Se puede definir como conductor eléctrico aquel componente de un sistema, capaz de permitir el paso continuo de una corriente eléctrica cuando es sometido a una diferencia de potencial entre dos puntos.

En general, toda forma de materia en estado sólido o líquido posee en algún grado propiedades de conductividad eléctrica, pero determinados materiales son relativamente buenos conductores y otros están casi totalmente desprovistos de esta propiedad.

Como ejemplo, los metales son los mejores conductores, mientras que otras sustancias tales como óxidos metálicos, sales, minerales, y materiales fibrosas presentan una conductividad relativamente baja. Algunas otras sustancias tienen una conductividad tan baja que se clasifican como no conductores denominándose con mayor propiedad dieléctricos o aislamientos eléctricos.

Los conductores eléctricos se utilizan para permitir el paso de una corriente eléctrica entre dos puntos con diferente potencial eléctrico. Cuando se presenta este paso de corriente eléctrica se dice que se ha establecido un circuito; el cual se puede definir por medio de cuatro propiedades eléctricas fundamentales: RESISTENCIA, INDUCTANCIA, CAPACITANCIA Y RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

Un conductor eléctrico es un elemento de un sistema constituido de un material de alta conductividad eléctrica que puede ser utilizado para el transporte de energía eléctrica.

En general y para nuestros fines, un conductor eléctrico consta de un filamento o alambre, de una serie de alambres cableados y/o torcidos, de material conductor, que se utiliza desnudo, o bien cubierto con material aislante. En aplicaciones donde se requieren grandes tensiones mecánicas se utilizan bronce, acero y aleaciones especiales. En aplicaciones electrónicas ultrafinas y en pequeñas cantidades, se utilizan el oro, la plata y el platino como conductores.

2.3 Materias primas y proceso de fabricación de conductores eléctricos

Las materias primas más comúnmente utilizadas en la fabricación de conductores eléctricos son:

Metales: cobre, aluminio, plomo y acero.

Aislamientos: materiales termofijos, termoplásticos, resina y papel.

2.3.1 METALES

a) COBRE

Elemento químico monovalente, su símbolo químico es Cu. Es un metal sumamente dúctil y maleable de un color rojizo pardo brillante, y uno de los mejores conductores del calor y la electricidad. Existe abundantemente en la naturaleza, tanto en el estado nativo, como en la forma de diversos minerales constituidos por óxidos y sulfuros.

Metalurgia del Cobre: En el beneficio del cobre se siguen dos procedimientos de acuerdo a su composición mineral. Los que contienen cobre nativo o en forma de sulfuros se someten al proceso de la fundición. Los óxidos se disuelven mediante reactivos adecuados, para recuperar después el cobre por precipitación y refinación.

El mineral de cobre se funde dos veces, la primera tiene por objeto obtener la mata de cobre, o sea, una mezcla de sulfuros de cobre y hierro, esta operación se realiza en

hornos de reverbero, la segunda tiene por objeto afinar la mata separando el cobre del azufre y el hierro; esto se consigue fundiéndola en un horno convertidor en presencia de una corriente de aire constante. El azufre se escapa en forma de SO_2 , y el hierro se convierte en óxido que se elimina en la escoria. El producto se conoce como cobre negro (Blister).

Finalmente, el cobre negro (Blister), se somete a la refinación electrolítica que se efectúa haciendo pasar una corriente eléctrica por una solución acidulada (Sulfato de Cobre CuSO_4). El ánodo lo constituye el cobre que se desea refinar y para el cátodo se utiliza cobre puro. El cobre electrolítico suele poseer una pureza que fluctúa entre 99.92 y 99.96 por ciento y la mínima requerida para la fabricación de conductores eléctricos es de 99.9 por ciento.

b) ALUMINIO

Elemento químico trivalente, su símbolo químico es Al. Es un metal dúctil y maleable, de un color plateado, buen conductor de calor y electricidad. No existe en estado nativo en la naturaleza, siendo muy abundante en el silicato de alúmina y en bauxita (óxido de aluminio).

Metalurgia del Aluminio: El beneficio del aluminio se logra por medios electrolíticos, mezclando la bauxita purificada (óxido de aluminio), con criolita fundida (fluoruro doble de aluminio y sodio), a una temperatura de 980°C en un crisol de carbón que sirve como electrodo negativo. El electrodo positivo está formado por carbón. Entre ambos se hace pasar una corriente eléctrica continua depositándose el aluminio fundido en el fondo del crisol, de donde es sangrado hacia las lingoteras, y/o al proceso de colada continua para obtener rollos de alambón de aluminio.

c) PLOMO

Su símbolo químico es Pb. Es un metal blando y maleable, muy denso, de color gris opaco, y se funde a 327.4°C. El plomo existe en estado nativo pero es muy raro y se obtiene principalmente de la galena (sulfuro de Plomo).

Metalurgia del Plomo: Se principia por tostar la galena a fin de eliminar una parte de azufre. En el caso de concentrados se procede a fundirlos sin ninguna preparación, esto suele efectuarse en un alto horno. La carga consiste en una mezcla de galena, coque y algún fundente ferruginoso. De la parte inferior del horno se extrae el plomo fundido, refinándose después. El plomo puede alcanzar purezas hasta de un 99.90 por ciento.

d) ACERO

Es un metal derivado del hierro y está compuesto principalmente de hierro, carbono y manganeso.

Metalurgia del Acero: El mineral de hierro se combina con coque y caliza, donde se transforman dentro de un horno en metal derretido mediante aire caliente. El metal fundido se deposita en el fondo, es sangrado y transportado a los hornos convertidores y por medio de aire caliente se le queman las impurezas y se añaden carbono y manganeso.

e) PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS METALES A 20°C

	COBRE Temple Suave	ALUMINIO 1 350-H 19	PLOMO	ACERO
Número Atómico.	29	13	82	—
Peso Específico, gr/cm ³	8.89	2.705	11.3	7.8
Coefficiente de Temperatura por °C a 20°C.	0.003 93	0.004 03	0.003 9	0.005 6
Conductividad Eléctrica (I.A.C.S.)*, %	100	61	—	—
Conductividad Térmica. cal/cm ³	0.93	0.52	0.083	0.11
Temperatura de Fusión, °C	1 083	660	327	1 300 -1 475
Coefficiente de Dilatación Lineal por °C.	16.22 x 10 ⁻⁶	23.0 x 10 ⁻⁶	28.0 x 10 ⁻⁶	11.5 x 10 ⁻⁶
Calor Específico, cal/gr/°C.	0.091 8	0.225 9	0.031	0.107
Resistividad Volumétrica a 20°C. ohm-mm ² /m	0.017 241	0.028 265	—	—
Resistividad Eléctrica (ohm, en 304.8m a 20°C)	10.371	17.0	132.31	72.17
Esfuerzo de Tensión, Temple duro, kg/cm ²	3 870	1 820	—	—
Esfuerzo de Tensión, Temple suave, kg/cm ²	2 250	845	—	—
Módulo de Elasticidad, kg/cm ²	1 200 000	702 000	—	2 030 000
Resistencia al Corte, kg/cm ²	1 750	665	—	—
Resistencia Límite de Fluencia, kg/cm ²	560	350	—	—

* Para el cobre temple suave.

2.3.2 MATERIALES AISLANTES PARA CONDUCTORES ELÉCTRICOS

2.3.2.1 HISTORIA Y DESCRIPCIÓN DE AISLAMIENTOS

Antes de la Segunda Guerra Mundial, uno de los materiales que se conocía y empleaba era el hule natural. Era empleado en cables, como aislamiento y como cubierta exterior. En lo que a los plásticos se refiere, éstos estaban en esta época en su primera infancia. Para 1930 aparece el policloruro de vinilo (PVC), primer termoplástico que se empleó como aislamiento para baja tensión. Su uso original se limitó inicialmente a una temperatura de operación de 60°C, para lugares secos y para tensiones de 600 volts. Posteriormente se desarrollaron compuestos de PVC para 60 ó 75°C en presencia de agua, así como los de 90°C ó 105°C y con características mejoradas de baja emisión de humos, no propagadores de incendio y de bajo contenido de gas ácido.

Para estas épocas, antes de la invención de materiales sintéticos, estaba ampliamente difundido el uso de algodón y papel aislante en la fabricación de conductores eléctricos.

Poco antes de 1930, se introdujeron al mercado de los conductores eléctricos varios hules sintéticos con propiedades especiales. De éstos, el que ha logrado subsistir en su aplicación es el policloropreno (neopreno). Al principio se desarrolló como un material elastomérico especialmente resistente a los aceites, pero sus compuestos y formulaciones se fueron mejorando hasta lograr un excelente material para cubiertas de cables, que vino a reemplazar al hule natural.

Durante la Segunda Guerra Mundial, debido a la poca disponibilidad de hule natural, surgió la necesidad de desarrollar nuevos materiales sintéticos, que por lo menos sirvieran como aislamientos de baja tensión. Así por ejemplo, en Alemania, se implementó el hule estireno-butadieno, conocido como elastómero o hule GRS o SBR. En poco tiempo la industria de aislamientos para conductores eléctricos logró desarrollar una gran cantidad de varios y mejores aislamientos que hoy se manejan en la industria de la fabricación de conductores eléctricos.

En este sentido conviene aclarar que un elastómero es un material que es capaz de recuperarse rápida y fácilmente de fuertes deformaciones mecánicas, después de que se ha sometido a un proceso de vulcanización.

Un material termoplástico es un material que se puede suavizar por calentamiento o endurecerse por enfriamiento. Los materiales elastoméricos no cambian de forma con la aplicación de calor después de vulcanizados, en cambio un termoplástico sí cambia de forma al calentarse. Los materiales termofijos son compuestos que tienen la estructura química de la familia de los plásticos, pero su estructura y su composición permite en ellos una vulcanización que les confiere cualidades de termoestabilidad semejante a las de los compuestos elastoméricos o hules sintéticos.

A partir de 1945 se fueron desarrollando excelentes materiales tanto elastoméricos, como los termoplásticos que han permitido un excelente progreso en la industria de cables, entre estos materiales se tiene el hule butilo, el polietileno convencional, el polietileno de cadena cruzada o polietileno vulcanizado, el etileno propileno, el polietileno clorosulfonado, el polietileno clorado, el hule silicón, etc.

Uno de los materiales que se usó desde los albores de la industria manufacturera y aún se emplea en la baja fabricación de conductores eléctricos, es el papel aislante de grado eléctrico impregnado en aceite.

Este tipo de aislamiento se forma principalmente por la aplicación de tiras de papel en forma helicoidal sobre el conductor metálico. Se colocan sucesivamente, una capa tras otra, hasta obtener el espesor de aislamiento adecuado para la tensión (volts) a que va a operar el cable. Una vez logrado el espesor total del aislamiento, el cable se somete a un secado de alto vacío donde se le extrae la humedad para después pasar al proceso de impregnación en aceite de altas propiedades dieléctricas. Finalmente se aplica sobre el cable una cubierta protectora de plomo por medio de un proceso de extrusión. Esta es la construcción más simple de un cable aislado con papel impregnado y cubierta protectora de plomo; sin embargo, esta construcción puede ser más elaborada e incluir cintas semiconductoras, pantallas metálicas, cubiertas de plomo protegidas con yute, material termoplástico, o con armadura de acero.

El papel impregnado en aceite tiene excelentes propiedades dieléctricas:

Factor de potencia, %	0.5 - 2
Constante dieléctrica, SIC	3 - 5
Constante de resistencia de aislamiento, K, MΩ-km	3 000
Rigidez dieléctrica, c.a., kV/mm	22
Rigidez dieléctrica, Impulsos, kV/mm	73

De los valores de factor de potencia y de constante dieléctrica en este tipo de cable, se concluye que las pérdidas dieléctricas son mínimas y el espesor reducido del aislamiento de papel queda justificado por su alta rigidez dieléctrica.

La cubierta protectora de plomo sirve para proteger el aislamiento contra los agentes mecánicos, químicos, intemperie y humedad. Si por alguna razón la cubierta protectora se perfora, la entrada de humedad al aislamiento se hace inevitable. La presencia de humedad en el aislamiento causa la falla inmediatamente.

En los cables con aislamiento de papel, aunque se tiene especial cuidado para desgasificar el compuesto impregnante antes de usarlo, hay un límite de la cantidad de gas o aire que puede extraerse bajo las condiciones comerciales de fabricación. También el vacío aplicado a los tanques de impregnación antes de la admisión del compuesto, no puede ser en la práctica menor de 2 mm absolutos, así que siempre queda una cierta cantidad de aire que luego permanecerá en el dieléctrico de cable.

En un cable con aislamiento de papel impregnado sujeto a ciclos de calentamiento y enfriamiento, el compuesto se expande y como resultado, la cubierta de plomo se dilata.

Cuando el cable se enfría durante los períodos de baja carga, el compuesto se contrae, pero la cubierta de plomo no lo hace con él, debido a su inelasticidad, resultando entonces la formación de cavidades llenas de aire en el

aire o gas, bajo la acción de un campo eléctrico, resulta una ionización del aire (efecto corona) con sus dos consecuencias perjudiciales al aislamiento: impactos sobre el material aislante y formación de ozono.

Las magníficas propiedades dieléctricas del papel impregnado, las da precisamente el aceite; sin embargo, por muy viscoso que sea, siempre habrá el riesgo de que emigre (desniveles entre los diferentes puntos del cable o diferencias de temperaturas a lo largo del mismo). Lo anterior deja a ciertas zonas con menos aceite que el

necesario, dando como resultado el empobrecimiento dieléctrico de tales zonas y produciéndose el rompimiento de la rigidez dieléctrica del aislamiento.

En cables aislados con papel impregnado y cubiertas de plomo, la elaboración de las uniones y de las terminales es compleja y delicada, que requiere de personal especializado y forman puntos vulnerables en la instalación, pues la posibilidad de falla en esos puntos no es remota.

a) HULE NATURAL

Como se indicó antes, este material tuvo una época en que no tenía competencia para la fabricación de aislamientos y cubiertas de cables eléctricos; sin embargo, actualmente se emplea una cantidad muy pequeña para este propósito. Necesita formularse especialmente para lograr compuestos resistentes a la humedad, al calor, a los aceites y de resistencia mecánica alta. Actualmente no puede competir con los hules sintéticos (elastómeros), que se han desarrollado.

b) HULE SBR o GRS

Fue el primer material que reemplazó al hule natural, se le conoce como hule estireno-butadieno, hule BUNA-S, hule SBR o GRS. Aunque su resistencia mecánica es inferior al hule natural, puede formularse para lograr un compuesto de buenas cualidades eléctricas para cables de baja tensión, es más resistente al calor y humedad que el hule natural. Aún se emplea como aislamiento para tensiones hasta de 2 000 volts. Su uso se limita a aplicaciones de baja tensión porque hay otros aislamientos plásticos y elastoméricos que le llevan toda la ventaja para tensiones altas. Se emplea para temperaturas de operación hasta de 90°C.

c) HULE BUTILO

Este material es un polímero del isobutileno-isopreno. Aunque este material fue desarrollado en 1940, tomó algunos años vencer algunos problemas técnicos de proceso para poder emplearlo como aislamiento de conductores eléctricos. Sin embargo, en 1947 se empezó a lograr una enorme producción de cables con este aislamiento para tensiones hasta de 35 000 volts.

Una vez que las dificultades de formulación y preparación de compuestos de hule butilo fueron vencidas, se logró tener un excelente aislamiento para alta tensión. Este aislamiento puede trabajar a temperaturas de operación continua hasta de 90°C. Es inherentemente resistente al ozono y a la humedad. Muy resistente al calor, de buena resistividad y rigidez dieléctrica, de buenas propiedades mecánicas y excelente resistencia a la deformación térmica.

Este es un buen aislamiento para cables, pero prácticamente ha sido desplazado por nuevos y mejores materiales.

d) POLICLOROPRENO, (NEOPRENO)

Alrededor de los años treinta se desarrolló para la industria de cables un nuevo material que parecía ser muy especial para aquella época. Con el paso del tiempo se convirtió en un caballito de batalla para aplicaciones como cubiertas de cables. Este material es el neopreno, y aunque tiene actualmente algunas limitaciones, aún se usa extensamente.

El neopreno, químicamente, es un polímero del cloropreno, que solo tiene aplicación como aislamiento eléctrico en conductores de baja tensión, 600 volts, ya que su contenido de cloro hace sus cualidades aislantes no sean muy elevadas. Su principal o mayor uso es, como se indicó antes, en la fabricación de cubiertas exteriores de cables aislados. Pueden prepararse compuestos de él con muy buena resistencia mecánica a la tensión y al rasgado. Por su estructura química es resistente al aceite, a los materiales químicos, al calor, la humedad y la flama. Es altamente resistente al ozono y al ataque de la intemperie.

En relación a su resistencia a la flama, como en su constitución contiene cloro, el material es prácticamente no propagador de ella, es decir, cuando a un compuesto de neopreno se le aplica una flama, continuará ardiendo mientras la flama se sostiene, pero en el momento en que ésta se retira, el neopreno deja de quemarse, por esta razón es muy usado como cubierta exterior no propagadora en aislamientos que sí propagan la flama.

El neopreno es capaz de operar un rango muy amplio de temperaturas; empleado como cubierta exterior puede trabajar a temperaturas tan bajas como -65°C y especialmente formulado puede usarse como aislamiento de cables con temperatura de operación de 90°C.

**e) POLIETILENO CLOROSULFONADO, (CP)
(HYPALON), (CSPE)**

Este material es de aplicación más reciente que el neopreno, en la industria manufacturera de conductores eléctricos. Está especificado por la Norma NMX-J- 061 como aislamiento de los cables tipo RHH y RHW. Puede emplearse como un compuesto aislamiento-cubierta integral para muchos tipos de cables, especialmente del tipo automotriz.

Posee buenas cualidades eléctricas para usarse como un aislamiento eléctrico de baja tensión. Posee una gran resistencia al ozono y al efecto corona. Tiene muy buena resistencia al calor y a la humedad y pueden prepararse formulaciones especiales para muy bajas temperaturas. Su constante dieléctrica, su factor de potencia y sus otras características eléctricas no permiten aplicarlo como un aislamiento para altas tensiones.

Resistente al calor, al intemperismo, al oxígeno y a los aceites.

f) POLIETILENO CLORADO, (CPE)

Este polímero existe tanto en compuestos termoplásticos, como en termofijos (elastoméricos). Al igual que el neopreno y que el hypalon, por sus propiedades dieléctricas inherentes, el CPE se emplea únicamente como aislamiento en productos de baja tensión, 600 volts y encuentra su principal aplicación en el área de la fabricación de cubiertas exteriores para alambres y cables. Hay CPE para 90 y para 105°C. Uno de sus recientes usos se encuentra como aislamiento de los cordones térmicos portátiles para plancha, tipo HPN.

g) POLICLORURO DE VINILO (PVC) O (PVC-RAD)

Los compuestos aislantes de este material tienen como base el polímero del cloruro de vinilo.

Las primeras formulaciones de policloruro de vinilo para la fabricación de compuestos termoplásticos aislantes, se empezaron a desarrollar a partir de 1 930 y aunque en un principio esos compuestos solo se emplearon para conductores cuyas temperaturas de operación fueron de 60°C, posteriormente se mejoraron y actualmente existen compuestos que pueden emplearse en cables con temperaturas en el conductor de 90 y 105°C y para tensiones de 600 volts.

Debido a que los compuestos de PVC contienen cloro en sus moléculas, son inherentemente no propagadores de flama, sobre todo en los casos en los que se preparan formulaciones especiales para lograr no solo esta cualidad, sino para hacerlos resistentes a la no propagación de incendio, de baja emisión de humos y bajo contenido de gas ácido.

Los compuestos de PVC tienen muy buenas propiedades mecánicas, pero sus cualidades eléctricas no son sobresalientes, sobre todo si se le compara con otros

aislamientos nuevos que se han venido desarrollando y por esta causa su aplicación se limita en nuestro medio a emplearlo para tensiones no mayores de 600 volts (en Europa debido a la escasez de otros materiales para alta tensión, se prepararon compuestos especiales de PVC que sirvieron para cables de energía hasta de 23 000 volts, sin embargo su alta constante dieléctrica y factor de potencia hacen de él un aislamiento de altas pérdidas dieléctricas que lo limitan para emplearlo en cables de alta tensión).

El PVC se emplea en la fabricación de alambres y cables de los tipos T, TW, THW, THHN, THWN, THHW, THHW-LS, y además por sus magníficas propiedades de resistencia mecánica, no propagación de la flama ni del incendio y de resistencia a los aceites, es ampliamente usado como cubierta exterior de cables con aislamiento de polietileno, polietileno vulcanizado o etileno propileno usados para alta tensión.

Cuando se requieren cables especialmente resistentes a la humedad, a los aceites, ácidos, álcalis, gasolinas y productos químicos o cuando se busca proporcionar a los cables una resistencia mecánica superior, puede reforzarse el aislamiento de PVC con una capa muy delgada de nylon.

h) POLIETILENO (PE)

Es un material termoplástico constituido por cadenas lineales o ramificadas de monómeros de etileno. Fue originalmente desarrollado en 1 937 y abundantemente fabricado en los Estados Unidos a partir de 1 940.

Eléctricamente, el polietileno posee el mejor conjunto de cualidades que se pueden esperar en un aislamiento sólido: alta rigidez dieléctrica, bajo factor de potencia y constante dieléctrica, alta resistividad volumétrica. Sus propiedades mecánicas son buenas, sin embargo sus limitaciones principales son su pobre resistencia a la flama, su termoplasticidad, su deterioro por la acción de los rayos ultravioleta y su poca resistencia a la ionización.

El polietileno convencional está normalizado como aislamiento para conductores para 600 ó 1 000 volts, cuya temperatura de operación en el conductor no exceda de 75°C.

El polietileno natural de baja densidad está formado por la polimerización de moléculas de etileno en forma lineal simple, pero si el proceso de polimerización se conduce a baja presión se obtienen cadenas con ramificaciones resultando un compuesto más duro y rígido y especialmente resistente a la abrasión, que si se pigmenta con negro de humo especial proporciona un material excelente para cables tipo intemperie o para distribución aérea de baja tensión.

Por sus buenas propiedades mecánicas y su alta resistencia a la humedad, también se emplea para cubiertas exteriores de algunos cables de energía y en cables de comunicaciones subterráneos o aéreos.

Es el material por excelencia para fabricar los aislamientos de cables telefónicos.

i) POLIETILENO DE CADENA CRUZADA (XLPE o XLP)

El polietileno de cadena cruzada, polietileno reticulado o simplemente XLPE, se produce por la combinación de un polietileno termoplástico y un peróxido orgánico adecuado, bajo ciertas condiciones de presión y temperatura. El aislamiento resultante es de color natural o café claro dependiendo del tipo de antioxidante que se emplee en la preparación. La resina de polietileno reticulada se puede emplear pura o mezclada con negro de humo o cargas minerales que le mejoran sus propiedades físicas, pero disminuyen sus cualidades eléctricas, por lo que esta combinación solo se emplea como aislamiento para cables hasta 5 000 volts, sin cubierta exterior.

Después de la extrusión, el cable aislado con polietileno vulcanizable pasa a través de una línea de vulcanización con gas o vapor a alta presión y temperatura con lo que el material se convierte de termoplástico en termofijo,

es decir el aislamiento ya no se funde o escurre a altas temperaturas.

Los aislamientos de polietileno reticulado para altas tensiones tienen buenas cualidades mecánicas, poseen buena resistencia a la compresión y deformación térmicas y tienen una excelente resistencia al envejecimiento por altas y bajas temperaturas. Sus cualidades eléctricas como rigidez dieléctrica, factor de potencia, constantes dieléctricas y de aislamiento, así como su estabilidad eléctrica en agua son sobresalientes. Es altamente resistente al ozono, a la humedad y productos químicos. El polietileno vulcanizado es un aislamiento para temperaturas de 90°C en operación normal, 130°C en condiciones de emergencia y 250°C en condiciones de cortocircuito y se ha llegado a emplear en cables de energía para tensiones de: 69, 115, 230 y 525 kV.

j) ETILENO PROPILENO (EPR o EP)

El aislamiento de etileno propileno comúnmente conocido como EPR, es un material elastomérico obtenido a partir del etileno y del propileno.

Un aislamiento típico de EPR para alta tensión es un compuesto que se prepara mezclando la resina de etileno-propileno con varios ingredientes más, como por ejemplo cargas minerales, antioxidantes, plastificantes, agentes de vulcanización, etc. y al igual que en el XLPE el cable aislado con el compuesto de EPR, se somete a un proceso

de vulcanización obteniéndose un material termofijo. Los aislamientos de EPR debidamente formulados y procesados poseen muy buenas cualidades eléctricas y físicas; sobresaliente resistencia térmica y al ozono así como una excelente estabilidad eléctrica en agua. Los cables aislados con etileno propileno poseen una muy buena flexibilidad que permite un adecuado manejo durante la instalación. Los rangos térmicos de trabajo son los mismos que se mencionan para el XLPE.

2.3.2.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS AISLAMIENTOS PARA CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Debe recordarse que un material aislante es toda sustancia de tan baja conductividad que el paso de la corriente eléctrica a través de ella es prácticamente despreciable.

En relación con la idea anterior, se tiene en cada aislamiento eléctrico una cierta cantidad de características o parámetros que permiten estudiar, evaluar y comparar estos materiales. Por ejemplo los valores mecánicos importantes son: la resistencia a la tensión mecánica y al alargamiento de un material antes y después de someterlos

a una prueba de envejecimiento acelerado, así como también su dureza y flexibilidad. Entre las cualidades eléctricas están: la rigidez dieléctrica del material, su resistividad, su factor de potencia y su constante dieléctrica. Otros aspectos importantes serán su resistencia al calor, al ozono, a la humedad, a la intemperie, a la luz solar, a los aceites y productos químicos.

Antes de analizar datos comparativos de los aislamientos conviene aclarar el significado de los diferentes conceptos en cuestión.

a) RIGIDEZ DIELECTRICA

La rigidez dieléctrica o gradiente eléctrico de un aislamiento representa el número de volts requerido para perforarlo. En un aislamiento cuya sección no cambie a través de su espesor, está dada por la relación entre la tensión (volts) aplicada y el espesor del aislamiento (kV/mm).

En un aislamiento cuya sección transversal cambia a través de su espesor, como es el caso de un cable que tiene un radio mínimo en la vecindad del conductor y máximo en la superficie exterior, el gradiente dieléctrico es variable (siendo máximo en la superficie del conductor).

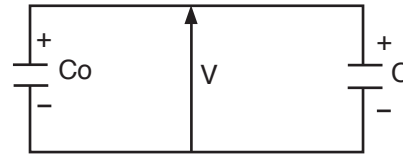
Según la forma como se mida el gradiente eléctrico se pueden obtener valores diferentes. En un cable por ejemplo, se puede medir de las siguientes formas:

- Con corriente alterna incrementando la tensión (volts) en forma escalonada, hasta la falla.
- Con corriente alterna incrementando rápidamente la tensión (volts), hasta la falla.
- Con impulsos eléctricos de muy alta tensión (volts), pero de muy poca duración (micro-segundos).
- Con corriente directa incrementando gradualmente la tensión (volts).
- Con corriente alterna a una mediana tensión (volts), pero a largo tiempo.

b) CONSTANTE DELÉCTRICA (SIC)

La constante dieléctrica o capacidad inductiva específica (SIC) de un aislamiento es la relación entre la capacitancia de un condensador cuyo dieléctrico sea el aislamiento en cuestión y la capacitancia del mismo condensador con aire como dieléctrico.

La constante dieléctrica de un aislamiento en un cable determina la corriente de carga capacitiva que se produce en el cable y que se traduce en pérdidas dieléctricas. Conviene que tenga un valor lo más bajo posible.



$$SIC = \frac{C}{C_o} \text{ (sin unidades)}$$

donde:

C = capacitancia del material aislante.

C_o = capacitancia en aire.

$$C_n = \frac{0.024 \cdot 13}{\log_{10} \frac{R}{r}} \mu F \times km^{-1}$$

donde:

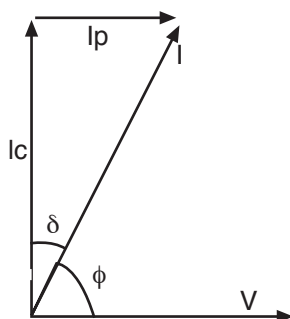
C_n = Capacitancia al neutro del cable

R = Radio exterior del aislamiento

r = Radio exterior del conductor.

c) FACTOR DE POTENCIA (f.p.)

También conocido como factor de pérdidas de aislamiento, representa la relación entre la potencia activa disipada en el dieléctrico (W_a) y la potencia reactiva (W_r). Es mayor mientras más imperfecto sea el dieléctrico; es decir, mayor será la corriente de pérdidas (I_p) que se presenta cuando el desfaseamiento entre la tensión (volts) aplicada y la corriente capacitiva (I_c) inducida, es menor de 90°.



$$\delta + \phi = 90^\circ$$

δ = ángulo de pérdidas

$$W_r = I_c V$$

$$W_a = I_c V \cot. \phi$$

$$\text{Factor de potencia} = \frac{W_a}{W_r} = \cos \phi$$

El factor de potencia en un aislamiento aumenta con la presencia de humedad y con la elevación de temperatura. La medición del factor de potencia es uno de los medios más efectivos para detectar humedad o deterioro de un aislamiento.

El factor de potencia, junto con la constante dieléctrica del aislamiento, determina las pérdidas dieléctricas de un cable. Por lo tanto conviene que el factor de potencia sea lo más bajo posible.

d) RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (R_a)

La resistencia del aislamiento mínima especificada de un cable es la resistencia media entre el conductor y un electrodo que se encuentra envolviendo la superficie exterior de aislamiento. En base a las dimensiones del cable se puede determinar lo que se llama la constante de resistencia de aislamiento (K) que es independiente de las dimensiones.

Las pruebas de resistencia de aislamiento son una forma sencilla para determinar el deterioro de un aislamiento y suelen efectuarse en la fábrica y en el campo, para determinar el estado de un cable.

La resistencia del aislamiento mínima especificada se calcula con la fórmula:

$$R_a = K \log_{10} \left(\frac{D}{d} \right) F_t F_L$$

en donde:

R_a = Resistencia de aislamiento en Mohm/km

K = Constante de resistencia de aislamiento (depende del material empleado)

D = Diámetro sobre el aislamiento en mm

d = Diámetro sobre el conductor en mm

F_t = Factor de corrección por temperatura (unitaria a 15.6°C ó 60°F)

F_L = Factor de corrección por longitud = $\frac{1000}{\text{long. real del cable}}$

Valores típicos de K a 15.6°C (Mohm/km).

PVC	150
Polietileno	15 250
XLPE	6 100
EPR	6 100
Papel impregnado	3 000

**e) PROPIEDADES COMPARATIVAS
DE AISLAMIENTOS**

CARACTERÍSTICAS	BUTILO	POLIETILENO CLORO SULFONADO (HYPALON, CP)	ETILENO PROPILENO (EPR)	POLICLORO- PRENO (NEOPRENO)	POLICLORURO DE VINILO (PVC)	POLIETILENO (PE)	POLIETILENO VULCANIZADO (XLPE)
Resistividad Ohm/cm	10 ¹⁷	10 ¹⁴	10 ¹⁵ - 10 ¹⁷	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹⁴	10 ¹⁵ - 10 ¹⁷
Rigidez dieléctrica kV/mm (c.a. elev. rápida)	16	—	18	14	16	20	20
Rigidez dieléctrica kV/mm (impulsos)	47	—	54	48	47	60	60
Constante dieléctrica (SIC) a 60Hz y 75°C	3.5	7.0	2.7	9.0	5.5	2.5	2.5
Factor de potencia % a 60Hz y 75°C	1.5	3.0	0.05	3.5	3.0	0.05	0.05
Resistencia a la tracción kg/cm ²	175-211	175	35	211-283	120	120-170	—
Alargamiento %	400-800	700	200-400	800-900	500	375-300	400-600
Densidad	0.91	1.12-1.28	1.2	1.23-1.25	1.21	0.93-0.95	0.92
Temperatura de fragilidad °C	-60	-60	-70	-55	-55	-60	-80
Temperatura máx. de operación °C	105	105	90	90	60-75-90-105	90	90
Resistente a:							
oxidación	B - E	E	E	E	R	E	E
ozono	E	E	E	E	R	E	E
desgarre	B	E	R-B	B	MB	B	B
abrasión	B	E	B-E	E	E	E	E
radiación	P	R-B	—	P	R	P-R	P-R
ácidos diluidos	E	E	E	E	P	B	R
ácidos concentrados	E	MB	E	B	P	R	R
hidrocarburos alifáticos	P	B	P	B	P	R	R
hidrocarburos aromáticos	P	R	P	R	B	B	B
hidrocarburos clorinados	P	P	P	M	B	B	B
aceites y gasolinas	M	B	P	B	B	B	B
aceite animal y vegetal	E	B	B-E	B	B	E	B
absorción de agua	E	B	E	B	M	E	E
envejecimiento solar	M	E	E	MB	E	E	E
envejecimiento por:							
temperatura (100°C)	B	E	E	B	B	B	E
Flama	P	B	P	B	B	R	B
Alcalis	M	B	MB	B	B	B	B

E = excelente, MB = muy bueno, B = bueno, R = regular, P = pobre, M = malo.

2.3.3 PROCESO DE FABRICACIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

COLADA CONTINUA	TREFILADO	CABLEADO	AISLAMIENTO	APLICACIÓN DE PANTALLA	REUNIDO	APLICACIÓN DE RELLENO	CUBIERTA EXTERIOR	MEDICIÓN Y EMPAQUE
 cátodo	 grueso	 concéntrico	 extrusión PVC		 control	 relleno yute	 extrusión nylon	 medición
 horno	 intermedio	 flexible	 extrusión PE	 semiconductora	 uso rudo		 extrusión PVC	 empaque
 molino	 fino	 super flexible	 extrusión y vulcanizado, XLPE, EPR, NEOPRENO, etc.	 pantalla metálica	 energía baja tensión	 tubular de PVC	 extrusión y vulcanizado CP, CPE, neopreno.	 carrete
 decapado y protección				 alambre ó cinta de cobre				

productos terminados

ALAMBRÓN DE COBRE:	ALAMBRE DESNUDO	CABLE DESNUDO	ALAMBRES Y CABLES AISLADOS	PANTALLA ELECTROSTÁTICA PARA CABLE DE MEDIANA Y ALTA TENSIÓN	ejemplo:	CORDONES USO RUDO: CABLES DE ENERGÍA DE BAJA TENSIÓN, MULTICONDUCTORES.	CUBIERTA EXTERIOR	ALMACÉN Y EMBARQUE
ejemplo: 12.5 mm (1/2") 10.0 mm (3/8") 8.0 mm (5/16")	ejemplo: calibres varios para uso en alambre magneto, alambre desnudo o alambre para cordones y/o cables.	ejemplo: cables en secciones o calibres normalizados (comerciales).	ejemplo: Viakon THW Viakon THHW-LS Viakon TWD Viakon RHW Viakon XHHW	ejemplo: Viakon XLPE Viakon EPR Viakon EPR-DRS Viakon XLPE 115 kV	ejemplo: cables de control cable de uso rudo cable trifásico cable de energía multiconductor THHW-LS, RHW		ejemplo: cables de energía baja, mediana y alta tensión, de un conductor o multiconductores.	PRODUCTO TERMINADO

a) BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Extracción

La manufactura de conductores eléctricos de calidad, se inicia en las minas, de donde se extrae el cobre, materia prima básica en este proceso.

Fundición y refinación

El mineral extraído se envía al molino en donde se tritura, muele, concentra y clasifica. Posteriormente pasa a la fundición donde se obtiene una mata o eje de cobre (cobre blister) y de aquí se le envía a la refinación de alto horno y a la electrolítica. Los cátodos de cobre obtenidos de la electrolisis, tienen una pureza de 99.9%, calidad mínima requerida para la fabricación de conductores eléctricos.

Colada Continua

Este es el proceso más moderno para obtener alambón de cobre electrolítico de 8 mm (5/16"), 10 mm (3/8"), o de 12.5 mm (1/2") de diámetro. En términos generales, después de fundir los cátodos de cobre en hornos especiales, el cobre fundido se hace pasar a través de un molde dinámico para formar una barra, la cual pasará de manera continua por un molino que la transformará de una sección cuadrada, en alambón de sección circular. Al salir del molino, el alambón se decapa y se protege con una cera especial. En función del diámetro, el alambón se embala en rollos de 4 a 5 toneladas de peso.

Trefilado

El alambón de cobre se trefila, "(estirado en frío)," haciéndole pasar a través de una o más series de dados, con lo cual se le reduce progresivamente su sección transversal y aumenta considerablemente su longitud. En este paso puede obtenerse alambre de temple duro, semiduro, o suave, dependiendo del tipo de trefiladora empleada y de su equipamiento con o sin sistema de recocido por inducción.

Cableado

Esta operación se realiza en máquinas cableadoras y consiste en reunir varios alambres en la forma geométrica que se requiera para tener un conjunto que cumpla las especificaciones y normas de construcción, pruebas y calidad.

Extrusión

Sobre los conductores desnudos se aplican las cubiertas de material termoplástico, termofijo, o elastomérico, que constituyen el aislamiento o la cubierta protectora de los conductores. Los cables de energía de mediana o alta tensión u otros cables especiales, requieren de dos o más extrusores en tándem para la aplicación simultánea de varios de sus elementos constitutivos.

Reunido de Conductores Aislados

Cuando por necesidades de aplicación se requiere de cables multiconductores (trifásicos, control, etc.), los conductores aislados individualmente se cablean entre sí para formar un solo haz.

Aplicación de Cintas

En pasos intermedios, se aplica en ciertos tipos de conductores cintas de diferentes materiales como pueden ser: metálicas, semiconductoras, papel, poliéster, etc.

Forrado Final

Como paso final del proceso de manufactura, se aplica

al conductor sencillo o al multiconductor una cubierta protectora que puede ser de diferentes materiales, tales como: termoplásticos, hules sintéticos, plomo, etc.

Medición y Empaque

El producto terminado se mide y empaca para su distribución en forma de rollos o en carretes de madera para longitudes más grandes.

Control Total de Calidad

Durante todo el proceso antes descrito, en las materias primas y en el producto terminado, se lleva a cabo un minucioso programa de aseguramiento de calidad para verificar que los conductores satisfacen todos los requisitos establecidos en las especificaciones y normas.

Productos terminados

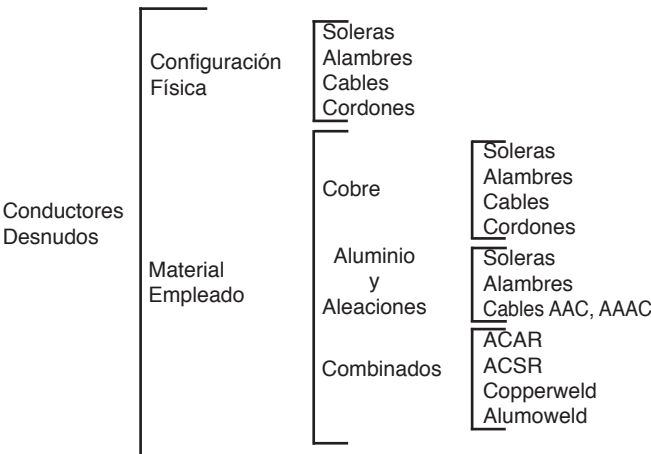
Conductores Desnudos (sin aislamiento)

Definición:

Puede considerarse como conductor desnudo todo aquel material que transporte una corriente eléctrica, de un punto a otro sin ningún otro aislamiento que el proporcionado por el dieléctrico del aire.

Clasificación:

Los conductores desnudos pueden clasificarse según su configuración física y por el material utilizado en su fabricación.



Descripción:

Soleras.- Formada por una barra sólida de sección rectangular o cuadrada (sólido).

Alambre.- Formado por un hilo sólido de sección circular.

Cable.- Formado por cierto número de hilos, cordones, o torones, reunidos en formación concéntrica, (flexible).

Cordón.- Formado por cierto número de hilos reunidos al azar (super flexibles)

AAC.- Cable de Aluminio Puro (1 350).

AAAC.- Cable de aleación de aluminio (6 201).

ACAR.- Cable de aluminio reforzado con aleación de aluminio.

ACSR.- Cable de aluminio con alma de acero.

Copperweld.- Alambre de acero recubierto con cobre.

Alumoweld.- Alambre de acero recubierto con aluminio.

2.4 Conductores desnudos

2.4.1 CONDUCTORES DESNUDOS DE COBRE

a) ESPECIFICACIONES PARA ALAMBRE DESNUDO DURO, SEMI-DURO Y SUAVE

Estos conductores se utilizan en instalaciones aéreas de distribución de energía eléctrica en alta o baja tensión, en barras colectoras de subestaciones y en sistemas de tierra.

Los alambres de cobre ofrecen una gran resistencia mecánica, sobre todo en temple duro y semiduro, y dado

que el cobre es un material resistente a la corrosión, se les usa en áreas salinas o de alta contaminación.

NOTA: No hay normas para alambres de temple duro, ni para semiduro, en calibre 19 AWG y menores.

CALIBRE AWG	SECCIÓN TRANSVERSAL		DIÁMETRO NOMINAL		PESO NOMINAL	DURO		SEMI-DURO		SUAVE
	mm ²	Circular-mils	mm	Pulg.	kg/km	RESISTENCIA A 20°C y C.C. Ohm/km	ESFUERZO A RUPTURA MPa	RESISTENCIA A 20°C y C.C. Ohm/km	ESFUERZO A RUPTURA MPa	RESISTENCIA A 20°C y C.C. Ohm/km
4/0	107.20	211 600	11.684	0.460 0	953.2	0.165 5	340	0.164 7	340	0.160 8
3/0	85.01	167 800	10.404	0.409 6	755.8	0.208 7	350	0.207 7	345	0.202 8
2/0	67.43	133 100	9.266	0.364 8	599.5	0.263 2	365	0.261 8	350	0.255 7
1/0	53.48	105 600	8.252	0.324 9	475.5	0.331 7	375	0.330 1	360	0.322 4
1	42.41	83 690	7.348	0.289 3	377.0	0.422 9	385	0.420 6	365	0.406 5
2	33.63	66 360	6.543	0.257 6	289.9	0.533 2	395	0.530 5	370	0.512 8
3	27.67	52 620	5.827	0.229 4	237.1	0.672 3	405	0.688 7	380	0.646 4
4	21.15	41 740	5.189	0.204 3	188.0	0.847 8	415	0.843 2	380	0.815 3
5	16.77	33 090	4.620	0.181 9	149.0	1.068 9	420	1.063 3	385	1.027 9
6	13.30	26 240	4.115	0.162 0	118.2	1.347 8	430	1.340 9	385	1.296 3
7	10.55	20 820	3.665	0.144 3	93.8	1.699 8	435	1.691 0	390	1.634 5
8	8.37	16 510	3.264	0.128 5	74.4	2.143 4	440	2.132 3	390	2.061 1
9	6.63	13 090	2.906	0.114 4	59.0	2.702 8	440	2.688 7	395	2.598 8
10	5.26	10 380	2.588	0.101 9	46.8	3.408 9	445	3.389 2	395	3.277 3
11	4.17	8 230	2.304	0.090 7	37.1	4.298 1	450	4.275 1	400	4.134 0
12	3.31	6 530	2.052	0.080 8	29.4	5.420 2	455	5.380 0	400	5.210 2
13	2.63	5 180	1.829	0.072 0	23.3	6.834 3	455	6.788 2	400	6.571 8
14	2.08	4 110	1.628	0.064 1	18.5	8.615 9	455	8.573 2	405	8.284 5
15	1.65	3 260	1.450	0.057 1	14.7	10.866 6	460	10.810 8	405	10.446 7
16	1.31	2 580	1.290	0.050 8	11.6	13.701 4	460	13.629 2	410	13.176 4
17	1.04	2 050	1.151	0.045 3	9.24	17.277 7	460	17.189 1	410	16.614 9
18	0.823	1 620	1.024	0.040 3	7.32	21.785 8	460	21.647 2	415	20.949 1
19	0.653	1 290	0.912	0.035 9	5.81	—	—	—	—	26.415 3
20	0.519	1 020	0.813	0.032 0	4.61	—	—	—	—	33.302 1
21	0.410	812	0.724	0.028 5	3.66	—	—	—	—	41.996 8
22	0.324	640	0.643	0.025 3	2.88	—	—	—	—	52.955 3
23	0.258	511	0.574	0.022 6	2.30	—	—	—	—	66.801 1
24	0.205	404	0.511	0.020 1	1.82	—	—	—	—	84.223 2
25	0.162	320	0.455	0.017 9	1.44	—	—	—	—	106.205 9
26	0.128	253	0.404	0.015 9	1.14	—	—	—	—	133.895 6
27	0.102	202	0.361	0.014 2	0.908	—	—	—	—	168.873 0
28	0.081	159	0.320	0.012 6	0.715	—	—	—	—	212.936 9
29	0.064	128	0.287	0.011 3	0.575	—	—	—	—	268.517 0
30	0.051	100	0.254	0.010 0	0.450	—	—	—	—	338.599 2
31	0.040	79.2	0.227	0.008 9	0.359	—	—	—	—	426.858 1
32	0.032	64.0	0.203	0.008 0	0.285	—	—	—	—	538.412 1
33	0.025	50.4	0.180	0.007 1	0.226	—	—	—	—	678.838 9
34	0.020	39.7	0.160	0.006 3	0.179	—	—	—	—	1 079.449 0

b) CONSTRUCCIONES PREFERENTES Y DIÁMETROS EXTERIORES NOMINALES DE LOS CABLES DE COBRE CON CABLEADO CONCÉNTRICO

DESIGNACIÓN		CLASE AA		CLASE A		CLASE B		CLASE C		CLASE D		RESISTENCIA ELÉCTRICA NOMINAL, C.C. A 20°C, Ohm/km		PESO NOMINAL kg/km
mm²	AWG Kcmil	ÁREA TRANSVERSAL mm²	NÚMERO ALAMBRES	DIÁMETRO A CADA ALAMBRE mm	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL mm	NÚMERO ALAMBRES	DIÁMETRO A CADA ALAMBRE mm	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL mm	NÚMERO ALAMBRES	DIÁMETRO A CADA ALAMBRE mm	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL mm	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL mm	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL mm	
0.50	—	0.500 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36.40	35.2	4.534
—	20	0.519 1	—	—	—	7	0.302	0.91	19	0.187	0.88	35.00	33.9	4.707
—	18	0.823 5	—	—	—	7	0.387	1.16	19	0.235	1.13	22.20	21.4	7.467
—	1.0	1.000	—	—	—	7	0.426	1.28	19	0.256	1.18	18.30	17.6	9.068
—	1.5	1.500	—	—	—	7	0.522	1.59	19	0.296	1.48	14.60	13.7	13.61
—	2	2.000	—	—	—	7	0.615	1.85	19	0.374	1.87	12.20	11.7	18.88
2.5	14	2.092	—	—	—	7	0.674	2.02	19	0.471	2.36	8.70	8.45	18.88
—	12	3.307	—	—	—	7	0.776	2.33	19	0.537	2.68	7.30	7.04	22.67
—	10	4.000	—	—	—	7	0.853	2.56	19	0.594	2.97	5.50	5.32	29.59
4.0	10	5.260	—	—	—	7	0.978	2.93	19	0.677	3.46	4.50	4.40	36.27
—	6.0	6.000	—	—	—	7	1.045	3.14	19	0.739	3.93	3.60	3.46	47.70
—	8	8.367	—	—	—	7	1.234	3.70	19	0.849	4.53	2.10	2.10	54.41
10.0	—	10.000	—	—	—	7	1.349	4.05	19	0.919	5.08	1.80	1.76	75.87
16.0	6	13.300	—	—	—	7	1.555	4.67	19	1.060	5.70	1.30	1.22	90.68
—	16.0	16.000	—	—	—	7	1.706	5.12	19	1.191	6.21	1.00	0.93	120.60
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.85	0.78	145.1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.73	0.66	146.4
—	5	16.76	—	—	—	7	1.961	5.88	19	1.294	6.47	0.60	0.53	152.1
—	4	21.15	3	2.996	6.46	7	2.132	6.40	19	1.496	7.34	0.43	0.37	181.8
25	4	25.00	—	—	—	7	2.323	6.40	19	1.684	8.18	0.35	0.28	189.9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.28	0.22	226.7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.21	0.16	230.5
—	3	26.67	3	3.364	7.25	7	2.503	6.61	19	1.883	9.13	0.18	0.14	241.8
—	2	33.62	3	3.777	8.14	7	2.473	7.42	19	2.057	10.13	0.15	0.11	241.8
—	2	33.62	3	3.777	8.14	7	2.473	7.42	19	2.057	10.13	0.15	0.11	241.8
35	35	35.000	—	—	—	7	2.523	7.57	19	2.132	10.66	0.13	0.10	262.1
35	35	35.000	—	—	—	7	2.523	7.57	19	2.132	10.66	0.13	0.10	262.1
—	1	42.41	—	—	—	7	2.777	8.33	19	2.323	11.18	0.11	0.08	284.6
—	1	50.00	—	—	—	7	3.016	9.05	19	2.503	11.99	0.09	0.07	324.9
50	50	50.000	—	—	—	7	3.016	9.05	19	2.503	11.99	0.09	0.07	324.9
50	50	50.000	—	—	—	7	3.016	9.05	19	2.503	11.99	0.09	0.07	324.9
—	1/0	53.48	7	3.119	9.36	19	1.893	9.47	61	1.057	9.51	0.08	0.06	364.9
—	2/0	67.43	7	3.502	10.51	19	2.126	10.63	61	1.186	10.67	0.07	0.05	376.9
70	—	70.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.06	0.04	384.6
70	70	70.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.04	448.9
70	70	70.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.03	448.9
95	—	95.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	0.02	448.9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.02	0.01	484.9
—	4/0	107.20	7	4.416	13.25	19	2.680	13.40	61	1.496	13.46	0.01	0.01	611.4
120	—	120.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	611.4
120	120	120.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	611.4
120	120	120.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	611.4
150	—	150.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	611.4
—	300	152.0	12	4.016	16.69	19	3.192	15.96	61	1.781	16.03	0.01	0.01	1378
—	350	185.3	12	4.337	18.02	19	3.447	17.24	61	1.924	17.32	0.01	0.01	1659
185	—	185.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	1659
185	—	185.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	1659
—	400	202.7	19	3.686	18.43	37	2.874	20.12	61	2.057	18.51	0.01	0.01	1838
—	240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	1838
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	1838
—	500	253.4	19	4.121	20.61	37	2.953	20.67	61	2.300	20.70	0.01	0.01	2298
300	—	300.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	2298
300	—	300.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	2298
600	—	304.0	37	3.234	22.64	61	2.519	22.52	91	2.292	21.99	0.01	0.01	2699
750	—	380.0	37	3.616	25.31	61	2.816	25.34	91	2.306	25.37	0.01	0.01	2699
—	400	400.0	37	3.710	25.97	61	2.889	26.00	91	2.326	26.20	0.01	0.01	3446
—	800	453.0	37	3.981	27.73	61	3.065	27.79	91	2.338	27.79	0.01	0.01	3446
—	500	500.0	37	4.148	29.04	61	3.231	29.08	91	2.338	29.08	0.01	0.01	3446
608	—	506.7	37	4.176	29.23	61	3.252	29.27	91	2.338	29.27	0.01	0.01	3446
—	1250	608.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
—	1500	633.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
800	—	800.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
1000	—	866.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
—	2000	1013.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
—	1250	1250.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
1250	—	1250.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
—	3000	1520.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
—	1600	1600.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
—	2000	2000.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446
—	5000	2534.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	3446

Datos basados en la Norma mexicana NMX-J-012-1 ANCE.

* Los diámetros de los cables comprimidos clase B, son los mínimos aceptables, según lo indicado en la Tabla 10 de la Norma referida.

NOTAS: 1. En los valores de resistencia y peso dados en la tabla, se tomó en cuenta el incremento debido al cableado.

2. La resistencia eléctrica nominal a c.c. corresponde a las clases AA y A en temple duro y semiduro respectivamente y a las clases B, C y D en temple suave o recocido.

c) FACTORES DE CORRECCIÓN DE RESISTENCIA POR TEMPERATURA, PARA CONDUCTORES DE COBRE O ALUMINIO

Los factores de corrección dados para el cobre están basados en la conductividad de 100% y están derivados de la fórmula:

$$R_2 = R_1 \frac{234.5 + 20}{234.5 + T}$$

Donde:

R_2 = Resistencia a 20°C

R_1 = Resistencia medida a la temperatura de prueba

T = Temperatura de prueba

Los factores de corrección dados para el aluminio están basados en la conductividad de 61% y están derivados de la fórmula:

$$R_2 = R_1 \frac{228 + 20}{228 + T}$$

Donde:

R_2 = Resistencia a 20°C

R_1 = Resistencia medida a la temperatura de prueba

T = Temperatura de prueba

Cobre (20°C)

Resistividad ohm-gr m² 0.153 28
 Resistividad ohm-mm²/m 0.017 241
 Conductividad % (IACS) 100.00

Temp. °C	Fact. de correc.	Temp. °C	Fact. de correc.	Temp. °C	Fact. de correc.	Temp. °C	Fact. de correc.	Temp. °C	Fact. de correc.
15.0	1.020	18.0	1.008	21.0	0.996	24.0	0.984	27.0	0.973
15.1	1.020	18.1	1.008	21.1	0.996	24.1	0.984	27.1	0.973
15.2	1.019	18.2	1.007	21.2	0.995	24.2	0.984	27.2	0.972
15.3	1.019	18.3	1.007	21.3	0.995	24.3	0.983	27.3	0.972
15.4	1.018	18.4	1.006	21.4	0.995	24.4	0.983	27.4	0.972
15.5	1.018	18.5	1.006	21.5	0.994	24.5	0.982	27.5	0.971
15.6	1.018	18.6	1.006	21.6	0.994	24.6	0.982	27.6	0.971
15.7	1.017	18.7	1.005	21.7	0.993	24.7	0.982	27.7	0.971
15.8	1.017	18.8	1.005	21.8	0.993	24.8	0.981	27.8	0.970
15.9	1.016	18.9	1.004	21.9	0.993	24.9	0.981	27.9	0.970
16.0	1.016	19.0	1.004	22.0	0.992	25.0	0.981	28.0	0.970
16.1	1.016	19.1	1.004	22.1	0.992	25.1	0.980	28.1	0.969
16.2	1.015	19.2	1.003	22.2	0.991	25.2	0.980	28.2	0.969
16.3	1.015	19.3	1.003	22.3	0.991	25.3	0.980	28.3	0.968
16.4	1.014	19.4	1.002	22.4	0.991	25.4	0.979	28.4	0.968
16.5	1.014	19.5	1.002	22.5	0.990	25.5	0.979	28.5	0.968
16.6	1.014	19.6	1.002	22.6	0.990	25.6	0.978	28.6	0.967
16.7	1.013	19.7	1.001	22.7	0.990	25.7	0.978	28.7	0.967
16.8	1.013	19.8	1.001	22.8	0.989	25.8	0.978	28.8	0.967
16.9	1.012	19.9	1.000	22.9	0.989	25.9	0.977	28.9	0.966
17.0	1.012	20.0	1.000	23.0	0.988	26.0	0.977	29.0	0.966
17.1	1.012	20.1	1.000	23.1	0.988	26.1	0.977	29.1	0.965
17.2	1.011	20.2	0.999	23.2	0.988	26.2	0.976	29.2	0.965
17.3	1.011	20.3	0.999	23.3	0.987	26.3	0.976	29.3	0.965
17.4	1.010	20.4	0.998	23.4	0.987	26.4	0.975	29.4	0.964
17.5	1.010	20.5	0.998	23.5	0.986	26.5	0.975	29.5	0.964
17.6	1.010	20.6	0.998	23.6	0.986	26.6	0.975	29.6	0.964
17.7	1.009	20.7	0.997	23.7	0.986	26.7	0.974	29.7	0.963
17.8	1.009	20.8	0.997	23.8	0.985	26.8	0.974	29.8	0.963
17.9	1.008	20.9	0.997	23.9	0.985	26.9	0.974	29.9	0.963

Aluminio 1350 (20°C)

Coefficiente de variación resistencia por temp. por °C 0.004 04
 Resistividad ohm-mm²/m 0.027 808
 Conductividad % (IACS) 61.2

Temp. °C	Fact. de correc.	Temp. °C	Fact. de correc.	Temp. °C	Fact. de correc.	Temp. °C	Fact. de correc.	Temp. °C	Fact. de correc.
15.0	1.021	18.0	1.008	21.0	0.996	24.0	0.984	27.0	0.973
15.1	1.020	18.1	1.008	21.1	0.996	24.1	0.984	27.1	0.972
15.2	1.020	18.2	1.007	21.2	0.995	24.2	0.983	27.2	0.972
15.3	1.019	18.3	1.007	21.3	0.995	24.3	0.983	27.3	0.971
15.4	1.019	18.4	1.006	21.4	0.994	24.4	0.983	27.4	0.971
15.5	1.018	18.5	1.006	21.5	0.994	24.5	0.982	27.5	0.971
15.6	1.018	18.6	1.006	21.6	0.994	24.6	0.982	27.6	0.970
15.7	1.018	18.7	1.005	21.7	0.993	24.7	0.981	27.7	0.970
15.8	1.017	18.8	1.005	21.8	0.993	24.8	0.981	27.8	0.970
15.9	1.017	18.9	1.004	21.9	0.992	24.9	0.981	27.9	0.969
16.0	1.016	19.0	1.004	22.0	0.992	25.0	0.980	28.0	0.969
16.1	1.016	19.1	1.004	22.1	0.992	25.1	0.980	28.1	0.968
16.2	1.016	19.2	1.003	22.2	0.991	25.2	0.979	28.2	0.968
16.3	1.015	19.3	1.003	22.3	0.991	25.3	0.979	28.3	0.968
16.4	1.015	19.4	1.002	22.4	0.990	25.4	0.979	28.4	0.967
16.5	1.014	19.5	1.002	22.5	0.990	25.5	0.978	28.5	0.967
16.6	1.014	19.6	1.001	22.6	0.990	25.6	0.978	28.6	0.967
16.7	1.013	19.7	1.001	22.7	0.989	25.7	0.978	28.7	0.966
16.8	1.013	19.8	1.001	22.8	0.989	25.8	0.977	28.8	0.966
16.9	1.013	19.9	1.000	22.9	0.988	25.9	0.977	28.9	0.965
17.0	1.012	20.0	1.000	23.0	0.988	26.0	0.976	29.0	0.965
17.1	1.012	20.1	1.000	23.1	0.988	26.1	0.976	29.1	0.965
17.2	1.011	20.2	0.999	23.2	0.987	26.2	0.976	29.2	0.964
17.3	1.011	20.3	0.999	23.3	0.987	26.3	0.975	29.3	0.964
17.4	1.011	20.4	0.998	23.4	0.986	26.4	0.975	29.4	0.964
17.5	1.010	20.5	0.998	23.5	0.986	26.5	0.974	29.5	0.964
17.6	1.010	20.6	0.998	23.6	0.986	26.6	0.974	29.6	0.964
17.7	1.009	20.7	0.997	23.7	0.985	26.7	0.974	29.7	0.963
17.8	1.009	20.8	0.997	23.8	0.985	26.8	0.973	29.8	0.963
17.9	1.009	20.9	0.996	23.9	0.985	26.9	0.973	29.9	0.963

d) CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE, (A), EN CONDUCTORES DESNUDOS DE COBRE, ALUMINIO Y ACSR

SECCIÓN NOMINAL mm ²	CALIBRE AWG o Kcmil	COBRE*	ALUMINIO	ACSR
8.367	8	90	---	---
13.30	6	130	98	100
21.15	4	180	130	140
33.62	2	240	180	180
53.48	1/0	310	235	230
67.43	2/0	360	275	270
85.01	3/0	420	325	300
107.2	4/0	490	375	340
135.2	266.8	---	445	460
170.5	336.4	---	520	530
241.7	477.0	---	650	670
322.3	636.0	---	---	780
402.8	795.0	---	---	910
483.4	954.0	---	---	1 010
564.0	1 113.0	---	---	1 110
684.6	1 351.0	---	---	1 250
765.4	1 510.5	---	---	1 340
805.7	1 590.0	---	---	1 380

Bases: Norma NOM-001-2005, Tabla 922-10
 Temperatura total máxima en el conductor: 75°C
 Velocidad del viento: 0.6 m/s
 Frecuencia: 60 Hz.

Temperatura ambiente: 25°C
 Factor de emisividad: 0.5
 * Conductor de cobre duro con 97.3%
 de conductividad (I.A.C.S.)

**e) BARRAS RECTANGULARES DE COBRE;
CORRIENTES ADMISIBLES**

DIMENSIONES		SECCIÓN		PESO		CORRIENTE ADMISIBLE EN AMP			
mm Aprox.	Pulg.	mm ²	Pulg ²	kg/m	LBS. PIE				
51 x 3	2 x 1/8	162	0.250	1.431	0.962	447	705	894	1 024
76 x 3	3 x 1/8	242	0.375	2.149	1.444	696	1 100	1 392	1 600
102 x 3	4 x 1/8	323	0.500	2.864	1.925	900	1 420	1 800	2 070
51 x 6	2 x 1/4	323	0.500	2.864	1.925	647	1 020	1 294	1 488
76 x 6	3 x 1/4	485	0.750	4.300	2.890	973	1 540	1 946	2 238
102 x 6	4 x 1/4	645	1.000	5.729	3.850	1 220	1 925	2 440	2 800
51 x 10	2 x 3/8	485	0.750	4.300	2.890	865	1 365	1 730	1 990
76 x 10	3 x 3/8	725	1.125	6.443	4.330	1 180	1 860	2 360	2 714
102 x 10	4 x 3/8	967	1.500	8.586	5.770	1 440	2 280	2 880	3 312

Capacidad basada en 40°C ambiente, 30°C sobre elevación de temperatura.
98% conductividad 6.3 mm de separación entre barras.

SEPARACIÓN ENTRE BARRAS PARA DIFERENTES TENSIONES ELÉCTRICAS

TENSIÓN	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE POTENCIALES OPUESTOS		DISTANCIA MÍNIMA A TIERRA		TENSIÓN	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE POTENCIALES OPUESTOS		DISTANCIA MÍNIMA A TIERRA	
volts	mm	pulg.	mm	pulg.	volts	mm	pulg.	mm	pulg.
250	51	2	38	1 1/2	13 200	127	5	108	4 1/4
600	64	2 1/2	51	2	15 000	140	5 1/4	114	4 1/4
1 100	89	3 1/2	64	2 1/2	16 500	153	6	127	5
2 300	102	4	70	2 3/4	18 000	178	7	152	6
4 000	114	4 1/2	70	3	22 000	229	9	178	7
6 600	114	4 1/2	76	3	26 000	305	12	229	9
7 500	114	4 1/2	83	3 1/4	35 000	381	15	305	12
9 000	114	4 1/2	89	3 1/2	45 000	457	18	381	15
11 000	121	4 3/4	95	3 3/4	56 000	483	19	445	17 1/2

f) ALAMBRES DE COBRE SUAVE ESTAÑADO

CALIBRE	DIÁMETRO		SECCIÓN TRANSVERSAL			PESO APROX.			RESISTENCIA, C.C. A 20°C*		
AWG	mm	Pulg.	Circular-mils	mm ²	pulg ²	kg/km	lbs/1 000 pies	lbs/milla	Ohm/km	Ohm/1 000 pies	Ohm/milla
30	0.254	0.010 0	100	0.051	0.000 078 5	0.450	0.302	1.60	365.0	111.3	588.0
29	0.287	0.011 3	128	0.065	0.000 100	0.575	0.386	2.04	283.0	86.3	455.7
28	0.320	0.012 6	159	0.081	0.000 125	0.715	0.480	2.54	228.0	69.5	366.9
27	0.361	0.014 2	202	0.102	0.000 158	0.908	0.610	3.22	179.0	54.6	288.0
26	0.404	0.015 9	253	0.128	0.000 199	1.139	0.765	4.04	143.0	43.6	230.2
25	0.455	0.017 9	320	0.162	0.000 252	1.443	0.97	5.12	113.0	34.4	182.0
24	0.511	0.020 1	404	0.205	0.000 317	1.821	1.22	6.46	89.3	27.2	143.6
23	0.574	0.022 6	511	0.259	0.000 401	2.300	1.55	8.16	69.2	21.1	111.4
22	0.643	0.025 3	640	0.324	0.000 503	2.875	1.93	10.2	55.4	16.9	89.2
21	0.724	0.028 5	812	0.411	0.000 638	3.665	2.46	13.0	43.6	13.3	70.2
20	0.813	0.032 0	1 020	0.519	0.000 804	4.613	3.10	16.4	34.6	10.6	56.0
19	0.912	0.035 9	1 290	0.653	0.001 01	5.807	3.90	20.6	27.5	8.38	44.2
18	1.024	0.040 3	1 620	0.823	0.001 28	7.319	4.92	26.0	21.8	6.64	35.1

* Estos valores son aproximados y están sujetos a tolerancias normales de manufactura.

Para calcular la columna de resistencia a c.c., se usaron los siguientes valores de conductividad para alambres de cobre suave estañado, de la Norma MNX-J-008-ANCE.

DIÁMETRO		CONDUCTIVIDAD A 20°C
MILÍMETROS	PULGADAS	POR CIENTO IACS
0.075 a 0.270	0.003 0 a 0.010 6	93.15
0.270 a 0.550	0.010 6 a 0.021 7	94.16
0.550 a 2.700	0.021 7 a 0.106 3	96.16

2.4.2 CONDUCTORES DESNUDOS DE ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

Los conductores de aluminio puro, aleación 1 350, se utilizan en líneas aéreas de distribución a baja tensión con distancias interpostales cortas, mientras que los de otras aleaciones de aluminio se usan en instalaciones con distancias interpostales más largas, aprovechando el incremento en la resistencia mecánica que proporcionan dichas aleaciones.

conductores eléctricos de aluminio desnudo aleación serie 8000

Ofrecen ventajas significativas si se les compara con aquéllos elaborados con Aluminio Aleación 1 350. Destacan entre ellas a su mejor comportamiento mecánico, que los acercan al que pueden ofrecer los conductores de cobre del mismo calibre: mayor flexibilidad, mayor maleabilidad y mayor resistencia a la comprensión.

a) CONSTANTES FÍSICAS

PROPIEDADES	ALUMINIO PURO/1 350	ALEACIÓN 5 005	ALEACIÓN 6 201	COBRE DURO
Conductividad mínima % (I.A.C.S.)	61.0	53.5	52.5	97
Máxima resistencia por 1 000 pies	17.002	19.385	19.754	10.692
Coefficiente de resistencia por temperatura por °C	0.004 03	0.003 53	0.003 47	0.003 83
Densidad gr/cm ³	2.705	2.705	2.705	8.89
Coefficiente lineal °F	0.000 013 1	0.000 013 1	0.000 013 1	0.000 009 4
Coefficiente de expansión por °C	0.000 007 29	0.000 007 29	0.000 007 29	0.000 005 45
Módulo de elasticidad lbs/pulg ²	10 000 000	10 000 000	10 000 000	17 000 000
Módulo de elasticidad km/cm ²	702 000	702 000	702 000	1 200 000

b) CONSTRUCCIONES PREFERENTES Y DIÁMETROS EXTERIORES NOMINALES DE LOS CABLES DE ALUMINIO, ALEACIÓN 1 350, EN CABLEADO CONCÉNTRICO

DESIGNACIÓN		ÁREAS DE ASECCION TRONCAL NOMINAL mm ²	CLASE AA			CLASE A			CLASE B			CLASE C			CLASE D			capas alternadas (# unilay)	RESISTENCIA ELÉCTRICA NOMINAL C.C. A 20°C, Ohm/km	PESO NOMINAL kg/km
mm ²	AWG o Kcmil		NÚMERO DE ALAMBRES	DIÁMETRO DE CADA ALAMBRE mm	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL mm	NÚMERO DE ALAMBRES	DIÁMETRO DE CADA ALAMBRE mm	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL mm	NÚMERO DE ALAMBRES	DIÁMETRO DE CADA ALAMBRE mm	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL mm	NÚMERO DE ALAMBRES	DIÁMETRO DE CADA ALAMBRE mm	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL mm	DIÁMETRO EXTERIOR COMPRIMIDO CLASE B					
0.5	-	0.500.0	-	-	-	-	-	-	7	0.302	0.91	-	-	-	-	0.88	57.5	1.379		
-	20	0.519.1	-	-	-	-	-	-	7	0.307	0.92	-	-	-	-	0.89	56.4	1.431		
-	18	0.823.5	-	-	-	-	-	-	7	0.387	1.16	-	-	-	-	1.13	34.9	2.270		
1.0	-	1.000	-	-	-	-	-	-	7	0.426	1.28	-	-	-	-	1.24	28.7	2.757		
-	16	1.307	-	-	-	-	-	-	7	0.488	1.46	-	-	-	-	1.42	22.0	3.603		
1.5	-	1.500	-	-	-	-	-	-	7	0.522	1.57	-	-	-	-	1.52	19.2	4.136		
2.5	14	2.082	-	-	-	-	-	-	7	0.615	1.85	-	-	-	-	1.79	13.8	5.740		
-	12	2.500	-	-	-	-	-	-	7	0.674	2.02	-	-	-	-	1.96	11.5	6.893		
-	10	3.307	-	-	-	-	-	-	7	0.776	2.36	-	-	-	-	2.28	9.118	9.118		
4.0	-	4.000	-	-	-	-	-	-	7	0.853	2.56	-	-	-	-	2.48	7.18	11.03		
-	10	5.200	-	-	-	-	-	-	7	0.978	3.14	-	-	-	-	2.64	5.46	16.54		
6.0	-	6.000	-	-	-	-	-	-	7	1.045	3.44	-	-	-	-	3.05	4.79	18.54		
8	8	8.367	-	-	-	-	-	-	7	1.234	3.70	-	-	-	-	3.59	3.43	23.07		
10.0	-	10.000	-	-	-	-	-	-	7	1.349	4.05	-	-	-	-	3.95	2.87	27.57		
-	6	13.300	-	-	-	7	1.555	4.67	7	1.555	5.12	-	-	-	-	4.53	2.16	36.67		
16.0	-	16.000	-	-	-	-	-	-	7	1.706	5.12	-	-	-	-	4.97	1.80	44.11		
16.0	-	16.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.18	1.78	45.10		
5	5	16.76	-	-	-	-	-	-	-	1.746	5.24	-	-	-	-	5.30	1.71	46.21		
-	4	21.15	-	-	-	7	1.961	5.88	7	1.961	5.88	-	-	-	-	5.70	1.36	58.31		
25	-	25.000	-	-	-	7	2.132	6.40	7	2.132	6.40	-	-	-	-	6.21	1.15	68.93		
25	-	25.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.13	69.58		
-	3	26.67	7	2.473	7.42	7	2.473	7.42	7	2.203	6.61	-	-	-	-	6.41	1.08	73.53		
-	35	35.000	-	-	-	-	-	-	7	2.523	7.57	-	-	-	-	7.20	0.855	92.69		
35	-	35.000	-	-	-	-	-	-	7	2.523	7.57	-	-	-	-	7.34	0.821	96.50		
-	1	42.41	7	2.777	8.33	7	2.777	8.33	19	1.686	8.43	-	-	-	-	8.18	0.678	115.9		
-	50	50.000	-	-	-	7	-	-	19	1.830	9.15	-	-	-	-	8.88	0.582	131.1		
50	-	50.000	-	-	-	7	3.016	9.05	-	-	-	-	-	-	-	-	0.561	138.8		
-	50	50.000	-	-	-	-	-	-	37	1.312	9.18	-	-	-	-	-	0.537	147.4		
10	-	53.48	7	3.119	9.36	7	3.119	9.36	37	1.893	9.47	-	-	-	-	9.19	0.537	147.4		
-	20	67.43	7	3.502	10.51	7	3.502	10.51	19	2.126	10.63	-	-	-	-	10.31	0.426	185.9		
70	-	70.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.412	191.0		
70	-	70.000	-	-	-	-	-	-	19	2.166	10.83	-	-	-	-	10.51	0.398	204.4		
30	-	85.11	7	3.932	11.80	7	3.932	11.80	37	2.387	11.94	-	-	-	-	11.58	0.338	234.4		
95	-	95.000	-	-	-	-	-	-	19	2.523	12.62	-	-	-	-	12.24	0.302	261.9		
95	-	95.000	-	-	-	-	-	-	37	2.690	13.40	-	-	-	-	13.00	0.268	295.6		
-	40	107.2	7	4.416	13.25	7	4.416	13.25	19	2.680	13.40	-	-	-	-	13.46	0.268	295.6		
120	-	120.00	-	-	-	-	-	-	-	2.032	14.22	-	-	-	-	13.79	0.239	330.8		
120	-	120.00	7	4.801	14.40	7	4.801	14.40	61	1.583	14.25	-	-	-	-	14.18	0.234	336.0		
-	250	128.7	7	4.959	14.88	7	4.959	14.88	37	2.088	14.62	-	-	-	-	14.18	0.227	349.3		
150	-	150.00	-	-	-	-	-	-	37	2.272	15.90	-	-	-	-	15.42	0.192	413.6		
-	300	152.0	-	-	-	19	3.192	15.96	37	2.287	16.01	-	-	-	-	15.53	0.189	419.1		
-	336.4	170.5	-	-	-	19	3.380	16.90	37	2.470	17.29	-	-	-	-	16.04	0.169	470.1		
185	-	177.3	-	-	-	19	3.447	17.24	61	2.470	17.32	-	-	-	-	17.33	0.162	488.8		
-	350	185.0	-	-	-	19	-	-	37	2.523	17.66	-	-	-	-	17.13	0.155	510.1		
185	-	185.0	-	-	-	-	-	-	37	2.523	17.66	-	-	-	-	17.13	0.155	510.1		
-	397.5	202.7	19	3.674	18.73	19	3.674	18.73	61	1.965	17.69	-	-	-	-	17.94	0.143	555.3		
-	400	202.7	-	-	-	-	-	-	37	2.641	18.49	-	-	-	-	17.94	0.142	558.9		
240	-	240.0	-	-	-	-	-	-	37	2.874	20.12	-	-	-	-	19.52	0.120	661.7		
-	477	241.7	19	4.025	20.13	37	2.884	20.19	-	-	-	-	-	-	-	20.05	0.119	666.4		
-	500	253.4	19	4.121	20.61	37	2.953	20.67	61	2.953	20.67	-	-	-	-	20.71	0.113	698.6		
-	556.5	282.0	19	4.347	21.74	37	3.115	21.81	37	3.115	21.81	-	-	-	-	20.05	0.102	777.5		
300	-	300.00	-	-	-	37	3.234	22.64	61	2.502	22.52	-	-	-	-	21.64	0.0958	827.1		
-	600	320.0	37	3.324	23.31	37	3.234	23.31	61	2.519	22.67	-	-	-	-	21.99	0.0945	838.1		
-	636	324.3	37	3.330	23.31	37	3.330	23.31	127	1.746	22.68	-	-	-	-	23.76	0.0892	888.6		
-	680	354.7	37	3.494	24.46	61	2.721	24.49	61	2.721	24.49	-	-	-	-	23.76	0.0810	977.9		
-	750	380.0	37	3.616	25.31	61	2.816	25.34	61	2.816	25.34	-	-	-	-	24.58	0.0756	1046		
400	-	400.00	37	3.710	25.97	61	2.889	26.00	61	2.889	26.00	-	-	-	-	25.22	0.0718	1103		
-	795	402.8	37	3.723	26.06	61	2.900	26.10	-	-	-	-	-	-	-	25.22	0.0713	1111		
-	800	405.4	37	3.723	26.06	61	2.900	26.10	127	2.382	26.20	-	-	-	-	25.39	0.0709	1118		
-	954	438.4	37	4.079	28.54	61	3.176	28.58	61	3.231	29.08	-	-	-	-	28.21	0.0594	1353		
500	-	500.00	37	4.148	29.05	61	3.231	29.08	61	3.231	29.08	-	-	-	-	28.21	0.0575	1379		
-	1 000	506.7	37	4.176	29.23	61	3.252	29.27	61	3.252	29.27	-	-	-	-	28.39	0.0567	1397		

Datos basados en la Norma mexicana NMX-J-032-ANCI.
*Los diámetros de los cables comprimidos clase B son los mínimos aceptables, según lo indicado en la tabla 5 de la norma referida.

c) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DE LOS CABLES DE ALUMINIO PURO 1 350 (AAC)

CÓDIGO MUNDIAL	CALIBRE			CABLEADO		DIÁMETRO TOTAL mm	RESISTENCIA A 25°C. Y C.C. ohm/km	PESO APROX. Kg/km
	AWG/Cmil	mm²	EQUIV. EN COBRE AWG/Cmil	TIPO	NÚMERO DE ALAMBRES Y DIÁMETRO			
Peachbell	6	13.30	8	A	7 x 1.555	4.67	2.16	36.67
Rose	4	21.15	6	A	7 x 1.961	5.88	1.36	58.31
Iris	2	33.62	4	AA, A	7 x 2.473	7.42	0.855	92.69
Pansy	1	42.41	3	AA, A	7 x 2.777	8.33	0.678	116.9
Poppy	1/0	53.48	2	AA, A	7 x 3.119	9.36	0.537	147.4
Aster	2/0	67.43	1	AA, A	7 x 3.502	10.51	0.426	185.9
Phlox	3/0	85.01	1/0	AA, A	7 x 3.932	11.80	0.338	234.4
Oxlip	4/0	107.20	2/0	AA, A	7 x 4.416	13.25	0.268	295.6
Sneezewort	250 000	126.7	157 200	AA	7 x 4.801	14.40	0.227	349.3
Valerian	250 000	126.7	157 200	A	19 x 2.914	14.57	0.227	349.3
Daisy	266 800	135.2	3/0	AA	7 x 4.959	14.88	0.213	372.8
Laurel	266 800	135.2	3/0	A	19 x 3.010	15.05	0.213	372.8
Peony	300 000	152.0	188 700	A	19 x 3.192	15.96	0.189	419.1
Tulip	336 400	170.5	4/0	A	19 x 3.380	16.90	0.169	470.1
Daffodil	350 000	177.3	220 000	A	19 x 3.447	17.24	0.162	488.8
Canna	397 500	201.4	250 000	AA, A	19 x 3.674	18.37	0.143	555.3
Goldentuft	450 000	228.0	283 000	AA	19 x 3.909	19.55	0.126	628.6
Cosmos	477 000	241.7	300 000	AA	19 x 4.025	20.13	0.119	666.4
Syringa	477 000	241.7	300 000	A	37 x 2.884	20.19	0.119	666.4
Zinnia	500 000	253.4	314 500	AA	19 x 4.121	20.61	0.113	698.6
Hyacinth	500 000	253.4	314 000	AA, A	37 x 2.953	20.67	0.113	698.6
Dahlia	556 500	282.0	350 000	AA	19 x 4.347	21.74	0.102	777.5
Mistletoe	556 500	282.0	350 000	AA, A	37 x 3.115	21.81	0.102	777.5
Meadowsweet	600 000	304.0	377 000	AA, A	37 x 3.234	22.64	0.094 5	838.1
Orchid	636 000	322.3	400 000	AA, A	37 x 3.330	23.31	0.089 2	888.6
Heuchera	650 000	329.4	409 000	AA	37 x 3.367	23.57	0.087 2	908.2
Verbena	700 000	354.7	440 000	A	37 x 3.494	24.46	0.081 0	977.9
Flag	700 000	354.7	440 000	A	61 x 2.721	24.49	0.081 0	977.9
Violet	715 500	362.6	450 000	AA	37 x 3.532	24.72	0.079 2	994.7
Nasturtium	715 500	362.6	450 000	A	61 x 2.751	24.76	0.079 2	999.7
Petunia	750 000	380.0	472 000	AA	37 x 3.616	25.32	0.075 6	1 048.0
Cattail	750 000	380.0	472 000	A	61 x 2.816	25.34	0.075 6	1 048.0
Arbutus	795 000	402.8	500 000	AA	37 x 3.723	26.06	0.071 3	1 111.0
Lilac	795 000	402.8	500 000	A	61 x 2.900	26.10	0.071 3	1 111.0
Cockscomb	900 000	456.0	566 000	AA	37 x 3.961	27.73	0.063 0	1 257.0
Snapdragon	900 000	456.0	566 000	A	61 x 3.085	27.77	0.063 0	1 257.0
Magnolia	954 000	483.4	600 000	AA	37 x 4.079	28.55	0.059 4	1 333.0
Goldenron	954 000	483.4	600 000	A	61 x 3.176	28.58	0.059 4	1 333.0
Hawkweed	1 000 000	506.7	629 000	AA	37 x 4.176	29.23	0.056 7	1 397.0
Camellia	1 000 000	506.7	629 000	A	61 x 3.252	29.27	0.056 7	1 397.0
Bluebell	1 033 500	523.7	650 000	AA	37x 4.245	29.72	0.054 9	1 444.0
Larkspur	1 033 500	523.7	650 000	A	61x 3.306	29.75	0.054 9	1 444.0
Marigold	1 113 000	564.0	700 000	AA, A	61x 3.431	30.88	0.050 9	1 555.0
Hawthorn	1 192 500	604.3	750 000	AA, A	61x 3.552	31.97	0.047 6	1 666.0
Narcissus	1 272 000	644.5	800 000	AA, A	61 x 3.668	33.01	0.044 6	1 777.0
Columbine	1 351 500	684.8	850 000	AA, A	61 x 3.781	34.03	0.042 0	1 888.0
Carnation	1 431 000	725.1	900 000	AA, A	61 x 3.890	35.01	0.039 6	1 999.0
Gladiolus	1 510 500	765.4	950 000	AA, A	61 x 3.997	35.97	0.037 5	2 110.0
Coreopsis	1 590 000	805.7	1 000 000	AA	61 x 4.101	36.91	0.035 7	2 221.0
Jessamine	1 750 000	886.7	1 101 000	AA	61 x 4.302	38.72	0.032 4	2 445.0
Cowslip	2 000 000	1 013.0	1 260 000	A	91 x 3.765	41.42	0.028 4	2 793.0
Sagebrush	2 250 000	1 140.0	1 415 000	A	91 x 3.994	43.93	0.025 2	3 173.0
Lupine	2 500 000	1 267.0	1 570 000	A	91 x 4.210	46.31	0.022 7	3 523.0
Bitterroot	2 750 000	1 393.0	1 730 000	A	91 x 4.415	48.57	0.020 6	3 879.0
Trillium	3 000 000	1 520.0	1 890 000	A	127 x 3.904	50.75	0.019 0	4 220.0
Bluebonnet	3 500 000	1 773.0	2 200 000	A	127 x 4.216	54.81	0.016 2	4 985.0

NOTA: Es necesario mencionar la clase de cableado en cada orden. Por regla general, la clase AA se usa en conductores desnudos para líneas aéreas. La clase A, en conductores aislados o bien como conductores desnudos, donde se requiera mayor flexibilidad que la de la clase AA.

d) CAPACIDADES DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES DE ALUMINIO PURO, ALEACIÓN 1 350, (AAC)

CÓDIGO MUNDIAL	CALIBRE AWG o Kcmil Y CANTIDAD DE ALAMBRES	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE * (amperes)				RESISTENCIA Ohm/km			REACTANCIA A 60 Hz ESPACIADOS 305 mm	
		SOL NO VIENTO	NO SOL NO VIENTO	SOL VIENTO	NO SOL VIENTO	20°C C.C.	25°C C.A.	75°C C.A.	INDUCTIVA Ohm/km	CAPACITIVA Mohm-km
Peachbell	6-7	60	65	105	110	2.168	2.211	2.647 1	0.391 5	0.090 1
Rose	4-7	80	90	140	145	1.363	1.391	1.659 1	0.374 1	0.085 8
Iris	2-7	110	125	185	195	0.855	0.876	1.043 9	0.356 7	0.081 4
Pansy	1-7	130	150	215	225	0.678	0.692	0.826 4	0.348 0	0.078 9
Poppy	1/0-7	155	175	245	260	0.537	0.551	0.658 7	0.339 3	0.077 1
Aster	2/0-7	180	210	285	305	0.426	0.436	0.520 7	0.331 6	0.074 6
Phlox	3/0-7	215	245	330	350	0.338	0.347	0.413 2	0.321 9	0.072 7
Oxlip	4/0-7	250	290	380	410	0.268	0.275	0.328 1	0.313 2	0.070 8
Sneezewort	250 000- 7	280	325	425	455	0.227	0.232	0.277 8	0.306 3	0.069 0
Valerian	250 000- 19	280	325	425	455	0.227	0.232	0.277 8	0.302 6	0.069 0
Daisy	266 800- 7	295	340	440	475	0.213	0.218	0.260 4	0.302 0	0.068 4
Laurel	266 800- 19	295	340	445	475	0.213	0.218	0.260 4	0.300 0	0.068 4
Peony	300 000- 19	320	370	480	515	0.189	0.194	0.231 2	0.295 8	0.067 1
Tulip	336 400- 19	345	400	515	555	0.169	0.173	0.206 3	0.291 4	0.065 9
Daffodil	350 000- 19	355	415	525	565	0.162	0.167	0.198 8	0.289 6	0.065 2
Canna	397 500- 19	385	450	570	615	0.143	0.147	0.175 2	0.285 2	0.064 6
Goldentuft	450 000- 19	420	495	615	665	0.126	0.130	0.154 7	0.280 2	0.063 4
Cosmos	477 000- 19	440	515	640	690	0.119	0.123	0.146 0	0.278 4	0.062 8
Syringa	477 000- 37	440	515	640	695	0.119	0.123	0.146 0	0.277 1	0.062 8
Zinnia	500 000- 19	455	530	655	710	0.113	0.117	0.139 8	0.276 5	0.062 1
Hyacinth	500 000- 37	455	530	655	715	0.113	0.117	0.139 8	0.275 3	0.062 1
Dahlia	556 500- 19	490	570	705	765	0.102	0.105	0.125 5	0.272 2	0.060 2
Mistletoe	556 500- 37	490	575	705	765	0.102	0.105	0.125 5	0.270 9	0.061 4
Meadowsweet	600 000- 37	515	605	735	800	0.094 5	0.098 1	0.116 8	0.268 4	0.060 7
Orchid	636 000- 37	535	630	765	835	0.089 2	0.092 5	0.110 0	0.266 0	0.060 2
Heuchera	650 000- 37	545	640	775	845	0.087 2	0.090 6	0.107 5	0.265 3	0.060 0
Verbena	700 000- 37	570	675	810	885	0.081 0	0.084 3	0.100 0	0.262 2	0.059 3
Flag	700 000- 61	570	675	810	885	0.081 0	0.084 3	0.100 0	0.261 6	0.059 3
Violet	715 500- 37	580	685	820	900	0.079 2	0.082 7	0.098 2	0.261 6	0.059 1
Nasturium	715 500- 61	580	685	820	900	0.079 2	0.082 7	0.098 2	0.261 0	0.059 0
Petunia	750 000- 37	600	705	845	925	0.075 6	0.078 7	0.093 8	0.259 7	0.058 7
Cattail	750 000- 61	600	705	845	925	0.075 6	0.078 7	0.093 8	0.259 1	0.058 6
Arbutus	795 000- 37	625	735	880	960	0.071 3	0.074 5	0.088 2	0.257 9	0.058 1
Lilac	795 000- 61	625	735	880	960	0.071 3	0.074 5	0.088 2	0.257 3	0.058 1
Cockscomb	900 000- 37	680	800	950	1 040	0.063 0	0.066 3	0.078 3	0.252 9	0.057 0
Snapdragon	900 000- 61	680	800	950	1 040	0.063 0	0.066 3	0.078 3	0.252 3	0.056 9
Magnolia	954 000- 37	700	830	980	1 075	0.059 4	0.062 7	0.074 6	0.250 4	0.056 4
Goldenrod	954 000- 61	705	835	985	1 080	0.059 4	0.062 7	0.074 6	0.250 4	0.056 4
Hawkweed	1 000 000- 37	725	860	1 010	1 110	0.056 7	0.060 0	0.070 8	0.249 2	0.056 0
Camellia	1 000 000- 61	730	860	1 010	1 110	0.056 7	0.060 0	0.070 8	0.248 6	0.056 0
Bluebell	1 033 500- 37	740	880	1 030	1 130	0.054 9	0.058 1	0.069 0	0.247 9	0.055 7
Larkspur	1 033 500- 61	740	880	1 030	1 135	0.054 9	0.058 1	0.069 0	0.247 3	0.055 7
Marigold	1 113 000- 61	780	925	1 080	1 190	0.050 9	0.054 5	0.064 0	0.244 2	0.055 0
Hawthorn	1 192 500- 61	815	970	1 125	1 240	0.047 6	0.050 9	0.060 2	0.241 7	0.054 4
Narcissus	1 272 000- 61	850	1 015	1 170	1 290	0.044 6	0.048 2	0.056 6	0.239 2	0.053 8
Columbine	1 351 500- 61	885	1 055	1 210	1 340	0.042 0	0.045 6	0.053 5	0.236 7	0.053 2
Carnation	1 431 000- 61	920	1 095	1 255	1 390	0.039 6	0.043 3	0.050 8	0.234 9	0.052 6
Gladiolus	1 510 500- 61	955	1 135	1 295	1 435	0.037 5	0.041 3	0.048 3	0.233 0	0.052 1
Coreopsis	1 590 000- 61	985	1 175	1 330	1 480	0.035 7	0.039 7	0.046 2	0.231 2	0.051 7
Jessamine	1 750 000- 61	1 045	1 250	1 405	1 565	0.032 4	0.036 4	0.042 4	0.227 0	0.050 8
Cowslip	2 000 000- 91	1 135	1 365	1 525	1 695	0.028 4	0.032 7	0.037 8	0.221 8	0.049 6
Sagebrush	2 250 000- 91	1 215	1 460	1 610	1 805	0.025 2	0.030 0	0.034 6	0.217 5	0.048 5
Lupine	2 500 000- 91	1 295	1 560	1 705	1 910	0.022 7	0.027 8	0.031 8	0.213 8	0.047 5
Bitterroot	2 750 000- 91	1 370	1 650	1 790	2 015	0.020 6	0.025 9	0.029 5	0.210 0	0.046 6
Trillium	3 000 000-127	1 440	1 735	1 875	2 110	0.019 0	0.024 4	0.027 7	0.206 3	0.045 8
Bluebonnet	3 500 000-127	1 560	1 890	2 015	2 280	0.016 2	0.022 2	0.025 0	0.200 7	0.044 4

* Basada en una temperatura máxima en el conductor de 75°C y una temperatura ambiente de 25°C.

**e) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y
ELÉCTRICAS DEL CABLE DE ALEACIÓN
DE ALUMINIO 5 005 (AAAC)**

CÓDIGO MUNDIAL	CALIBRE		HILOS		DIÁM. TOTAL mm	SECCIÓN TOTAL mm ²	PESO APROX. kg/km	ESFUERZO POR TENSION kg	RESISTENCIA Ohm/km.			
	AWG	Kcmil	No.	DIÁM. mm					20°C C.C	25°C C.A.	50°C C.A.	75°C C.A.
– Kazoo	6	26.24	7	1.55	4.67	13.30	37	359	2.474 4	2.516 6	2.734 1	2.957 8
–		30.58	7	1.68	5.03	15.50	43	418	2.121 4	2.156 2	2.348 8	2.535 2
– Kaki	4	41.74	7	1.96	5.88	21.15	58	562	1.554 7	1.594 5	1.721 2	1.858 0
–		48.64	7	2.12	6.35	24.67	68	648	1.332 3	1.354 6	1.472 7	1.590 8
–	2	66.36	7	2.47	7.42	33.62	93	875	0.976 8	0.994 2	1.081 2	1.168 2
Kench		77.47	7	2.67	8.03	39.25	108	1 007	0.837 6	0.851 3	0.925 9	1.000 4
–	1/0	105.60	7	3.12	9.36	53.48	147	1 334	0.614 6	0.627 6	0.677 3	0.733 2
Kibe		123.30	7	3.37	10.11	62.46	172	1 560	0.526 3	0.535 6	0.582 2	0.627 6
–	2/0	133.10	7	3.50	10.51	67.43	186	1 683	0.487 4	0.496 5	0.539 4	0.582 2
Kayak		155.40	7	3.78	11.35	78.77	217	1 941	0.417 4	0.425 0	0.461 7	0.499 0
–	3/0	167.80	7	3.93	11.80	85.1	234	2 064	0.386 8	0.394 0	0.428 1	0.462 3
Kopeck		195.70	7	4.25	12.75	99.2	273	2 277	0.331 5	0.338 0	0.367 2	0.396 4
–	4/0	211.60	7	4.42	13.25	107.2	296	2 463	0.306 5	0.312 6	0.339 3	0.366 0
Kittle		246.90	7	4.77	14.30	125.1	345	2 871	0.262 8	0.267 8	0.290 8	0.314 4
–		250.00	19	2.91	14.57	126.7	349	3 107	0.259 6	0.264 7	0.287 7	0.310 1
Ratch		281.40	19	3.09	15.47	142.5	393	3 452	0.230 5	0.234 9	0.255 4	0.275 9
–		300.00	19	3.19	15.96	152.0	419	3 679	0.216 1	0.220 6	0.239 2	0.258 5
Ramie		312.80	19	3.26	16.30	158.5	437	3 833	0.207 4	0.211 9	0.229 9	0.247 9
–		350.00	19	3.45	17.24	177.4	489	4 291	0.185 4	0.189 5	0.205 7	0.221 8
Radar		355.10	19	3.47	17.37	179.9	496	4 354	0.182 7	0.186 4	0.202 6	0.218 8
Radian		394.50	19	3.66	18.31	199.9	551	4 762	0.164 4	0.167 8	0.182 7	0.197 0
–		400.00	19	3.69	18.43	202.7	559	4 853	0.162 2	0.165 9	0.180 2	0.194 5
Rede		419.60	19	3.77	18.87	212.6	586	5 080	0.154 6	0.157 8	0.171 5	0.185 2
–		450.00	19	3.91	19.55	228.0	629	5 352	0.144 2	0.147 5	0.160 3	0.172 7
Ragout		465.40	19	3.98	19.89	235.8	650	5 534	0.139 4	0.142 9	0.154 7	0.167 2
–		500.00	19	4.12	20.61	253.4	698	5 625	0.129 8	0.133 0	0.144 2	0.156 0
Rex		503.60	19	4.14	20.68	255.1	703	5 670	0.128 8	0.131 7	0.143 5	0.154 7
–		550.00	37	3.10	21.68	278.7	768	6 577	0.117 0	0.121 2	0.131 1	0.118 0
Remex		559.50	19	4.36	21.79	283.5	782	6 305	0.115 0	0.119 3	0.129 2	0.116 0
Ruble		587.20	19	4.47	22.33	297.5	820	6 622	0.110 5	0.113 7	0.123 0	0.133 0
–		600.00	37	3.23	22.64	304.0	838	7 212	0.108 2	0.111 2	0.120 5	0.129 9
–		650.00	37	3.37	23.57	329.4	907	7 802	0.099 9	0.102 5	0.111 8	0.120 5
Rune		652.40	19	4.71	23.55	330.5	911	7 348	0.099 4	0.102 5	0.111 2	0.119 9
–		700.00	37	3.49	24.46	354.7	977	8 392	0.092 7	0.095 7	0.103 8	0.111 8
Spar		740.80	37	3.59	25.17	375.4	1 035	8 754	0.087 6	0.090 7	0.098 2	0.105 6
–		750.00	37	3.62	25.31	380.0	1 048	8 891	0.086 4	0.089 5	0.096 9	0.104 4
–		800.00	37	3.73	26.15	405.4	1 117	9 480	0.081 2	0.083 9	0.091 3	0.098 2
–		900.00	37	3.96	27.73	456.0	1 258	10 524	0.072 0	0.075 2	0.081 4	0.087 6
Solar		927.20	37	4.02	28.14	469.8	1 295	10 841	0.070 0	0.072 7	0.078 9	0.085 1
–		1 000.00	37	4.18	29.23	506.7	1 397	11 022	0.064 9	0.067 7	0.073 3	0.078 9

f) CAPACIDADES DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES DE ALEACIÓN DE ALUMINIO 5 005 (AAAC)

DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE *(AMPERES)				RESISTENCIA Ohm/km			REACTANCIA A 60 Hz. 305 mm DE ESPACIAMIENTO	
	SOL NO VIENTO	NO SOL NO VIENTO	SOL VIENTO	NO SOL VIENTO	20°C C.C.	25°C C.A.	75°C C.A.	INDUCTIVA ohm/km	CAPACITIVA Mohm-km
30.58 Kcmil 7 Alambres Kazoo	60	70	105	110	2.121 4	2.158 8	2.535 3	0.385 9	0.088 2
48.69 Kcmil 7 Alambres Kaki	85	95	145	150	1.332 3	1.358 2	1.590 8	0.368 5	0.083 9
77.47 Kcmil 7 Alambres Kench	120	135	190	205	0.837 6	0.852 4	1.000 4	0.350 5	0.079 5
123.3 Kcmil 7 Alambres Kibe	165	185	260	275	0.526 3	0.535 6	0.627 6	0.333 1	0.075 8
155.4 Kcmil 7 Alambres Kayak	190	220	300	315	0.417 4	0.424 8	0.499 0	0.324 4	0.073 3
195.7 Kcmil 7 Alambres Kopeck	225	260	345	370	0.331 5	0.337 4	0.396 4	0.315 7	0.071 5
246.9 Kcmil 7 Alambres Kittle	265	305	400	425	0.262 8	0.267 4	0.314 4	0.307 0	0.069 0
281.4 Kcmil 19 Alambres Ratch	290	335	435	465	0.230 5	0.234 6	0.275 9	0.298 3	0.067 7
312.8 Kcmil 19 Alambres Ramie	310	360	465	500	0.207 4	0.211 1	0.247 9	0.293 9	0.066 5
355.1 Kcmil 19 Alambres Radar	340	395	500	540	0.182 7	0.185 9	0.218 7	0.288 9	0.065 9
394.5 Kcmil 19 Alambres Radian	365	425	535	580	0.164 4	0.167 3	0.197 0	0.285 2	0.064 6
419.6 Kcmil 19 Alambres Rede	380	445	560	605	0.154 6	0.157 3	0.183 9	0.282 7	0.064 0
465.4 Kcmil 19 Alambres Ragout	410	480	595	645	0.139 4	0.141 9	0.167 2	0.279 0	0.062 8
503.6 Kcmil 19 Alambres Rex	430	505	625	680	0.128 8	0.131 1	0.154 7	0.275 9	0.062 1
559.5 Kcmil 19 Alambres Remex	465	545	670	725	0.116 0	0.118 0	0.139 2	0.272 2	0.061 4
587.2 Kcmil 19 Alambres Ruble	480	560	690	750	0.110 5	0.112 5	0.133 0	0.270 3	0.061 0
652.4 Kcmil 19 Alambres Rune	515	605	735	800	0.099 4	0.101 2	0.119 9	0.266 6	0.060 0
740.8 Kcmil 37 Alambres Spar	560	665	795	870	0.087 6	0.089 1	0.105 6	0.260 4	0.058 8
927.2 Kcmil 37 Alambres Solar	655	775	915	1 000	0.070 0	0.071 2	0.085 1	0.251 7	0.056 7

* Basada en una temperatura máxima en el conductor de 75°C y una temperatura ambiente de 25°C.

**g) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y
ELÉCTRICAS DEL CABLE DE ALEACIÓN
ALUMINIO 6 201 (AAAC)**

CÓDIGO MUNDIAL	CALIBRE		HILOS		DIÁM. TOTAL mm	SECCIÓN TOTAL mm ²	PESO APROX. kg/km	ESFUERZO POR TENSIÓN kg	RESISTENCIA Ohm/km			
	AWG	Kcmil	No.	DIÁM. mm					20°C C.C.	25°C C.A.	50°C C.A.	75°C C.A.
—	6	26.24	7	1.55	4.67	13.30	37	426	2.521 6	2.566 3	2.783 8	3.001 3
Akron		30.58	7	1.68	5.04	15.50	42	503	2.161 8	2.199 7	2.386 1	2.572 5
—	4	41.74	7	1.96	5.89	21.15	58	680	1.584 5	1.615 6	1.609 4	1.889 0
Alton		48.69	7	2.12	6.35	24.67	68	798	1.357 7	1.379 5	1.497 5	1.615 6
—	2	66.36	7	2.47	7.42	33.62	93	1 080	0.995 5	1.012 9	1.099 9	1.186 9
Ames		77.47	7	2.67	8.03	39.25	108	1 270	0.853 2	0.869 9	0.944 5	1.019 1
—	1/0	105.60	7	3.12	9.36	55.48	147	1 715	0.626 4	0.640 0	0.689 7	0.745 7
Azusa		123.30	7	3.37	10.11	62.46	172	2 023	0.536 3	0.545 6	0.592 2	0.638 8
—	2/0	133.10	7	3.50	10.51	67.43	186	2 073	0.496 7	0.505 8	0.548 7	0.591 6
Anaheim		155.40	7	3.78	11.35	78.77	217	2 445	0.425 4	0.433 1	0.469 8	0.507 1
—	3/0	167.80	7	3.93	11.80	85.01	234	2 613	0.394 1	0.401 4	0.435 6	0.469 8
Amherst		195.70	7	4.25	12.74	99.2	273	3 080	0.337 8	0.344 2	0.373 5	0.402 7
—	4/0	211.60	7	4.42	13.25	107.2	296	3 293	0.312 3	0.318 2	0.345 5	0.372 2
Alliance		246.90	7	4.77	14.30	125.1	345	3 883	0.267 8	0.272 8	0.295 8	0.319 4
—		250.00	19	2.91	14.57	126.7	349	3 851	0.264 5	0.269 7	0.292 7	0.315 7
—		300.00	19	3.19	15.96	152.0	419	4 627	0.220 2	0.224 3	0.243 6	0.262 8
Butte		312.80	19	3.26	16.30	158.5	437	4 990	0.211 4	0.215 6	0.233 6	0.252 3
—		350.00	19	3.45	17.24	177.3	489	5 171	0.189 0	0.192 6	0.209 4	0.225 6
Canton		394.50	19	3.66	18.31	199.9	551	6 033	0.167 6	0.171 5	0.185 8	0.200 1
—		400.00	19	3.69	18.43	202.7	559	5 897	0.165 3	0.169 0	0.183 3	0.197 6
—		450.00	19	3.91	19.55	228.0	629	6 623	0.146 9	0.150 4	0.162 8	0.175 9
Cairo		465.40	19	3.98	19.88	236.8	650	7 076	0.142 0	0.145 4	0.157 8	0.169 6
—		500.00	19	4.12	20.61	253.4	698	7 620	0.132 2	0.135 5	0.146 6	0.159 1
—		550.00	37	3.10	21.68	278.7	768	8 482	0.120 2	0.123 0	0.133 6	0.144 2
Darien		559.50	19	4.36	21.79	283.5	782	8 528	0.118 2	0.121 2	0.131 1	0.141 7
—		600.00	37	3.23	22.64	304.0	838	9 253	0.110 2	0.113 1	0.123 0	0.132 4
—		650.00	37	3.37	23.57	329.4	907	10 024	0.101 8	0.105 0	0.113 7	0.122 4
Elgin		652.40	19	4.71	23.55	330.5	911	9 934	0.101 3	0.104 4	0.113 1	0.121 8
—		700.00	37	3.49	24.46	354.7	977	10 342	0.094 5	0.097 6	0.105 6	0.113 7
Flint		740.80	37	3.59	25.17	375.4	1 035	11 068	0.089 2	0.092 0	0.100 0	0.107 5
—		750.00	37	3.62	25.31	380.0	1 048	11 068	0.088 1	0.090 7	0.098 8	0.106 3
—		800.00	37	3.73	26.15	405.4	1 117	11 794	0.082 7	0.085 8	0.092 6	0.099 4
—		900.00	37	3.96	27.73	456.0	1 258	13 290	0.073 4	0.076 4	0.082 6	0.088 9
Greeley		927.20	37	4.02	28.14	469.8	1 295	13 835	0.071 3	0.073 9	0.080 2	0.086 4
—		1 000.00	37	4.18	29.23	506.7	1 397	14 742	0.066 1	0.069 0	0.074 6	0.080 2

h) CAPACIDADES DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES DE ALEACIÓN DE ALUMINIO 6 201 (AAAC)

DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE * (AMPERES)				RESISTENCIA Ohm/km			REACTANCIA A 60 HZ. 305 mm DE ESPACIAMIENTO	
	SOL NO VIENTO	NO SOL NO VIENTO	SOL VIENTO	NO SOL VIENTO	20°C C.C.	25°C C.A.	75°C C.A.	INDUCTIVA ohm/km	CAPACITIVA Mohm-km
30.58 Kcmil 7 Alambres Akron	60	70	105	110	2.161 8	2.199 7	2.572 5	0.385 9	0.088 2
48.69 Kcmil 7 Alambres Alton	85	95	145	150	1.357 7	1.379 5	1.615 6	0.368 5	0.083 9
77.47 Kcmil 7 Alambres Ames	115	135	190	200	0.853 2	0.869 9	1.019 1	0.350 5	0.079 5
123.3 Kcmil 7 Alambres Azusa	160	185	255	270	0.536 3	0.545 6	0.638 8	0.333 1	0.075 8
155.4 Kcmil 7 Alambres Anaheim	190	220	295	315	0.425 4	0.433 1	0.507 1	0.324 4	0.073 3
195.7 Kcmil 7 Alambres Amherst	220	255	340	365	0.337 8	0.344 2	0.402 7	0.315 7	0.071 5
246.9 Kcmil 7 Alambres Alliance	260	300	395	425	0.267 8	0.272 8	0.319 4	0.307 0	0.069 0
281.4 Kcmil 19 Alambres (Alliance)	285	335	430	460	0.234 9	0.239 4	0.280 2	0.298 3	0.067 7
312.8 Kcmil 19 Alambres Butte	310	360	460	495	0.211 4	0.215 6	0.252 3	0.293 9	0.066 5
355.1 Kcmil 19 Alambres (Butte)	335	390	500	535	0.186 2	0.190 2	0.222 5	0.288 9	0.065 9
394.5 Kcmil 19 Alambres Canton	360	420	530	575	0.167 6	0.171 5	0.200 1	0.285 2	0.064 6
419.6 Kcmil 19 Alambres (Canton)	375	440	555	600	0.157 6	0.161 3	0.188 3	0.282 7	0.064 0
465.4 Kcmil 19 Alambres Cairo	405	475	590	640	0.142 0	0.145 4	0.169 6	0.279 0	0.062 8
503.6 Kcmil 19 Alambres (Cairo)	425	500	620	670	0.131 3	0.134 5	0.157 2	0.275 9	0.062 1
559.5 Kcmil 19 Alambres Darien	460	540	660	720	0.118 2	0.121 2	0.141 7	0.272 2	0.061 4
587.2 Kcmil 19 Alambres (Darien)	475	560	685	745	0.112 6	0.115 8	0.134 8	0.270 3	0.061 0
652.4 Kcmil 19 Alambres Elgin	510	600	730	795	0.101 3	0.104 4	0.121 8	0.266 6	0.060 0
740.8 Kcmil 37 Alambres Flint	555	655	790	860	0.089 2	0.092 0	0.107 5	0.260 4	0.058 8
927.2 Kcmil 37 Alambres Greeley	650	770	905	995	0.071 3	0.073 9	0.086 4	0.251 7	0.056 7

* Basada en una temperatura máxima en el conductor de 75°C y una temperatura ambiente de 25°C

i) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DEL CABLE DE ALUMINIO CON ALMA DE ACERO (ACSR)

CÓDIGO MUNDIAL	ÁREA NOMINAL DEL ALUMINIO		EQUIVALENTE AL COBRE DURO		NÚMERO Y DIÁMETRO DE ALAMBRES		DIÁMETRO TOTAL APROX.	RESISTENCIA C.C 20°C NOMINAL	PESO NOMINAL
	mm ²	AWG ó Kcmil	mm ²	AWG ó Kcmil	ALUMINIO	ACERO			
					mm	mm			
Wren	8.37	8	5.26	10	6 x 1.33	1 x 1.33	3.99	3.42	33.76
Warbler	10.55	7	6.36	9	6 x 1.50	1 x 1.50	4.50	2.71	42.69
Turkey	13.30	6	8.37	8	6 x 1.68	1 x 1.68	5.04	2.15	53.74
Thrush	16.76	5	10.55	7	6 x 1.89	1 x 1.89	5.67	1.71	67.81
Swan	21.15	4	13.30	6	6 x 2.12	1 x 2.12	6.36	1.35	85.49
Swanate	21.15	4	13.30	6	7 x 1.96	1 x 2.61	6.53	1.35	99.65
Swallow	26.67	3	16.76	5	6 x 2.38	1 x 2.38	7.14	1.07	107.8
Sparrow	33.62	2	21.15	4	6 x 2.67	1 x 2.67	8.01	0.851	135.2
Sparate	33.62	2	21.15	4	7 x 2.47	1 x 3.30	8.25	0.851	158.8
Robin	42.41	1	26.67	3	6 x 3.00	1 x 3.00	9.00	0.674	171.4
Raven	53.48	1/0	33.62	2	6 x 3.37	1 x 3.37	10.11	0.535	216.1
Quail	67.43	2/0	42.41	1	6 x 3.78	1 x 3.78	11.34	0.424	272.3
Pigeon	85.01	3/0	54.48	1/0	6 x 4.25	1 x 4.25	12.75	0.336	343.6
Penguin	107.2	4/0	67.43	2/0	6 x 4.77	1 x 4.77	14.31	0.267	433.1
Owl	135.2	266.8	85.01	3/0	6 x 5.36	7 x 1.79	16.07	0.208	511.1
Partridge	135.2	266.8	85.01	3/0	26 x 2.57	7 x 2.00	16.31	0.214	546.4
Ostrich	152.0	300.0	95.6	188.7	26 x 2.73	7 x 2.12	17.27	0.190	614.1
Piper	152.0	300.0	95.6	188.7	30 x 2.54	7 x 2.54	17.78	0.187	699.3
Linnet	170.5	336.4	107.2	4/0	26 x 2.89	7 x 3.25	18.29	0.170	689.8
Oriole	170.5	336.4	107.2	4/0	30 x 2.69	7 x 2.69	18.83	0.170	783.1
Ibis	201.4	397.5	126.7	250	26 x 3.14	7 x 2.44	19.89	0.143	813.7
Lark	201.4	397.5	126.7	250	30 x 2.92	7 x 2.92	20.44	0.144	924.2
Hawk	241.7	477.0	152.0	300	26 x 3.44	7 x 2.67	21.79	0.120	975.8
Hen	241.7	477.0	152.0	300	30 x 3.20	7 x 3.20	22.40	0.120	1 109.0
Heron	253.4	500.0	159.7	315	30 x 3.28	7 x 3.28	22.95	0.112	1 166.0
Dove	282.0	556.5	177.3	350	26 x 3.72	7 x 2.89	23.55	0.103	1 140.0
Eagle	282.0	556.5	177.3	350	30 x 3.46	7 x 3.46	24.22	0.103	1 295.0
Duck	306.6	605.0	192.5	380	54 x 2.69	7 x 2.69	24.19	0.092 5	1 158.0
Grosbeak	322.3	636.0	202.7	400	26 x 3.97	7 x 3.09	25.15	0.089 9	1 303.0
Egret	322.3	636.0	202.7	400	30 x 3.70	19 x 2.22	25.88	0.090 1	1 471.0
Goose	322.3	636.0	202.7	400	54 x 2.76	7 x 2.76	24.80	0.088 3	1 218.0
Flamingo	337.8	666.6	212.8	420	24 x 4.23	7 x 2.82	25.40	0.085 8	1 277.0
Gull	337.8	666.6	212.8	420	54 x 3.20	7 x 3.20	24.54	0.085 4	1 334.0
Starling	362.5	715.5	228.0	450	26 x 4.21	7 x 3.27	26.70	0.079 9	1 466.0
Redwing	362.5	715.5	228.0	450	30 x 3.92	19 x 2.35	27.46	0.080 1	1 652.0
Crow	362.5	715.5	228.0	450	54 x 2.92	7 x 2.92	26.31	0.077 5	1 370.0
Drake	402.8	795.0	253.4	500	26 x 4.44	7 x 3.45	28.14	0.071 9	1 627.0
Mallard	402.8	795.0	253.4	500	30 x 4.14	19 x 2.48	28.95	0.071 8	1 838.0
Tern	402.8	795.0	253.4	500	45 x 3.38	7 x 2.25	27.00	0.071 9	1 333.0
Condor	402.8	795.0	253.4	500	54 x 3.08	7 x 3.08	27.72	0.071 9	1 523.0
Crane	443.1	874.5	278.7	550	54 x 3.23	7 x 3.23	29.10	0.064 3	1 676.0
Canary	456.0	900.0	286.3	565	54 x 3.28	7 x 3.28	29.52	0.063 5	1 725.0
Rail	483.4	954.0	304.0	600	45 x 3.70	7 x 2.47	29.59	0.059 9	1 601.0
Cardinal	483.4	954.0	304.0	600	54 x 3.38	7 x 3.38	30.42	0.059 9	1 830.0
Ortolan	523.7	1 033.5	329.4	650	45 x 3.85	7 x 2.57	30.78	0.055 3	1 735.0
Curlew	524.7	1 033.5	329.4	650	54 x 3.51	7 x 3.51	31.59	0.055 3	1 980.0
Bluejay	564.0	1 113.0	354.7	700	45 x 4.00	7 x 2.66	31.98	0.051 4	1 866.0
Finch	564.0	1 113.0	354.7	700	54 x 3.65	19 x 2.19	32.84	0.051 6	2 130.0
Bunting	604.2	1 192.5	380.0	750	45 x 4.14	7 x 2.76	33.07	0.047 9	2 001.0
Grackle	604.2	1 192.5	380.0	750	54 x 3.77	19 x 2.27	33.99	0.047 9	2 284.0
Bittern	644.5	1 272.0	405.4	800	45 x 4.27	7 x 2.85	34.16	0.045 0	2 134.0
Pheasant	644.5	1 272.0	405.4	800	54 x 3.90	19 x 2.34	35.10	0.045 0	2 434.0
Dipper	684.6	1 351.0	430.7	850	45 x 4.40	7 x 2.93	35.20	0.042 3	2 265.0
Martin	684.6	1 351.0	430.7	850	54 x 4.02	19 x 2.41	36.17	0.042 5	2 584.0
Bobolink	725.1	1 431.0	456.0	900	45 x 4.53	7 x 3.02	36.23	0.039 8	2 393.0
Plover	725.1	1 431.0	456.0	900	54 x 4.14	19 x 2.48	37.21	0.040 1	2 737.0
Nuthatch	765.1	1 510.0	481.4	950	45 x 4.65	7 x 3.10	37.24	0.037 9	2 532.0
Parrot	765.1	1 510.0	481.4	950	54 x 4.25	19 x 2.55	38.23	0.038 0	2 890.0
Lapwing	805.7	1 590.0	506.7	1 000	45 x 4.78	7 x 3.18	38.20	0.036 0	2 667.0
Falcon	805.7	1 590.0	506.7	1 000	54 x 4.36	19 x 2.62	39.24	0.036 1	3 045.0

**j) CAPACIDADES DE CONDUCCIÓN DE
CORRIENTE DE LOS CABLES DE
ALUMINIO CON ALMA DE ACERO (ACSR)**

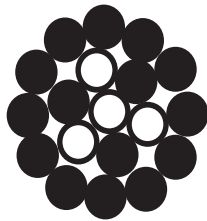
CÓDIGO MUNDIAL	CALIBRE AWG/Kcmil	CABLEADO AL/ACERO	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE * (AMPERES)				RESISTENCIA Ohms/km			REACTANCIA A 60hz 305 mm DE ESPACIAMIENTO	
			SOL NO VIENTO	NO SOL NO VIENTO	SOL VIENTO	NO SOL VIENTO	20°C C.C.	25°C C.A.	75°C C.A.	INDUCTIVA Ohm/km	CAPACITIVA Mohm-km
Turkey	6	6/1	60	70	105	110	2.105 9	2.141 1	2.684 4	0.482 2	0.088 2
Swan	4	6/1	80	95	140	145	1.322 9	1.350 1	1.715 0	0.449 3	0.083 9
Swanate	4	7/1	85	95	140	145	1.309 9	1.334 8	1.739 9	0.462 3	0.083 9
Sparrow	2	6/1	110	130	185	195	0.831 4	0.850 0	1.106 1	0.416 3	0.080 2
Sparate	2	7/1	115	130	185	195	0.822 1	0.840 1	1.118 5	0.423 2	0.079 5
Robin	1	6/1	130	150	210	225	0.659 9	0.673 6	0.888 6	0.400 2	0.077 7
Raven	1/0	6/1	155	175	240	255	0.522 6	0.536 3	0.714 6	0.387 1	0.075 8
Quail	2/0	6/1	175	205	275	295	0.415 0	0.425 5	0.581 0	0.373 5	0.073 3
Pigeon	3/0	6/1	205	235	315	340	0.329 1	0.336 6	0.469 1	0.360 4	0.071 5
Penguin	4/0	6/1	240	275	360	385	0.260 9	0.268 8	0.334 0	0.344 2	0.069 0
Waxwing	266.8	18/1	300	345	450	480	0.211 1	0.216 1	0.258 5	0.296 4	0.067 7
Partridge	266.8	26/7	305	355	455	490	0.209 0	0.213 8	0.255 4	0.288 9	0.066 5
Ostrich	300.0	26/7	330	385	490	530	0.186 0	0.189 9	0.227 4	0.284 6	0.065 9
Merlin	336.4	18/1	350	410	520	560	0.167 3	0.171 3	0.205 1	0.287 7	0.065 9
Linnet	336.4	26/7	360	420	530	570	0.166 0	0.169 3	0.203 2	0.280 2	0.064 6
Oriole	336.4	30/7	365	425	535	580	0.164 7	0.168 4	0.201 3	0.276 5	0.064 0
Chickadee	397.5	18/1	395	460	575	625	0.141 6	0.145 2	0.173 4	0.280 9	0.064 0
Ibis	397.5	26/7	405	470	585	635	0.140 4	0.143 9	0.172 1	0.274 1	0.063 4
Lark	397.5	30/7	410	480	595	645	0.139 4	0.142 9	0.170 3	0.270 3	0.062 8
Pelican	477.0	18/1	445	520	645	700	0.118 0	0.121 3	0.144 8	0.274 0	0.062 1
Flicker	477.0	24/7	455	530	665	710	0.117 4	0.120 3	0.144 2	0.268 4	0.061 6
Hawk	477.0	26/7	455	535	660	715	0.117 0	0.119 7	0.143 5	0.267 2	0.061 4
Hen	477.0	30/7	465	545	665	725	0.116 1	0.118 6	0.142 3	0.263 5	0.060 9
Osprey	556.5	18/1	495	580	710	775	0.101 2	0.104 1	0.124 3	0.268 4	0.061 0
Parakeet	556.5	24/7	505	590	720	785	0.100 7	0.103 4	0.123 7	0.262 8	0.060 2
Dove	556.5	26/7	510	595	725	790	0.100 2	0.102 9	0.123 0	0.261 0	0.060 0
Eagle	556.5	30/7	515	605	735	800	0.099 5	0.102 3	0.121 8	0.257 9	0.059 5
Peacock	605.0	24/7	535	630	760	830	0.092 6	0.095 2	0.113 7	0.259 7	0.059 5
Squab	605.0	26/7	540	635	765	835	0.092 3	0.094 8	0.113 1	0.257 9	0.059 2
Teal	605.0	30/19	545	645	770	845	0.091 7	0.093 8	0.112 5	0.254 8	0.058 7
Rook	636.0	24/7	555	650	785	855	0.088 1	0.090 2	0.108 1	0.257 9	0.059 0
Grosbeak	636.0	26/7	555	655	790	860	0.087 7	0.089 9	0.107 5	0.256 0	0.058 8
Egret	636.0	30/19	565	665	795	870	0.087 2	0.089 6	0.106 9	0.252 3	0.058 2
Flamingo	666.0	24/7	570	675	810	885	0.084 0	0.086 6	0.103 2	0.256 0	0.058 6
Stilt	715.5	24/7	600	705	845	925	0.078 3	0.080 7	0.096 3	0.253 5	0.057 9
Starling	715.5	26/7	605	715	850	930	0.077 9	0.080 1	0.095 7	0.251 7	0.057 7
Redwing	715.5	30/19	615	725	860	940	0.077 5	0.079 8	0.086 4	0.247 9	0.057 2
Tern	795.0	45/7	630	745	885	970	0.070 2	0.072 6	0.086 4	0.247 9	0.056 7
Condor	795.0	54/7	640	755	895	980	0.069 7	0.071 7	0.085 8	0.244 2	0.056 2
Drake	795.0	26/7	650	770	905	995	0.071 0	0.073 4	0.087 6	0.252 3	0.057 5
Mallard	795.0	30/19	660	780	915	1 005	0.070 5	0.072 7	0.087 0	0.249 2	0.057 0
Crane	874.5	54/7	690	810	960	1 050	0.062 8	0.065 2	0.078 3	0.248 6	0.056 4
Canary	900.0	54/7	695	825	965	1 065	0.062 3	0.064 4	0.077 1	0.244 2	0.055 8
Rail	954.0	45/7	715	845	990	1 090	0.059 2	0.061 7	0.073 3	0.245 4	0.055 7
Cardinal	954.0	54/7	725	860	1 005	1 105	0.058 7	0.061 2	0.072 7	0.241 7	0.055 3
Ortolan	1 033.5	45/7	750	890	1 040	1 145	0.054 7	0.057 2	0.068 4	0.242 3	0.055 1
Curlew	1 033.5	54/7	765	910	1 055	1 165	0.054 2	0.056 6	0.067 1	0.239 2	0.054 6
Bluejay	1 113.0	45/7	790	940	1 090	1 200	0.050 7	0.053 3	0.063 4	0.239 9	0.054 3
Finch	1 113.0	54/19	805	955	1 100	1 220	0.050 6	0.053 0	0.062 8	0.236 1	0.053 9
Bunting	1 192.5	45/7	830	985	1 135	1 255	0.047 3	0.049 0	0.059 3	0.237 4	0.053 7
Grackle	1 192.5	54/19	840	1 000	1 150	1 270	0.047 2	0.049 4	0.058 8	0.233 6	0.053 2
Bittern	1 272.0	45/7	865	1 030	1 180	1 305	0.044 4	0.046 4	0.055 8	0.234 9	0.053 1
Pheasant	1 272.0	54/19	880	1 050	1 195	1 325	0.044 3	0.046 8	0.055 3	0.231 2	0.052 6
Dipper	1 351.0	45/7	900	1 075	1 225	1 360	0.041 8	0.043 9	0.052 7	0.232 4	0.052 6
Martin	1 351.0	54/19	915	1 090	1 240	1 375	0.041 7	0.043 8	0.052 2	0.228 7	0.052 1
Bobolink	1 431.0	45/7	935	1 115	1 270	1 405	0.039 5	0.041 5	0.050 6	0.230 5	0.052 0
Plover	1 431.0	54/19	950	1 135	1 285	1 425	0.039 3	0.041 4	0.049 5	0.226 8	0.051 5
Nuthatch	1 510.0	45/7	970	1 160	1 310	1 455	0.037 4	0.039 5	0.047 5	0.228 0	0.051 5
Parrot	1 510.0	54/19	985	1 175	1 325	1 475	0.037 3	0.039 4	0.047 0	0.224 9	0.051 0
Lapwing	1 590.0	45/7	1 005	1 200	1 350	1 500	0.035 5	0.038 0	0.045 3	0.226 2	0.051 1
Falcon	1 590.0	54/19	1 020	1 220	1 370	1 525	0.035 4	0.038 0	0.044 8	0.222 5	0.050 6
Chukar	1 780.0	84/19	1 085	1 300	1 455	1 620	0.031 8	0.034 7	0.040 9	0.220 6	0.049 9
Bluebird	2 156.0	84/19	1 225	1 475	1 620	1 815	0.026 3	0.029 4	0.034 5	0.213 8	0.048 2
Kiwi	2 167.0	72/7	1 215	1 455	1 605	1 795	0.026 2	0.029 3	0.034 9	0.216 2	0.048 4

* Basada en una temperatura máxima en el conductor de 75°C y una temperatura ambiente de 25°C.

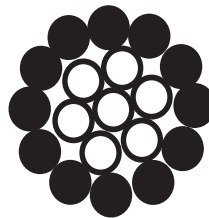
2.4.3 CONDUCTORES DESNUDOS DE COPPERWELD

Los alambres y cables Copperweld, hacen que las construcciones de líneas aéreas con claros interpostales largos, sean seguras y económicas, ya que se complementan la alta resistencia mecánica del acero y la conductividad del cobre en una sola unidad. Para aumentar la conductividad de los cables, se mezclan Conductores Copperweld con conductores de cobre obteniéndose cables de alta conductividad y resistencia mecánica, que llenan los requisitos para cualquier diseño de líneas aéreas. Las diferentes construcciones de cables formados con conductores de cobre y Copperweld son:

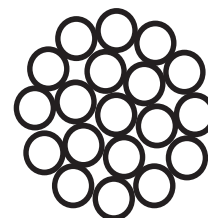
a) FORMACIÓN GEOMÉTRICA DE CABLES COPPERWELD



Tipo "EK"
4 alambres copperweld
15 alambres de cobre



Tipo "E"
7 alambres copperweld
12 alambres de cobre



Cableado copperweld
19 alambres



Tipo "F"
1 alambre copperweld
6 alambres de cobre



Tipo "G"
2 alambres copperweld
5 alambres de cobre



Tipo "J"
3 alambres copperweld
4 alambres de cobre



Tipo "K"
4 alambres copperweld
3 alambres de cobre



Tipo "N"
5 alambres copperweld
2 alambres de cobre



Tipo "P"
6 alambres copperweld
1 alambre de cobre



Cableado copperweld
7 alambres



Tipo "A"
1 alambre copperweld
2 alambres de cobre



Tipo "D"
2 alambres copperweld
1 alambre de cobre



Cableado copperweld
3 alambres

**b) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS
DE ALAMBRES Y CABLES DESNUDOS
DE COPPERWELD**

DIÁMETRO NOMINAL (PULGADA) CALIBRE AWG	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR		CARGA DE RUPTURA KG			PESO kg/km	RESISTENCIA Ohm/km C.C A 20°C		ÁREA SECCIÓN TRANS- VERSAL mm ²
			ALTO ESFUERZO		EXTRA ALTO ESFUERZO				
	mm	PULG.	40% COND.	30% COND.	30% COND.		40% COND.	30% COND.	
No. 4	5.189	0.204 3	1 606	1 784	2 119	172.3	2.079	2.771	21.15
5	4.620	0.181 9	1 333	1 474	1 775	136.7	2.621	3.494	16.77
(0.165)	4.191	0.165 0	1 144	1 261	1 528	112.4	3.187	4.249	13.79
6	4.115	0.162 0	1 104	1 216	1 473	108.4	3.307	4.406	13.30
7	3.665	0.144 3	912	1 001	1 216	85.97	4.167	5.558	10.55
8	3.264	0.128 5	753	823	1 000	68.17	5.256	7.008	8.368
(0.128)	3.251	0.128 0	747	817	992	67.67	5.295	7.060	8.303
9	2.906	0.114 4	621	676	—	54.06	6.627	8.835	6.632
(0.104)	2.642	0.104 0	534	582	—	44.66	8.022	10.700	5.481
10	2.588	0.101 9	513	558	—	42.87	8.356	11.140	5.261
12	2.053	0.080 8	356	—	—	26.97	13.290	—	3.309
(0.080)	2.032	0.080 0	349	—	—	26.43	13.560	—	3.243
CABLE									
7/8 (19, No. 5)	23.1	0.910	22 790	25 210	30 350	2 634	0.139 9	0.186 5	318.7
13/16 (19, No. 6)	20.6	0.810	18 870	20 790	25 190	2 088	0.176 4	0.235 2	252.7
23/32 (19, No. 7)	18.3	0.721	15 600	17 120	20 800	1 656	0.222 4	0.296 6	200.5
21/32 (19, No. 8)	16.3	0.642	12 870	14 080	17 100	1 314	0.280 5	0.374 0	159.0
9/16 (19, No. 9)	14.5	0.572	10 610	11 570	13 880	1 042	0.353 7	0.471 5	126.1
5/8 (7, No. 4)	15.6	0.613	10 120	11 240	13 350	1 219	0.300 0	0.399 9	148.1
9/16 (7, No. 5)	13.9	0.546	8 396	9 285	11 180	966.4	0.378 3	0.504 3	117.4
1/2 (7, No. 6)	12.3	0.486	6 954	7 661	9 280	766.4	0.477 0	0.635 8	93.10
7/16 (7, No. 7)	11.0	0.433	5 747	6 309	7 661	607.8	0.601 4	0.801 8	73.87
3/8 (7, No. 8)	9.78	0.385	4 745	5 189	6 300	482.0	0.758 5	1.011	58.56
11/32 (7, No. 9)	8.71	0.343	3 908	4 261	5 117	382.3	0.956 4	1.275	46.44
5/16 (7, No. 10)	7.77	0.306	3 230	3 519	4 171	303.1	1.206	1.608	36.83
3, No. 5	9.96	0.392	3 798	4 201	5 380	413.4	0.880 9	1.174	50.32
3, No. 6	8.86	0.349	3 145	3 465	4 424	327.8	1.111	1.481	39.90
3, No. 7	7.90	0.311	2 600	2 854	3 593	260.0	1.401	1.867	31.65
3, No. 8	7.04	0.277	2 145	2 347	2 849	206.1	1.766	2.354	25.10
3, No. 9	6.27	0.247	1 768	1 928	2 236	163.5	2.227	2.969	19.90
3, No. 10	5.59	0.220	1 461	1 592	1 887	129.7	2.808	3.743	15.78
3, No. 12	4.42	0.174	1 014	—	—	81.55	4.465	—	9.929

Módulo de Elasticidad alambre (sólido) 16.90 kg/mm², cable 16.20 kg/mm²

Coefficiente de Expansión: 0.000 013/ C.

Coefficiente de Resistencia: .003 8 Ohm/ C.

**c) TABLAS DE CONDUCTORES CABLEADOS
DE COPPERWELD Y COBRE, DESNUDOS,
PARA TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN**

TIPO DE CONDUCTOR	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR		DISEÑO DEL CONDUCTOR		CARGA DE RUPTURA kg	PESO TEÓRICO kg/km	ÁREA SECCIÓN TRANSVERSAL mm ²
	mm	PULGADA	NÚMERO Y DIÁMETRO DE ALAMBRES DE COPPERWELD CONDUCTIVIDAD 30% E.H.S. mm	NÚMERO Y DIÁMETRO DE ALAMBRES DE COBRE TEMPLE DURO mm			
350 Kcmil EQUIVALENTE EN COBRE 177.3 mm ²					0.103 1 Ohm/km a 20°C.		
E	20.02	0.788	7x4.003	12x4.003	14 710	2 088	239.0
EK	18.68	0.735	4x3.734	15x3.734	10 820	1 842	208.0
300 Kcmil EQUIVALENTE EN COBRE 152.0 mm ²					0.120 3 Ohm/km a 20°C.		
E	18.52	0.729	7x3.706	12x3.706	12 600	1 790	204.8
EK	17.27	0.680	4x3.457	15x3.457	9 507	1 579	178.3
250 Kcmil EQUIVALENTE EN COBRE 126.7 mm ²					0.144 4 Ohm/km a 20°C.		
E	16.92	0.666	7x3.383	12x3.383	10 850	1 491	170.7
EK	15.77	0.621	4x3.155	15x3.155	8 092	1 316	148.6
4/0 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (211 600 Circ. Mils) 107.2 mm ²					0.170 6 Ohm/km a 20°C.		
E	15.57	0.613	7x3.112	12x3.112	9 403	1 262	144.5
EK	14.50	0.571	4x2.903	15x2.903	6 972	1 114	125.7
F	13.97	0.550	1x4.656	6x4.656	5 575	1 057	119.2
3/0 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (167 800 Circ. Mils) 85.01 mm ²					0.215 1 Ohm/km a 20°C.		
E	13.84	0.545	7x2.771	12x2.771	7 620	1 001	114.6
J	14.10	0.555	3x4.702	4x4.702	7 335	1 052	121.5
EK	12.93	0.509	4x2.586	15x2.586	5 611	883.2	99.74
F	12.45	0.490	1x4.156	6x4.145	4 527	838.1	94.45
2/0 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (133 100 Circ. Mils) 67.43 mm ²					0.271 2 Ohm/km a 20°C.		
K	13.56	0.534	4x4.521	3x4.521	7 983	961.2	112.4
J	12.55	0.494	3x4.186	4x4.186	6 092	834.3	96.32
F	11.07	0.436	1x3.693	6x3.693	3 671	664.9	74.97
1/0 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (105 600 Circ. Mils) 53.48 mm ²					0.342 2 Ohm/km a 20°C.		
K	12.07	0.475	4x4.026	3x4.026	6 573	761.9	89.10
J	11.18	0.440	3x3.726	4x3.726	4 976	661.2	76.39
F	9.86	0.388	1x3.287	6x3.287	2 965	527.0	59.40
1 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (83 690 Circ. Mils) 42.41 mm ²					0.431 4 Ohm/km a 20°C.		
K	10.74	0.423	4x3.586	3x3.586	5 398	604.5	70.71
J	9.95	0.392	3x3.320	4x3.320	4 082	524.5	60.58
F	8.79	0.346	1x2.929	6x2.929	2 389	418.0	47.12
2 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (66 360 Circ. Mils) 33.62 mm ²					0.544 0 Ohm/km a 20°C.		
K	9.58	0.377	4x3.193	3x3.193	4 413	479.4	56.05
J	8.86	0.349	3x2.957	4x2.957	3 321	416.0	48.05
A	9.30	0.366	1x4.315	2x4.315	2 665	382.2	43.86
F	7.82	0.308	1x2.606	6x2.606	1 920	331.5	37.37

TIPO DE CONDUCTOR	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR		DISEÑO DEL CONDUCTOR		CARGA DE RUPTURA kg	PESO TEÓRICO kg/km	ÁREA SECCION TRANSVERSAL mm ²
	mm	PULGADA	NÚMERO Y DIÁMETRO DE ALAMBRES DE COPPERWELD CONDUCTIVIDAD 30% E.H.S. mm	NÚMERO Y DIÁMETRO DE ALAMBRES DE COBRE TEMPLE DURO mm			
3 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (52 630 Cir. Mils) 26.67 mm ²					0.685 7 Ohm/km a 20°C		
K	8.53	0.336	4x2.845	3x2.845	3 588	380.2	44.46
J	7.90	0.311	3x2.631	4x2.631	2 701	330.0	38.10
A	8.28	0.326	1x3.843	2x3.843	2 182	303.0	34.79
4 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (41 740 Cir. Mils) 21.15 mm ²					0.864 8 Ohm/km a 20°C		
D	8.84	0.348	2x4.102	1x4.102	3 329	335.7	39.66
A	7.37	0.290	1x3.421	2x3.421	1 786	240.3	27.59
5 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (33 100 Cir. Mils) 16.76 mm ²					1.080 Ohm/km a 20°C		
D	7.87	0.310	2x3.653	1x3.653	2 737	266.2	31.45
A	6.55	0.258	1x3.048	2x3.048	1 448	190.6	21.88
6 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (26 250 Cir. Mils) 13.30 mm ²					1.362 Ohm/km a 20°C		
D	7.01	0.276	2x3.254	1x3.254	2 242	211.1	24.94
A	5.84	0.230	1x2.713	2x2.713	1 173	151.2	17.35
C	5.72	0.225	1x2.657*	2x2.657	972	144.9	16.62
7 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (20 820 Cir. Mils) 10.55 mm ²					1.717 Ohm/km a 20°C		
D	6.25	0.246	2x2.898	1x2.898	1 824	167.4	19.78
A	5.66	0.223	1x3.216	2x2.273	1 249	139.4	16.23
8 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (16 510 Cir. Mils) 8.367 mm ²					2.165 Ohm/km a 20°C		
D	5.56	0.219	2x2.581	1x2.581	1 477	132.8	15.68
A	5.05	0.199	1x2.863	2x2.024	1 013	110.5	12.87
C	4.55	0.179	1x2.053*	2x2.117	618	90.29	10.35
91/2 AWG. EQUIVALENTE EN COBRE (11 750 Cir. Mils) 5.947 mm ²					3.009 Ohm/km a 20°C		
D	4.42	0.174	2x2.053*	1x2.053	791	84.02	9.929

TIPO DEL CONDUCTOR	MÓDULO DE ELASTICIDAD kg/mm ²	COEFICIENTE DE EXPANSIÓN POR GRADO C.	TIPO DEL CONDUCTOR	MÓDULO DE ELASTICIDAD kg/mm ²	COEFICIENTE DE EXPANSIÓN POR GRADO C.
E	13 700	0.000 015 1	2A-6A Inclusive	13 400	0.000 015 3
EK	13 000	0 000 015 8	7A y 8A	14 800	0.000 014 6
F	12 700	0.000 016 2	C	13 400	0.000 015 3
J	14 100	0.000 014 9	D	15 500	0.000 014 0
K	14 800	0.000 014 4			

*Copperweld, de alto esfuerzo 40% conductividad.

2.4.4 CONDUCTORES DE ALUMOWELD DESNUDOS

a) UTILIZACIÓN DEL ALUMOWELD

El Alumoweld está especialmente indicado para la construcción de líneas aéreas de aluminio reforzado. Además de reunir las propiedades eléctricas y mecánicas deseadas, ofrece las ventajas económicas inherentes a su bajo precio de adquisición, reducidos gastos de conservación y larga duración, en las aplicaciones siguientes:

LÍNEAS AÉREAS DE PUESTA A TIERRA

Las líneas modernas de transmisión a altas tensiones precisan disponer de conductores aéreos de puesta a tierra para evitar interrupciones motivadas por perturbaciones atmosféricas. La elevada resistencia mecánica y reducido peso de los cables Alumoweld permite que sean tendidos con flechas que hacen posible en el centro del claro obtener distancias máximas en los conductores de transmisión de energía, a fin de asegurar el aislamiento requerido. La gruesa capa de aluminio ofrece la máxima protección contra la corrosión atmosférica y a la vez, excelente conductividad para el debido funcionamiento de los relevadores de protección.

ALAMBRES PARA NÚCLEO DE CABLES TIPO ACRS/AW

El Alumoweld es de gran utilidad como elemento de refuerzo en los cables ACSR en atención a su alta resistencia mecánica, gran conductividad y compatibilidad con los alambres de aluminio, y su empleo permite coordinar la duración de los alambres reforzantes con la de los de conducción.

Cuando el Alumoweld sustituye a elementos de refuerzo sin modificar la formación del cable, se consigue el aumento de su capacidad eléctrica de conducción; y si se modifica el cable para conseguir que su conductividad sea la misma que anteriormente, entonces el empleo del Alumoweld permite obtener un cable de menor sección, lo que contribuye a reducir las cargas por hielo y viento, con el aumento consiguiendo del coeficiente de seguridad. El alambre de Alumoweld se suministra a los fabricantes de los cables ACSR para su empleo directo como alambre de refuerzo de dichos cables.

MENSAJEROS NEUTROS

El cable Alumoweld es ideal para emplearse como conductor neutro y como mensajero o soporte de cables aéreos para transmisión de energía eléctrica. Proporciona buena conductividad, flechas mínimas en los claros largos, y permite conseguir elevados coeficientes de seguridad en el caso de sobrecarga por tormenta. Asimismo, se fabrican cables formados por Alumoweld y aluminio para cumplir las necesidades requeridas, en casi la totalidad de los casos, en cuanto a resistencia mecánica y a conductividad eléctrica se refiere.

ALAMBRES PARA LÍNEAS TELEFÓNICAS AÉREAS

Las instalaciones telefónicas que utilizan líneas aéreas exigen, hoy en día, disponer de alambres de alta resistencia mecánica, gran resistencia a la corrosión y de buenas características de transmisión, especialmente para corrientes de alta frecuencia. El alambre Alumoweld para líneas aéreas reúne todas estas propiedades. Su alta resistencia mecánica y bajo peso, permiten su tendido con claros largos y flechas pequeñas, proporcionando además la debida seguridad, aún en el caso de sobrecargas por tormentas. La gruesa capa de aluminio cumple dos cometidos: protege contra la corrosión al alma de acero y proporciona buenas características de transmisión. De hecho, a frecuencias de onda portadora, las características de transmisión son iguales, o incluso mejores, que las correspondientes al alambre de aluminio.

CABLE MENSAJERO (SOPORTE)

La importancia del servicio que deben asegurar, tanto los cables telefónicos como los transportadores de energía eléctrica, justifican plenamente la utilización de un cable mensajero o de soporte, de las mejores características posibles. El cable mensajero de Alumoweld asegura una larga vida, y como no se oxida, conserva permanentemente su alta resistencia mecánica. Asimismo, con la utilización creciente de recubrimientos de aluminio y otros no metálicos, el Alumoweld permite disponer de un cable mensajero que puede competir, totalmente, contra cualquier otro en cuanto a conductividad y seguridad para el servicio.

CABLES PARA RETENIDA

Los cables de Alumoweld, por sus características anti-corrosivas y de alta resistencia mecánica, tiene excelente aplicación como retenidas en las instalaciones de líneas aéreas para transporte de energía eléctrica, comunicaciones, señalización, etc. La elevada resistencia a la tracción de estos cables, de poco peso, está protegida permanentemente contra la corrosión por una gruesa capa de aluminio, eliminando así los gastos de conservación por oxidación de los cables para retenida de otros tipos. Además, por ser de fácil manejo, con los cables de Alumoweld para retenida se reducen los costos de instalación. Para anclajes se recomienda el empleo de grapas o mordazas terminales preformadas.

b) CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE LOS ALAMBRES Y CABLES DE ALUMOWELD

No. HILOS Y CALIBRE DE LOS CABLES	DIÁMETRO NOMINAL mm	CARGA DE RUPTURA kg	PESO TEÓRICO kg/km	RESISTENCIA Ohm/km C.C A 20°C	SECCIÓN TRANSVERSAL mm ²
CABLE					
37 No. 5 AWG	32.3	64 790	4 170	0.139 3	620.3
37 No. 6 AWG	28.7	54 500	3 307	0.175 7	492.0
37 No. 7 AWG	25.7	45 690	2 622	0.221 6	309.3
37 No. 8 AWG	22.8	38 190	2 080	0.279 4	309.5
37 No. 9 AWG	20.3	30 290	1 649	0.352 4	245.5
37 No. 10 AWG	18.1	24 020	1 308	0.444 2	194.6
19 No. 5 AWG	23.1	33 270	2 128	0.269 8	318.6
19 No. 6 AWG	20.6	27 990	1 688	0.340 2	252.6
19 No. 7 AWG	18.3	23 460	1 339	0.429 1	200.5
19 No. 8 AWG	16.3	19 610	1 062	0.541 0	159.0
19 No. 9 AWG	14.5	15 550	842.0	0.682 1	126.1
19 No. 10 AWG	12.9	12 330	667.7	0.860 2	99.94
7 No. 5 AWG	13.9	12 260	781.8	0.742 8	117.35
7 No. 6 AWG	12.3	10 310	619.5	0.919 6	93.10
7 No. 7 AWG	11.0	8 645	491.1	1.160	73.87
7 No. 8 AWG	9.78	7 226	389.6	1.463	58.56
7 No. 9 AWG	8.71	5 729	308.9	1.844	46.44
7 No. 10 AWG	7.77	4 545	245.1	2.325	36.83
7 No. 11 AWG	6.91	3 604	194.4	2.932	29.18
7 No. 12 AWG	6.15	2 858	154.2	3.697	23.16
3 No. 5 AWG	9.96	5 547	334.1	1.698	50.30
3 No. 6 AWG	8.86	4 663	265.0	2.142	39.90
3 No. 7 AWG	7.90	3 910	210.1	2.701	31.65
3 No. 8 AWG	7.04	3 269	166.7	3.405	25.10
3 No. 9 AWG	6.27	2 592	132.2	4.295	19.90
3 No. 10 AWG	5.59	2 056	104.8	5.417	15.78
ALAMBRE					
4 AWG	5.19	2 305	139.3	4.009	21.15
5 AWG	4.62	1 946	110.5	5.056	16.76
6 AWG	4.11	1 637	87.62	6.375	13.30
7 AWG	3.67	1 372	69.48	8.038	10.55
8 AWG	3.26	1 147	55.11	10.13	8.367
9 AWG	2.91	909	43.71	12.78	6.633
10 AWG	2.59	721	34.66	16.12	5.260
11 AWG	2.30	572	27.49	20.32	4.170
12 AWG	2.05	454	21.80	25.63	3.307

Módulos de Elasticidad: Cable 16.20 kg/mm²; alambre (sólido) 16.50 kg/mm².
 Coeficiente de dilatación lineal: 0.000 013 / °C.

c) TABLAS DE SELECCIÓN DE CABLES ACSR/AW
CABLE ACSR CON NÚCLEO DE ALUMOWELD CONSTRUCCIÓN BASADA
EN DIÁMETROS IGUALES A LOS ESPECIFICADOS PARA ACSR

CÓDIGO MUNDIAL ACSR	ÁREA TOTAL DE ALUMINIO EN Kcmil	SECCIÓN TRANSVERSAL		CABLEADO NÚMERO Y DIÁMETRO DE ALAMBRES mm		DIÁMETRO mm		RESISTENCIA MAX. C.C. A 20°C Ohm/km	CARGA DE RUPTURA kN	PESO NOMINAL kg/km		
		ALAMBRES DE ALUMINIO mm ²	TOTAL mm ²	ALUMINIO	ALUMOWELD	CABLE COMPLETO	NÚCLEO DE ALUMOWELD			TOTAL	ALUMINIO	ALUMOWELD
Turkey	27 340	13.30	15.52	6 x 1.68	1 x 1.68	5.04	1.68	2.046 1	5	51.04	36.46	14.58
Thrush	34 480	16.76	19.57	6 x 1.89	1 x 1.89	5.67	1.89	1.614 4	7	64.43	45.98	18.45
Swan	43 470	21.15	24.64	6 x 2.12	1 x 2.12	6.36	2.12	1.280 2	8	81.24	58.03	23.21
Swanate	44 370	21.15	26.50	7 x 1.96	1 x 2.61	6.53	2.61	1.246 0	10	93.30	58.03	32.27
Swallow	54 870	26.67	31.12	6 x 2.38	1 x 2.38	7.14	2.38	1.013 8	10	102.52	73.21	29.31
Sparrow	69 170	33.62	39.22	6 x 2.67	1 x 2.67	8.01	2.67	0.804 8	12	129.16	92.26	36.90
Sparate	70 630	33.62	42.17	7 x 2.47	1 x 3.30	8.25	3.30	0.782 8	16	148.65	92.40	56.25
Robin	87 320	42.41	49.48	6 x 3.00	1 x 3.00	9.00	3.00	0.637 5	15	163.08	116.51	46.57
Raven	110 100	53.48	62.40	6 x 3.37	1 x 3.37	10.11	3.37	0.505 6	19	205.65	146.87	58.78
Quail	138 800	67.43	78.65	6 x 3.78	1 x 3.78	11.34	3.78	0.401 2	23	259.21	185.11	74.10
Pigeon	174 700	85.01	99.20	6 x 4.25	1 x 4.25	12.75	4.25	0.318 5	28	326.47	233.17	93.30
Penguin	220 400	107.2	125.07	6 x 4.77	1 x 4.77	14.31	4.77	0.252 5	34	411.88	294.18	117.70
Waxwing	270 300	135.2	142.70	18 x 3.09	1 x 3.09	15.45	3.09	0.208 8	30	421.85	372.45	49.40
Owl	275 400	135.2	152.82	6 x 5.36	7 x 1.79	16.08	5.37	0.204 1	43	488.52	372.75	115.77
Partridge	277 700	135.2	157.19	26 x 2.57	7 x 2.00	16.31	6.00	0.202 4	48	520.21	374.53	154.68
Ostrich	312 100	152.0	176.71	26 x 2.73	7 x 2.12	17.27	6.36	0.180 1	54	584.49	420.96	163.53
Merlin	341 000	170.5	179.96	18 x 3.47	1 x 3.47	17.35	3.47	0.165 5	37	532.26	469.91	62.35
Linnet	350 400	170.5	198.33	26 x 2.89	7 x 2.25	18.31	6.75	0.160 7	60	656.36	472.59	183.77
Oriole	356 100	170.5	210.28	30 x 2.69	7 x 2.69	18.83	8.07	0.157 3	74	736.71	473.33	263.38
Chickadee	403 000	201.4	212.56	18 x 3.77	1 x 3.77	18.85	3.77	0.140 0	44	658.66	585.00	73.66
Ibis	413 400	201.4	234.13	26 x 3.14	7 x 2.44	19.89	7.32	0.136 0	70	774.21	557.55	216.65
Lark	420 600	201.4	248.28	30 x 2.92	7 x 2.92	20.44	8.76	0.133 2	87	870.33	559.19	311.14
Pelican	483 700	241.7	255.16	18 x 4.14	1 x 4.14	20.70	4.14	0.116 7	51	754.72	666.33	88.39
Flicker	493 600	241.7	273.10	24 x 3.58	7 x 2.39	21.49	7.17	0.114 4	72	877.03	669.75	207.28
Hawk	496 800	241.7	281.19	26 x 3.44	7 x 2.68	21.79	8.04	0.113 3	84	930.60	670.05	260.55
Hen	504 900	241.7	288.00	30 x 3.20	7 x 3.20	22.40	9.60	0.111 0	104	1 044.58	671.24	373.34
Osprey	564 000	282.0	297.69	18 x 4.47	1 x 4.47	22.35	4.47	0.100 1	59	880.15	777.03	103.12
Parakeet	574 700	282.0	318.60	24 x 3.87	7 x 2.58	23.22	7.74	0.098 1	86	1 023.00	781.35	241.65
Dove	579 200	282.0	327.92	26 x 3.72	7 x 2.89	23.55	8.67	0.097 0	97	1 087.90	781.05	303.85
Eagle	589 000	282.0	347.82	30 x 3.46	7 x 3.46	24.22	10.38	0.095 1	119	1 218.87	783.13	435.74
Peacock	624 800	306.6	346.38	24 x 4.03	7 x 2.69	24.21	8.07	0.090 2	93	1 112.58	849.50	236.08
Squab	629 300	306.6	356.41	26 x 3.87	7 x 3.01	24.54	9.03	0.090 9	126	1 178.65	848.76	329.89
Teal	639 400	306.6	376.22	30 x 3.61	19 x 2.16	25.25	10.80	0.087 7	127	1 314.21	851.14	463.07
Rock	656 700	322.3	364.18	24 x 4.14	7 x 2.76	24.82	8.28	0.085 8	98	1 168.97	892.80	276.17
Grosbeak	661 900	322.3	374.79	26 x 3.97	7 x 3.09	25.15	9.27	0.084 9	110	1 239.50	892.65	346.85

CÓDIGO MUNDIAL ACSR	ÁREA TOTAL DE ALUMINIO EN Kcmil	SECCIÓN TRANSVERSAL		CABLEADO NÚMERO Y DIÁMETRO DE ALAMBRES mm		DIÁMETRO mm		RESISTENCIA MAX. C.A 20°C Ohm/km	CARGA DE RUPTURA kN	PESO NOMINAL kg/km		
		ALAMBRES DE ALUMINIO mm²	TOTAL mm²	ALUMINIO	ALUMOWELD	CABLE COMPLETO	NÚCLEO ALUMOWELD			TOTAL	ALUMINIO	ALUMOWELD
Egret	672 300	322.3	395.84	30 x 3.70	19 x 2.22	25.88	11.10	0.083 4	113	1 382.20	894.88	487.32
Flamingo	688 500	337.8	380.90	24 x 4.23	7 x 2.80	25.40	8.40	0.081 9	103	1 225.66	936.10	289.56
Crow	738 600	362.5	409.38	54 x 2.92	7 x 2.92	26.28	8.76	0.076 3	120	1 314.50	1 004.10	310.40
Starling	774 700	362.5	421.65	26 x 4.21	7 x 3.28	26.70	9.84	0.075 5	122	1 394.70	1 004.40	390.30
Redwing	775 900	362.5	444.91	30 x 3.92	19 x 2.35	27.46	11.76	0.074 1	149	1 553.47	1 005.89	547.58
Tern	808 500	402.8	430.63	45 x 3.38	7 x 2.25	27.00	6.75	0.070 0	94	1 299.62	1 115.55	134.07
Condor	821 600	402.8	454.95	54 x 3.08	7 x 3.08	27.72	9.24	0.068 6	124	1 462.40	1 117.04	345.36
Drake	827 700	402.8	468.24	26 x 4.44	7 x 3.45	28.14	10.35	0.067 9	136	1 550.50	1 116.00	434.50
Mallard	840 500	402.8	494.58	30 x 4.14	19 x 2.48	28.95	12.40	0.066 7	165	1 727.58	1 118.98	608.60
Crane	903 400	443.1	500.46	54 x 3.23	7 x 3.23	29.07	9.69	0.062 4	146	1 608.53	1 229.09	379.44
Canary	927 200	456.0	515.15	54 x 3.28	7 x 3.28	29.52	9.84	0.060 7	138	1 653.17	1 263.31	389.86
Rail	970 500	483.4	516.94	45 x 3.70	7 x 2.47	29.59	7.41	0.058 4	113	1 560.91	1 339.20	221.71
Cardinal	984 700	483.4	545.21	54 x 3.38	7 x 3.38	30.42	10.14	0.057 2	146	1 752.86	1 339.20	413.66
Ortlan	1 052 000	523.7	560.01	45 x 3.85	7 x 2.57	30.78	7.71	0.053 8	121	1 691.86	1 452.29	239.57
Curlew	1 068 000	523.7	592.43	54 x 3.51	7 x 3.51	31.59	10.53	0.052 6	156	1 900.18	1 452.29	447.89
Bluejay	1 113 000	564.0	602.90	45 x 3.99	7 x 2.66	31.98	7.98	0.050 0	130	1 821.31	1 562.40	258.91
Finch	1 149 000	564.0	635.57	54 x 3.65	19 x 2.19	32.84	10.95	0.049 3	167	2 044.51	1 569.84	474.67
Bunting	1 213 000	604.2	646.08	45 x 4.14	7 x 2.76	33.07	8.28	0.046 7	139	1 950.77	1 674.00	276.77
Grackle	1 230 000	604.2	681.09	54 x 3.77	19 x 2.27	33.99	11.35	0.046 0	179	2 188.85	1 681.44	507.41
Bittern	1 294 000	644.5	689.16	45 x 4.27	7 x 2.85	34.16	8.55	0.043 8	149	2 080.22	1 785.60	294.62
Pheasant	1 313 000	644.5	726.21	54 x 3.90	19 x 2.34	35.10	11.70	0.043 1	189	2 336.16	1 794.53	541.63
Dipper	1 375 000	684.6	731.80	45 x 4.40	7 x 2.93	35.20	8.79	0.041 2	158	2 208.19	1 897.20	310.99
Martin	1 394 000	684.6	771.27	54 x 4.02	19 x 2.41	36.17	12.05	0.040 6	201	2 480.50	1 906.13	574.37
Bobolink	1 455 000	725.1	775.57	45 x 4.53	7 x 3.03	36.23	9.09	0.038 9	167	2 339.13	2 007.31	331.82
Plover	1 477 000	725.1	816.88	54 x 4.14	19 x 2.48	37.21	12.40	0.038 4	212	2 627.81	2 019.22	608.58
Nuthatch	1 536 000	765.1	817.93	45 x 4.65	7 x 3.10	37.24	9.30	0.036 1	177	2 470.08	2 120.40	349.68
Parrot	1 563 000	765.1	862.13	54 x 4.25	19 x 2.55	38.23	12.75	0.036 3	224	2 479.59	2 136.77	642.82
Lapwing	1 615 000	805.7	861.30	45 x 4.78	7 x 3.18	38.20	9.54	0.035 1	186	2 595.08	2 227.54	367.54
Falcon	1 641 000	805.7	908.13	54 x 4.36	19 x 2.62	39.24	13.10	0.034 5	236	2 919.46	2 242.42	377.04
Chukar	1 817 000	902.0	975.54	84 x 3.70	19 x 2.22	40.69	11.10	0.031 3	220	2 998.33	2 511.75	486.58
Grouse	86 970	40.54	54.66	8 x 2.54	1 x 4.24	9.32	4.24	0.654 2	23	204.90	111.75	93.15
Petrel	116 600	51.58	81.68	12 x 2.34	7 x 2.34	11.70	7.02	0.490 2	45	341.94	142.85	199.09
Minorca	127 000	56.14	88.87	12 x 2.44	7 x 2.44	12.20	7.32	0.450 5	49	372.30	155.50	216.80
Leghorn	154 200	68.20	108.28	12 x 2.70	7 x 2.70	13.50	8.10	0.370 7	60	452.20	188.83	263.38
Guinea	182 200	80.57	127.45	12 x 2.92	7 x 2.92	14.60	8.76	0.313 8	71	534.19	223.20	310.99
Dotterel	202 600	89.64	141.79	12 x 3.08	7 x 3.08	15.40	9.24	0.282 1	78	594.31	248.20	346.11
Dorking	218 600	96.68	152.98	12 x 3.20	7 x 3.20	16.00	9.60	0.261 5	84	641.18	267.84	373.34
Cochin	242 100	107.07	169.51	12 x 3.37	7 x 3.37	16.85	10.11	0.236 2	91	710.07	296.56	413.51
Brahma	148 600	103.00	194.78	16 x 2.86	19 x 2.48	18.14	12.40	0.230 1	128	896.67	285.25	611.42

**d) CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE
 PARA CABLES ACSR/AW DESNUDOS**

CÓDIGO MUNDIAL	CALIBRE AWG/Kcmil	CABLEADO AL/AW	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE* (AMPERES)				RESISTENCIA EN Ohm/km		REACTANCIA A 60Hz 305 mm Espacio	
			SOL NO VIENTO	NO SOL NO VIENTO	SOL VIENTO	NO SOL VIENTO	20°C C.C	75°C C.A.	INDUCTIVA Ohm/km	CAPACITIVA Mohm-km
Waxing/AW	266.8	18/1	300	350	450	485	0.208 8	0.255 4	0.296 4	0.067 7
Partridge/AW	266.8	26/7	310	360	465	500	0.202 4	0.247 3	0.288 9	0.066 5
Ostrich/AW	300.0	26/7	335	395	500	540	0.180 1	0.220 0	0.284 6	0.065 9
Merlin/AW	336.4	18/1	350	410	520	565	0.165 5	0.202 6	0.287 7	0.065 9
Linnet/AW	336.4	26/7	365	425	535	580	0.160 7	0.196 4	0.280 2	0.064 6
Oriole/AW	336.4	26/7	375	435	545	590	0.157 5	0.192 0	0.276 5	0.064 0
Chickadee/AW	397.5	18/1	395	460	580	625	0.140 1	0.171 5	0.280 9	0.064 0
Brant/AW	397.5	24/7	405	475	590	640	0.137 3	0.168 4	0.275 9	0.063 4
Ibis/AW	397.5	26/7	410	480	595	645	0.136 0	0.166 5	0.274 0	0.063 4
Lark/AW	397.5	30/7	420	490	605	660	0.133 2	0.162 8	0.270 3	0.062 8
Pelican/AW	477.0	18/1	450	525	650	705	0.116 7	0.142 3	0.274 0	0.062 1
Flicker/AW	477.0	24/7	460	540	660	720	0.114 4	0.140 4	0.268 4	0.061 6
Hawk/AW	477.0	26/7	465	545	670	725	0.113 3	0.138 6	0.267 2	0.061 3
Hen/AW	477.0	30/7	475	555	680	740	0.111 0	0.136 1	0.263 5	0.060 9
Osprey/AW	556.5	18/1	500	585	715	780	0.100 0	0.123 0	0.268 4	0.061 0
Parakeet/AW	556.5	24/7	510	600	730	795	0.098 1	0.120 5	0.262 8	0.060 2
Dove/AW	556.5	26/7	515	605	735	800	0.097 1	0.119 3	0.261 0	0.060 0
Eagle/AW	556.5	30/7	525	620	750	820	0.095 1	0.116 8	0.257 9	0.059 5
Peacock/AW	605.0	24/7	540	635	770	840	0.090 2	0.110 6	0.259 7	0.059 5
Squab/AW	605.0	26/7	545	645	775	850	0.091 0	0.109 4	0.257 9	0.059 2
Wood Duck/AW	605.0	30/7	560	660	790	865	0.087 5	0.107 5	0.254 8	0.058 7
Teal/AW	605.0	30/19	560	660	790	865	0.087 7	0.107 5	0.254 8	0.058 7
Kingbird/AW	636.0	18/1	545	640	775	845	0.087 5	0.108 1	0.263 5	0.059 7
Rook/AW	636.0	24/7	560	660	795	865	0.085 8	0.105 6	0.257 9	0.059 0
Gosbeak/AW	636.0	26/7	565	665	800	875	0.084 9	0.104 4	0.256 0	0.058 8
Scoter/AW	636.0	30/7	580	685	815	895	0.083 2	0.101 9	0.252 3	0.058 2
Egret/AW	636.0	30/19	575	680	815	890	0.083 4	0.102 5	0.252 3	0.058 2
Swift/AW	636.0	36/1	540	635	770	840	0.088 4	0.108 7	0.264 1	0.059 9
Flamingo/AW	636.0	24/7	580	680	815	895	0.081 8	0.100 7	0.256 0	0.058 6
Gannet/AW	666.5	26/7	585	690	825	905	0.081 0	0.099 4	0.254 1	0.058 3
Stilt/AW	715.5	24/7	605	715	855	935	0.076 2	0.093 8	0.253 5	0.057 9
Starling/AW	715.5	26/7	615	725	865	945	0.075 5	0.092 6	0.251 7	0.057 7
Redwing/AW	715.5	30/19	625	740	875	960	0.074 1	0.091 3	0.247 9	0.057 2
Cuckoo/AW	795.0	24/7	655	770	915	1 000	0.068 7	0.084 5	0.249 8	0.057 0
Drake/AW	795.0	26/7	660	780	920	1 010	0.067 9	0.083 9	0.247 9	0.056 7

CÓDIGO MUNDIAL	CALIBRE AWG/Kcmil	CABLEADO AL/AW	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE* (AMPERES)				RESISTENCIA EN Ohm/km		REACTANCIA A 60Hz 305 mm Espacio	
			SOL NO VIENTO	NO SOL NO VIENTO	SOL VIENTO	NO SOL VIENTO	20°C C.C	75°C C.A.	INDUCTIVA Ohm/km	CAPACITIVA Mohm-km
Mallard/AW	795.0	30/19	675	795	935	1 030	0.066 7	0.082 0	0.244 2	0.056 2
Coot/AW	795.0	36/1	630	745	885	970	0.070 7	0.087 6	0.255 4	0.057 9
Tern/AW	795.0	45/7	635	750	890	980	0.070 0	0.086 4	0.251 7	0.057 5
Condor/AW	795.0	54/7	650	770	910	995	0.068 6	0.084 5	0.249 2	0.057 0
Ruddy/AW	900.0	45/7	690	820	965	1 060	0.061 9	0.076 4	0.247 9	0.056 3
Canary/AW	900.0	54/7	705	835	980	1 075	0.060 7	0.075 2	0.244 2	0.055 8
Catbird/AW	954.0	36/1	710	845	990	1 090	0.058 9	0.073 3	0.248 6	0.056 2
Rail/AW	954.0	45/7	720	850	995	1 095	0.058 4	0.072 7	0.245 4	0.055 7
Cardinal/AW	954.0	54/7	735	870	1 015	1 120	0.057 2	0.070 8	0.241 7	0.055 3
Tanager/AW	1 033.5	36/1	750	890	1 040	1 145	0.054 4	0.067 7	0.245 4	0.055 4
Ortolan/AW	1 033.5	45/7	760	900	1 050	1 155	0.053 8	0.067 1	0.242 3	0.055 1
Curlew/AW	1 033.5	54/7	780	925	1 070	1 180	0.052 8	0.065 2	0.239 2	0.054 6
Bluejay/AW	1 113.0	45/7	795	945	1 095	1 210	0.050 0	0.062 8	0.239 9	0.054 3
Finch/AW	1 113.0	54/19	815	965	1 115	1 230	0.049 3	0.061 3	0.236 1	0.053 9
Bunting/AW	1 192.5	45/7	835	995	1 145	1 265	0.046 7	0.058 5	0.237 4	0.053 7
Glackle/AW	1 192.5	54/19	850	1 015	1 165	1 285	0.046 0	0.057 4	0.233 6	0.053 2
Skylark/AW	1 272.0	36/1	860	1 025	1 180	1 305	0.044 2	0.055 9	0.238 0	0.053 5
Bittern/AW	1 272.0	45/7	870	1 040	1 190	1 315	0.043 8	0.055 1	0.234 9	0.053 1
Pheasant/AW	1 272.0	54/19	890	1 060	1 210	1 340	0.043 1	0.054 1	0.231 2	0.052 6
Dipper/AW	1 351.5	45/7	910	1 080	1 235	1 365	0.041 2	0.052 0	0.232 4	0.052 5
Martin/AW	1 351.5	54/19	925	1 105	1 255	1 390	0.040 6	0.051 0	0.228 7	0.052 1
Bobolink/AW	1 431.0	45/7	940	1 125	1 275	1 415	0.038 9	0.049 3	0.230 5	0.052 0
Plover/AW	1 431.0	54/19	960	1 150	1 300	1 445	0.038 4	0.048 3	0.266 8	0.051 5
Nuthatch/AW	1 510.5	45/7	975	1 165	1 320	1 465	0.036 9	0.046 9	0.228 0	0.051 5
Parrot/AW	1 510.5	54/19	1 000	1 195	1 345	1 495	0.036 3	0.045 8	0.224 9	0.051 0
Lapwing/AW	1 590.0	45/7	1 010	1 205	1 360	1 510	0.035 1	0.044 8	0.226 2	0.051 1
Falcon/AW	1 590.0	54/19	1 030	1 235	1 385	1 540	0.034 5	0.043 7	0.222 5	0.050 6
Chukar/AW	1 780.0	84/19	1 095	1 310	1 465	1 630	0.031 3	0.040 3	0.220 6	0.049 9
Bluebird/AW	2 156.0	84/19	1 235	1 485	1 635	1 830	0.025 8	0.034 1	0.213 8	0.048 2
Kiwi/AW	2 167.0	72/7	1 215	1 460	1 610	1 805	0.026 0	0.034 7	0.216 2	0.048 4
Thrasher/AW	2 132.0	76/19	1 275	1 525	1 680	1 885	0.024 3	0.032 6	0.212 5	0.047 7
Joree/AW	2 515.0	76/19	1 340	1 615	1 760	1 975	0.022 4	0.030 4	0.209 4	0.046 9

* Basada en una temperatura máxima en el conductor de 75°C y una temperatura ambiente de 25°C.

2.5 Conductores aislados para baja tensión

2.5.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Se considera como conductor para baja tensión a todo aquel que tenga un aislamiento que le permita operar en tensiones hasta de 1 000 volts en condiciones apropiadas de seguridad.

Los conductores aislados para 600 volts, se clasifican según las propiedades de su aislamiento de acuerdo con las tablas siguientes.

a) CLASIFICACIÓN DE CONDUCTORES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLAMIENTOS

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMP. OP. MAX. °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACIÓN
Hule sintético o matl. Termofijo	RH	75	Hule sintético o material Termofijo resistente al calor	Resistente a la humedad, retardadora de la flama, no metálica	Lugares secos
Hule sintético o matl. Termofijo	RHH	90	Hule sintético o material Termofijo resistente al calor y a la flama		Lugares secos o húmedos
Hule sintético o matl. Termofijo	RHW	75	Hule sintético o material Termofijo resistente al calor, a la humedad y a la flama	Resistente a la humedad y a la propagación de la flama	Lugares secos o mojados
Hule sintético o matl. Termofijo	RHW/RHH	75/90	Material termofijo de etileno propileno, EPR, resistente al calor, a la humedad y a la propagación de la flama	Material elastomérico, termofijo, resistente a la humedad y a la flama	Lugares mojados/ Lugares secos y húmedos
Polietileno vulcanizado	RHW/RHH	75/90	Polietileno vulcanizado resistente al calor, a la humedad y a la flama	Ninguna	Lugares mojados/ Lugares secos y húmedos
Cable para acometida aérea	CCE	60	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	Termoplástico resistente a la humedad y a la intemperie	Lugares secos y mojados
Cable para acometida aérea	BM-AL	75	Termoplástico resistente a la humedad y a la intemperie	Ninguna	Lugares secos y mojados
Termoplástico para tableros	TT	75	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio, de baja emisión de humos y gas ácido	Ninguna	Lugares secos y húmedos. Alambrado de tableros
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	Ninguna	Lugares secos y mojados
Cable plano acometidas aéreas	TWD	60	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	Ninguna	Lugares secos y mojados
Cable plano acometida aérea y sistemas foto voltaico	TWD-UV	60	Termoplástico resistente a la humedad, a la intemperie y a la propagación de incendio	Ninguna	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea
Termoplástico resistente al calor y a la flama	THHN	90	Termoplástico resistente al calor y a la propagación de la flama	Nylon o equivalente	Lugares secos solamente

Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	THW -LS	75	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio, de baja emisión de humos y de gas ácido	Ninguna	Lugares secos y mojados
	THHW -LS	90			
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la flama	THWN	75	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	Nylon o equivalente	Lugares secos y mojados
Polietileno vulcanizado resistente a la humedad, al calor y a la flama	XHHW	75	Polietileno vulcanizado resistente al calor, a la humedad y a la propagación de la flama	Ninguna	Lugares mojados
		90			Lugares húmedos y secos
Polietileno vulcanizado resistente a la humedad, al calor y a la flama	XHHW-2	90	Polietileno vulcanizado resistente al calor, a la humedad y a la propagación de la flama	Ninguna	Lugares secos y mojados
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la flama	MTW	90	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama	Nylon o equivalente	Alambrado de máquinas herramientas en lugares secos
Polímero sintético resistente al calor	SIS	90	Hule sintético o polietileno vulcanizado resistente al calor	Ninguna	Alambrado de tableros de distribución
Aislamiento mineral	MI	85	Óxido de magnesio	Cobre	Locales húmedos, secos y mojados.
		250			En aplicaciones especiales
Cable para acometida subterránea	BTC	90	Polietileno vulcanizado resistente al calor, a la humedad y a la propagación de flama	Ninguna	Lugares secos y mojados
Cable monoconductor y multiconductor para acometida subterránea	DRS	90	Polietileno vulcanizado resistente al calor, a la humedad y a la propagación de la flama	Ninguna	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida subterránea
Cable silicón - FV	SF	150	Hule silicón	Malla de fibra de vidrio o material equivalente	Lugares secos o húmedos.
		200			Para alta temperatura
Etileno Propileno Fluorado	FEP	90	Etileno Propileno Fluorado	Ninguna	Lugares secos o húmedos
	FEPB	200	Etileno Propileno Fluorado	Malla de fibra de vidrio o material equivalente	Lugares secos y aplicaciones especiales
Cero halógenos	RHH	75	Termofijo del Etileno Propileno	Poliolefina	Lugares mojados. Lugares secos y húmedos
		90			

Basado en la Norma NOM-001-SEDE. Art. 310 y 330, tablas 310 -13

Cable para la construcción VIKON tipo THW-LS/THHW-LS, RoHS

Los cables con Recubrimiento Altamente Deslizables (RAD®) son el resultado de extensas investigaciones. Los cables con Recubrimiento Altamente Deslizables ofrecen entre otras, las siguientes ventajas:

- Los cables tipo RAD® requieren menor tensión mecánica de jalado y menor tiempo para su instalación gracias a su cubierta, la cual ofrece un bajo coeficiente de fricción contra los ductos de PVC o PEAD.

- Lo anterior repercute en una mayor productividad y menor probabilidad de dañar físicamente el aislamiento.

- La experiencia de los instaladores eléctricos y las ventajas que aportan los cables RAD® se combinan para lograr una mayor confiabilidad y vida para la instalación.

Adicionalmente, la Directiva RoHS que se aplica cada vez más ampliamente en el mundo, se refiere a eliminar la presencia de sustancias que se consideran indeseables en los componentes de los conductores eléctricos, entre las que se cuentan:

- Plomo
- Mercurio
- Cadmio
- Cromo VI (conocido como cromo hexavalente)
- PBB
- PBDE

PBB y PBDE son sustancias retardantes de las llamas usadas en muchos plásticos y aislamientos lo que hace relevante el hecho de que los cables marcados como Viakon RAD[®] RoHS cumplan con esta Directiva, adicionalmente a los requerimientos para los marcados LS.

Viakon RAD[®] RoHS con su marcado LS, es un producto innovador con varios atributos únicos en el mercado, cuyos enfoques de mejorar la satisfacción del cliente al hacerlo deslizable (RAD[®]), llevar la preocupación de nuestras empresas cuidando del medio ambiente (RoHS) y seguir cumpliendo con las características de alta calidad actuales (LS), lo hacen el producto eléctrico innovador por excelencia.

**CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE
CORRIENTE PERMISIBLE EN CONDUCTORES
DE COBRE AISLADOS**

No más de tres conductores activos en una canalización, cable, o directamente enterrados, (Basadas en una temperatura ambiente de 30°C)
y Cables de un conductor al aire (Basadas en una temperatura ambiente de 40°C)

VALORES EN AMPERES													
SECCIÓN NOMINAL EN mm ²	CALIBRE AWG o Kcmil	60°C TIPOS TW, TWD, CCE, TWD-UV		75°C TIPOS TT, THW, THW-LS, THHW, THWN, RHW, XHHW		85°C TIPO MI		90°C TIPOS THHN, THWN, THHW-LS, THW-2, THW-LS, THWN-2, RHH, RHW-2, XHHW, XHHW-2, SIS		150°C TIPOS FEP, FEPB, SF		200°C TIPOS FEP, FEPB, SF	
		EN CONDUIT, CABLE, O DI- RECTAMENTE ENTERRADOS	AL AIRE	EN CONDUIT, CABLE, O DI- RECTAMENTE ENTERRADOS	AL AIRE	EN CONDUIT, CABLE, O DI- RECTAMENTE ENTERRADOS	AL AIRE	EN CONDUIT, CABLE, O DI- RECTAMENTE ENTERRADOS	AL AIRE	EN CONDUIT, CABLE, O DI- RECTAMENTE ENTERRADOS	AL AIRE	EN CONDUIT, CABLE, O DI- RECTAMENTE ENTERRADOS	AL AIRE
2.082	14	20	25	20	30	25	30	25	35	34	46	36	54
3.307	12	25	30	25	35	30	40	30	40	43	60	45	68
5.260	10	30	40	35	50	40	55	40	55	55	80	60	90
8.367	8	40	60	50	70	50	70	55	80	76	106	83	124
13.30	6	55	80	65	95	70	100	75	105	96	155	110	165
21.15	4	70	105	85	125	90	135	95	140	120	190	125	220
26.67	3	85	120	100	145	105	155	110	165	143	214	152	252
33.62	2	95	140	115	170	120	180	130	190	160	255	171	293
42.41	1	110	165	130	195	140	210	150	220	186	293	197	344
53.48	1/0	125	195	150	230	155	245	170	260	215	339	229	399
67.43	2/0	145	225	175	265	185	285	195	300	251	390	260	467
85.01	3/0	165	260	200	310	210	330	225	350	288	451	297	546
107.20	4/0	195	300	230	360	235	385	260	405	332	529	346	629
126.7	250	215	340	255	405	270	425	290	455	-	-	-	-
152.0	300	240	375	285	445	300	480	320	505	-	-	-	-
177.3	350	260	420	310	505	325	530	350	570	-	-	-	-
202.7	400	280	455	335	545	360	575	380	615	-	-	-	-
253.4	500	320	515	380	620	405	660	430	700	-	-	-	-
304.0	600	355	575	420	690	455	740	475	780	-	-	-	-
354.7	700	385	630	460	755	490	815	520	855	-	-	-	-
380.0	750	400	655	475	785	500	845	535	865	-	-	-	-
405.4	800	410	680	490	815	515	880	555	920	-	-	-	-
456.0	900	435	730	520	870	555	940	585	985	-	-	-	-
506.7	1 000	455	780	545	935	585	1 000	615	1 055	-	-	-	-

Basado en la Norma NOM-001-SEDE, Art. 310 tablas 316, 317, 318 y 319.

NOTAS A CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE PERMISIBLE EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS

- En las columnas marcadas “al aire” se da la capacidad de conducción de corriente de los conductores aislados sobre aisladores, en charolas o en ductos abiertos.
- En las columnas “En conduit, cable o directamente enterrados” se incluyen los demás métodos de instalación autorizados.
- **Conductores con varias temperaturas de operación.-** Los conductores se agruparán en cada caso según la clase de circuito y método de instalación utilizado. Cuando en un grupo de conductores existan varias temperaturas de operación, la temperatura límite del grupo estará determinada por la menor de ellas.
- **Factores de Corrección por Temperatura.-** Si la temperatura ambiente es diferente a la considerada para el cálculo de la tabla, (30°C y/o 40°C), las capacidades de corriente deberán afectarse por los factores de corrección por temperatura indicados en la siguiente Tabla c.-
- **Factores de Corrección por Agrupamiento.-** Cuando el número de conductores en un cable o en una canalización excede de 3, la corriente de carga máxima permisible de cada conductor deberá reducirse, multiplicándola por el Factor de Corrección por Agrupamiento correspondiente, el cual se indica en la siguiente tabla.

NÚMERO DE CONDUCTORES	POR CIENTO DEL VALOR INDICADO EN LA TABLA b.-
4 a 6	80
7 a 9	70
10 a 20	50
21 a 30	45
31 a 40	40
41 y más	35

c) FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	PARA TEMPERATURAS AMBIENTE DISTINTAS DE 30°C (En cables con To hasta 90°C) Y DE 40°C (En cables con To de 150 y 200°C), MULTIPLICAR LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE DADA EN TABLA b.-, POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR DE CORRECCIÓN SIGUIENTE:					
	60°C	75°C	85°C	90°C	150°C	200°C
21 - 25	1.08	1.05	1.04	1.04	—	—
26 - 30	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
31 - 35	0.91	0.94	0.95	0.96	—	—
36 - 40	0.82	0.88	0.89	0.91	1.00	1.00
41 - 45	0.71	0.82	0.85	0.87	0.95	0.97
46 - 50	0.58	0.75	0.80	0.82	0.95	0.97
51 - 55	0.41	0.67	0.71	0.76	0.90	0.94
56 - 60	—	0.58	0.64	0.71	0.90	0.94
61 - 70	—	0.33	0.45	0.58	0.85	0.90
71 - 80	—	—	0.30	0.41	0.80	0.87
81 - 90	—	—	—	—	0.74	0.83
91 - 100	—	—	—	—	0.67	0.79
101 - 120	—	—	—	—	0.52	0.71
121 - 140	—	—	—	—	0.30	0.61
141 - 160	—	—	—	—	—	0.50
161 - 180	—	—	—	—	—	0.35
181 - 200	—	—	—	—	—	—

Basado en la Norma NOM-001-SEDE, Artículo 310, Tablas 310: 16, 17, 18 y 19.

**d) DIMENSIONES DE CONDUCTORES PARA
600 VOLTS, CON AISLAMIENTOS
TERMOPLÁSTICOS O TERMOFIJOS**

CALIBRE AWG o Kcmil	TIPOS ∫ RH, RHH, RHW, RFH-2		TIPOS AF, TF, TW, THW, THW-LS THHW, THHW-LS		TIPOS TFN, THHN, THWN		TIPOS ** FEP, FEPB, TFE, PF, PAF PFA, PFAH, PTF, ZF, ZFF				TIPOS ∫∫ XHH, XHHW XHHW-2, ZW	
	DIÁMETRO APROX. mm	ÁREA APROX. mm²	DIÁMETRO APROX. mm	ÁREA APROX. mm²	DIÁMETRO APROX. mm	ÁREA APROX. mm²	DIÁMETRO APROX. mm	ÁREA APROX. mm²		DIÁMETRO APROX. mm	ÁREA APROX. mm²	
18 16	3.45 3.76	9.44 11.1	2.69 3.00	5.16 7.03	2.13 2.44	3.55 4.68	2.18 2.49	3.74 4.84		— —	— —	
14 14	4.14* 4.90	13.5* 18.9	3.38 —	8.97 —	2.82 —	6.26 —	2.87 —	2.62 —	6.45 5.35	3.38 —	8.97 —	
12 12	4.62* 5.38	16.8* 22.8	3.86 —	11.7 —	3.30 —	8.58 —	3.35 —	3.10 —	8.84 7.55	3.86 —	11.68 —	
10 8	5.99 8.28	28.2 53.9	4.47 5.99	15.7 28.2	4.17 5.49	13.6 23.6	3.96 5.23	3.96 4.98	12.3 21.5	12.3 19.5	4.47 5.99	15.68 28.19
6 4 3 2 1	9.25 10.5 11.2 12.0 14.8	67.2 86.0 98.1 113 172	7.72 8.94 9.65 10.5 12.5	46.8 62.8 73.2 86.0 123	6.45 8.23 8.94 9.75 11.3	32.7 53.2 62.8 74.7 100	6.20 7.42 8.13 8.94 10.7	5.94 7.16 8.38 9.19 10.2	30.2 43.3 51.9 62.8 90.3	27.7 40.3 55.2 66.4 81.9	6.96 8.18 8.89 9.70 11.23	38.06 52.52 62.06 73.94 98.97
1/0 2/0 3/0 4/0	15.8 17.0 18.0 19.8	196 226 263 307	13.5 14.7 16.0 17.5	143 169 201 240	12.3 13.5 14.8 16.3	120 143 173 209	11.7 12.9 14.2 15.7	— — — —	108.1 131.3 159.0 193.8	— — — —	12.24 13.41 14.73 16.21	117.74 141.29 170.45 206.26
250 300 350 400 500	22.7 24.1 25.4 26.6 28.8	406 457 508 557 650	19.4 20.8 22.1 23.3 25.5	297 341 384 427 510	18.0 19.5 20.8 21.9 24.1	256 297 338 378 456	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	17.91 19.30 20.60 21.79 23.95	251.87 292.64 333.29 373.03 450.58
600 700 750 800 900	31.6 33.4 34.2 35.1 36.7	783 875 921 965 1 057	28.3 30.1 30.9 31.8 33.4	628 710 752 792 875	26.7 28.0 29.4 30.2 31.8	560 638 677 715 794	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	26.75 28.55 29.41 30.23 31.85	561.87 640.19 679.48 717.74 796.84
1 000 1 250 1 500 1 750 2 000	38.2 43.9 47.0 49.9 52.6	1 143 1 515 1 738 1 959 2 175	34.8 39.1 42.2 45.1 47.8	954 1 200 1 400 1 598 1 795	33.3 — — — —	870 — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	33.30 37.60 40.70 43.60 46.30	872.19 1 108 1 300 1 492 1 682

Basada en la Norma NOM-001-SEDE, Tabla 10-5

* Dimensiones para los tipos RH, solo en calibres 14 y 12 AWG.

∫ Dimensiones para los tipos RFH-2, solo en calibres 18 y 12 AWG.

** Los valores mostrados para calibres 1 al 4/0 AWG, son para tipos TFE y Z solamente.
Los valores al lado derecho de esta columna, son para los tipos FEPB, Z, ZF, y ZFF únicamente.

∫∫ Solo en calibres 14 al 2 AWG.

**e) NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES
EN TUBO (CONDUIT) METÁLICO, TIPO
SEMIPESADO, DE MEDIDAS
COMERCIALES**

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG - Kcmil	DIÁMETRO NOMINAL mm									
		16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
TW, THW, THHW	14	10	17	27	47	64	104	147	228	304	392
	12	7	13	21	36	49	80	113	175	234	301
	10	5	9	15	27	36	59	84	130	174	224
	8	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
RHW, RHH (sin cubierta exterior) TW, TW-2	14	6	11	18	31	42	69	98	151	202	261
	12	5	9	14	25	34	56	79	122	163	209
	10	4	7	11	19	26	43	61	95	127	163
	8	2	4	7	12	16	26	37	57	76	98
TW, THW, THW-2, THHW, THHW-LS, RHW, RHW-2, RHH, (sin cubierta exterior)	6	1	3	4	9	12	20	28	43	58	75
	4	1	2	4	6	9	15	21	32	43	56
	3	1	1	3	6	8	13	18	28	37	48
	2	1	1	3	5	6	11	15	23	31	41
	1	1	1	1	3	4	7	11	16	22	28
	1/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	24
	2/0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	20
	3/0	0	1	1	1	3	4	6	10	13	17
	4/0	0	1	1	1	2	4	5	8	11	14
	250	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	350	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	400	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8
	500	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	600	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	800	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	900	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
THWN, THHN, THHW, XHHW, XHHW-2 FEP (14 a 2) FEPB (14 a 3) PFA (14 a 4/0) PFAH (14 a 4/0)	14	14	24	39	68	91	149	211	326	436	562
	12	10	17	29	49	67	109	154	238	318	410
	10	6	11	18	31	42	68	97	150	200	258
	8	3	6	10	18	24	39	56	86	115	149
	6	2	4	7	13	17	28	40	62	83	107
	4	1	3	4	8	10	17	25	38	51	66
	3	1	2	4	6	9	15	21	32	43	56
	2	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
	1	1	1	2	4	5	9	13	20	27	35
	1/0	1	1	1	3	4	8	11	17	23	29
	2/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	24
	3/0	0	1	1	2	3	5	7	12	16	20
	4/0	0	1	1	1	2	4	6	9	13	17
	250	0	0	1	1	1	3	5	8	10	13
	300	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12
	350	0	0	1	1	1	2	4	6	8	10
	400	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9
	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	600	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	700	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	750	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
RHH, RHW (con cubierta exterior)	14	4	8	13	22	30	49	70	108	144	186
	12	4	6	11	18	25	41	58	89	120	154
RH, RHH, RHW, RHW-2 (con cubierta exterior)	10	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
	8	1	3	4	8	10	17	24	38	50	65
	6	1	1	3	6	8	14	19	30	40	52
	4	1	1	3	5	6	11	15	23	31	41
	3	1	1	2	4	6	9	13	21	28	36
	2	1	1	1	3	5	8	11	18	24	31
	1	0	1	1	2	3	5	7	12	16	20
	1/0	0	1	1	1	3	4	6	10	14	18
	2/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	3/0	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	4/0	0	0	1	1	1	3	4	6	9	11
	250	0	0	1	1	1	1	3	5	6	8
	300	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	350	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	400	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	500	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	600	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	700	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	750	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4
	800	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	900	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	1 000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3

Basado en la Norma NOM-001-SEDE, Tabla C4

**f) CARACTERÍSTICAS DE CORDONES Y
CABLES FLEXIBLES DE COBRE**

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	CALIBRE AWG/Kcmil	NÚMERO DE CONDUCTORES	AISLAMIENTO	CUBIERTA SOBRE CADA CONDUCTOR	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACIÓN			
							Colgante o portátil	Lugares húmedos	No para uso rudo	
Cordón paralelo de plástico	SPT-0	22	2	Termoplástico	Ninguna	Ninguna	Refrigeradores, aparatos de aire acondicionado	Lugares húmedos	No para uso rudo	
	SPT-1 SPT-2 SPT-3	20-18 18-16 18-10	2 ó 3							
Cordón uso rudo	SVT	18	2 ó 3	Termoplástico	Ninguna	Termoplástico resistente al aceite	Alimentador de aspiradoras	Lugares húmedos	Uso rudo	
	SJT	18-10	2, 3, ó 4							
	ST	18-2	2 ó más							
	SVO	18	2 ó 3	Termofijo						
	SJO	18-10	2, 3, ó 4		Ninguna	Termofijo resistente al aceite	Alimentador de aspiradoras	Lugares húmedos	Uso rudo	
	SO	18-2	2 ó más							
Cordón paralelo para resistencias	HPN	18-12	2 ó 3	Termofijo	Ninguna	Ninguna	Portátil, alimentador de planchas, calefactores	Lugares húmedos	No para uso rudo	
Cable de energía	G	8-500	2 a 6	Termofijo	Ninguna	Termofijo resistente al aceite	Portátil	Lugares húmedos	Uso extra rudo	
Cable de potencia	W	8-500	1 a 6	Termofijo	Ninguna	Termofijo resistente al aceite	Portátil	Lugares húmedos	Uso extra rudo	
Cable para estufa o secadora	SRD	10-4	3 ó 4	Termofijo	Ninguna	Termofijo	Portátil	Lugares húmedos	Estufas, secadoras	
	SRDE			Elastómero/plástico						
	SRDT			Termoplástico						
Cable flexible de energía para escenarios	SC	8-250	1 ó más	Termofijo	Ninguna	Termofijo	Suministro de energía para escenarios e iluminación	Lugares húmedos	Uso extra rudo	
	SCE			Elastómero/plástico						
	SCT			Termoplástico						
Cable para elevador	E	20-2	2 ó más	Termofijo (Elastómero)	Malla de algodón	Tres mallas de algodón, la exterior retardadora de la flama y resist. a la humedad	Alumbrado y control en elevadores	Lugares secos	Lugares no peligrosos	
	EO									
	ET			Termoplástico						
	ETLB									
	ETP									
	ETT				Ninguna	Una de algodón y otra de termoplástico			Lugares peligrosos	

**g) CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE
CORRIENTE PARA CORDONES Y CABLES
FLEXIBLES DE COBRE**

VALORES EN AMPERES				
SECCIÓN O CALIBRE		TIPOS		TIPOS
mm ²	AWG	Elastómeros: C, E, EO, PD, S, SJ, SJO, SJOO, SO, SOO, SP, SRD, SV, SVO Y SVOO		AFS, AFSJ, HPN, HS, HSJ, HSJO, HSJOO, HSO, Y HSSO.
		Termoplásticos: ET, ETLB, ETP, ETT, SE, SEO, SJE, SJEO, SJT, ST, SRDT, STO, SVT, SPT-1, SPT-2, SPT-3		
		A#	B#	
0.51	20	5**	***	—
0.82	18	7	10	10
—	17	—	12	—
1.30	16	10	13	15
—	15	—	—	17
2.08	14	15	18	20
3.30	12	20	25	30
5.26	10	25	30	35
8.36	8	35	40	—
13.30	6	45	55	—
21.15	4	60	70	—
33.62	2	80	95	—

Basadas en la Norma NOM-001-SEDE, para una temperatura ambiente de 30°C.

** Solo cable para elevadores

*** 7 A solo cable para elevadores, y 2 A para los demás

Los valores de la columna A son para cordones o cables de tres conductores y otros multiconductores conectados a equipos de utilización, de modo que solo tres conductores sean portadores de corriente eléctrica. Los de la columna B, son para cables de dos conductores y otros multiconductores conectados a equipo de utilización, de modo que solo dos conductores sean portadores de corriente eléctrica.

h) DISTANCIA * EN METROS, POR CAÍDA DE TENSIÓN, PARA CONDUCTORES AISLADOS. CALCULADA PARA UNA CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA DE 3 %. CIRCUITOS TRIFÁSICOS BALANCEADOS EN 220 VOLTS

CALIBRE AWG/Kcmil	3 A	6 A	15 A	20 A	25 A	35 A	50 A	70 A	80 A	90 A	100 A	125 A
14	132	66	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	210	105	42	31	—	—	—	—	—	—	—	—
10	334	167	66	50	40	—	—	—	—	—	—	—
8	531	265	106	79	63	45	—	—	—	—	—	—
6	844	422	168	126	101	72	50	—	—	—	—	—
4	1 343	671	268	201	161	115	80	57	—	—	—	—
2	2 135	1 067	427	320	256	183	128	91	80	—	—	—
1/0	3 396	1 698	679	509	407	291	203	145	127	113	101	81
2/0	4 282	2 141	856	642	513	367	256	183	160	142	128	102
3/0	—	2 699	1 079	809	647	462	323	231	202	179	161	129
4/0	—	3 404	1 361	1 021	816	583	408	291	255	226	204	163
250	—	—	1 609	1 207	965	689	482	344	301	268	241	193
300	—	—	1 930	1 448	1 158	827	579	413	362	321	289	231
350	—	—	—	1 689	1 351	965	675	482	422	375	337	270
400	—	—	—	1 931	1 544	1 103	722	551	482	429	386	308
500	—	—	—	—	1 931	1 379	965	689	603	536	482	386
600	—	—	—	—	—	1 654	1 158	827	724	643	579	463
700	—	—	—	—	—	1 930	1 351	965	844	750	675	540
CALIBRE AWG/Kcmil	150 A	175 A	225 A	250 A	275 A	300 A	325 A	400 A	450 A	475 A	500 A	525 A
2/0	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3/0	107	92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4/0	136	116	86	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	160	137	107	96	—	—	—	—	—	—	—	—
300	193	165	128	115	105	—	—	—	—	—	—	—
350	225	193	150	135	122	112	—	—	—	—	—	—
400	257	220	171	154	140	128	118	—	—	—	—	—
500	321	275	214	193	175	160	148	120	—	—	—	—
600	386	330	257	231	210	193	178	144	128	121	—	—
700	450	386	300	270	245	225	207	168	150	142	135	—
800	514	441	343	308	280	257	237	193	171	162	154	147
1 000	643	551	429	386	351	321	297	241	214	203	193	183

*Distancia medida desde el punto de conexión del alimentador hasta el punto de conexión de la carga.

La tabla se calculó considerando la fórmula para determinar la sección transversal de un conductor, tomando el sistema de Dos fases (tres hilos), que aparece en la página 206.

Para otras condiciones aplicar los factores de la siguiente tabla:

EN CIRCUITOS TRIFÁSICOS BALANCEADOS		PARA OTRAS CAÍDAS DE TENSIÓN	
TENSIÓN, VOLTS	MULTIPLIQUE POR:	CAÍDA DE TENSIÓN	MULTIPLIQUE POR:
440	2.000	1%	0.33
480	2.182	2%	0.66
4 160	18.909	3%	1.00
120, circuitos monofásicos	0.545	4%	1.33
	—	5%	1.66

i) CÁLCULO DE RESISTENCIA Y CAÍDA DE TENSIÓN EN UN CONDUCTOR

La resistencia de un conductor comercial de cobre (un alambre de 1m de longitud y una sección transversal de 1mm²), es usualmente de 0.017 a 0.018 ohms a una temperatura de 24°C.

Para estos cálculos se tomará un valor promedio de 0.017 5 ohms por mm²/m.

La resistencia eléctrica de cualquier conductor es:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

$$R = 0.0175 \frac{L}{S}$$

donde:

R= resistencia eléctrica en ohms

ρ = resistividad del cobre: 0.017 5 ohms mm²/m a 24°C
y 0.017 241 ohms mm²/m a 20°C.

S= sección del conductor en mm²

De la Ley de ohm:

$$I = \frac{E}{R}$$

y la caída de tensión (e) en un conductor es:

$$e = RI$$

Substituyendo R en la ecuación anterior es:

$$(e) = \frac{0.0175 L \times I \times 2}{S} \dots (A)$$

también:

$$I = \frac{eS}{0.0175 L \times 2} \dots (B)$$

y:

$$S = \frac{0.0175 L \times 2I}{e} \dots (C)$$

donde:

L = longitud del circuito en metros

(se multiplica por dos para incluir la longitud total del conductor).

La fórmula (A) da la caída de tensión para un calibre determinado y circulando una corriente específica.

La fórmula (B) indica la corriente que produce una caída de tensión en un conductor de calibre dado.

La fórmula (C) indica la sección transversal o calibre exacto para una cierta caída de tensión y una corriente específica.

CÁLCULO DE CONDUCTORES

La corriente alterna de línea en un conductor para los diferentes sistemas de distribución, se puede determinar partiendo de las siguientes fórmulas.

Una fase (2 hilos) $I = \frac{W}{2 E_n \cos \phi}$

Dos fases (3 hilos) $I = \frac{W}{2 E_n \cos \phi}$ (hilo exterior)

Dos fases (3 hilos) $I = \frac{W}{\sqrt{2} E_f \cos \phi}$ (hilo común)

Tres fases (3 hilos) $I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \phi}$

Tres fases (4 hilos) $I = \frac{W}{3 E_n \cos \phi} = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \phi}$

PARA CORRIENTE DIRECTA

Dos Hilos $I = \frac{W}{E_f}$

Tres Hilos $I = \frac{W}{2 E_n}$

donde:

I = corriente en el conductor

W = potencia en watts

$\cos \phi$ = factor de potencia

E_f = tensión entre fases

E_n = tensión entre fase y neutro

PARA CORRIENTE ALTERNA

El cálculo de la sección transversal o calibre de un conductor para los diferentes sistemas de distribución en corriente alterna, se hace partiendo de las siguientes fórmulas:

Una fase (dos hilos) $S = \frac{4 L I}{E_n e \%}$

Dos fases (tres hilos) $S = \frac{2 L I}{E_n e \%}$

Tres fases (cuatro hilos) $S = \frac{2 \sqrt{3} L I}{E_f e \%} = \frac{2 L I}{E_n e \%}$

donde:

I = corriente en el conductor

E_f = tensión entre fases

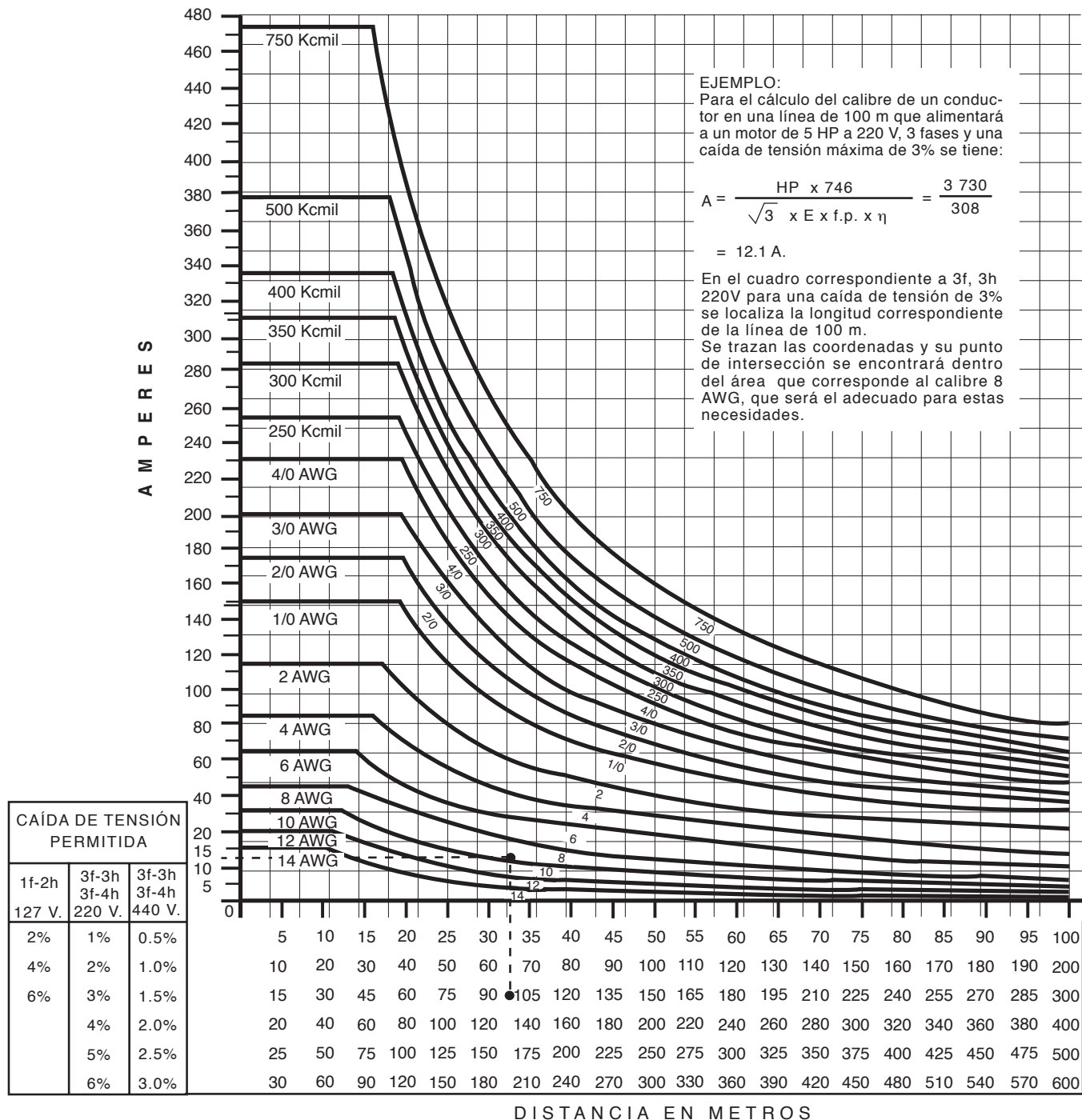
E_n = tensión entre fase y neutro

e% = caída de tensión expresada en por ciento

S = sección del conductor en (mm²)

L = longitud del circuito en metros

j) GRÁFICAS DE CAÍDA DE TENSIÓN EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS, TIPO: THW, THHW, THWN Y RHW



NOTAS:

- 1.- El factor de potencia considerado en el cálculo de la gráfica es de 0.8
- 2.- Los valores de capacidad de conducción de corriente están tomados de la tabla 310-16 de la Norma NOM-001-SEDE, para cables de tres conductores o tres conductores activos en una canalización, tipos THW, THHW, THWN y RHW a una temperatura ambiente de 30°C.
- 3.- Los valores de resistencia se tomaron a 75°C y los de la reactancia, se determinaron de la tabla 1.2, página 98 del Industrial Power Handbook de Donald Beeman, para tres cables de 600 volts en tubo (conduit) metálico.

2.5.2 CABLES MULTICONDUCTORES

a) DEFINICIÓN

Los cables multiconductores, son los formados por dos o más conductores aislados individualmente, reunidos bajo una cubierta común o exterior, la cual generalmente es resistente a la humedad, al aceite, a intemperismos y a la propagación de la flama.

CLASIFICACIÓN

Estos cables multiconductores pueden clasificarse como: Cables Control y Cables de Energía. Se utilizan en instalaciones aéreas, charolas, tubo (conduit) metálico o en ductos subterráneos, para el control remoto y alimentación de equipos industriales.

Los conductores aislados se identifican individualmente por medio de un código de colores, o bien, por medio de números secuenciales marcados en su superficie.

CÓDIGO DE COLORES:

Número de conductores	Color base - Color traza
1	Negro
2	Blanco
3	Rojo
4	Verde
5	Naranja
6	Azul
7	Blanco - Negro
8	Rojo - Negro
9	Verde - Negro
10	Naranja - Negro
11	Azul - Negro
12	Negro - Blanco
13	Rojo - Blanco
14	Verde - Blanco
15	Azul - Blanco
16	Negro - Rojo
17	Blanco - Rojo
18	Naranja - Rojo
19	Azul - Rojo
20	Rojo - Verde
21	Naranja - Verde

Este código se repite a partir de 22 conductores.

**b) CABLE CONTROL-LS PARA 600 VOLTS
AISLAMIENTO Y CUBIERTA EXTERIOR
DE PVC, NO PROPAGADOR DE INCENDIO**

NÚMERO DE CONDUCTORES	CAL. 10 AWG (5.260 mm ²)			CAL. 12 AWG (3.307 mm ²)			CAL. 14 AWG (2.082 mm ²)		
	DÍAMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL	DÍAMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL	DÍAMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL
	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²
2	13.4	24	1.41	12.1	17	1.15	11.1	14	0.97
3	15.0	33	1.77	12.8	21	1.29	11.8	18	1.09
4	16.4	42	2.11	14.9	29	1.74	12.9	22	1.31
5	18.0	49	2.54	16.2	33	2.06	14.9	28	1.74
6	19.6	58	3.02	17.7	39	2.46	16.2	33	2.06
7	19.6	62	3.02	17.7	41	2.46	16.2	35	2.06
8	21.2	72	3.53	19.1	47	2.87	17.5	40	2.41
9	24.0	88	4.52	20.6	54	3.33	18.9	46	2.81
10	25.7	100	5.19	23.2	66	4.23	20.3	53	3.24
12	26.9	108	5.68	24.2	71	4.60	21.2	56	3.53
14	28.3	123	6.29	25.5	81	5.11	23.4	68	4.30
15	29.9	136	7.02	26.8	90	5.64	24.6	76	4.75
16	29.9	140	7.02	26.8	92	5.64	24.6	77	4.75
19	31.5	161	7.79	28.3	104	6.29	25.9	88	5.27
21	33.1	179	8.60	29.7	115	6.93	27.2	97	5.81
23	34.8	197	9.51	31.2	127	7.65	28.5	107	6.38
24	36.6	213	10.52	32.8	139	8.45	29.9	117	7.02
27	37.7	224	11.16	33.8	144	8.97	30.8	121	7.45
30	39.1	246	12.00	35.0	158	9.62	31.9	132	7.99
33	40.7	271	13.01	36.4	173	10.41	33.2	143	8.66
37	42.3	299	14.05	37.8	190	11.22	34.5	159	9.35

Basados en las Normas NOM-063-SCFI, NMX-J-300, CFE E0000-20. Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

* Área de la sección transversal total del cable.

**c) CABLE CONTROL PARA 1 000 VOLTS
AISLAMIENTO DE POLIETILENO NATURAL
Y CUBIERTA EXTERIOR DE PVC**

NÚMERO DE CONDUCTORES	CAL. 10 AWG (5.260 mm ²)			CAL. 12 AWG (3.307 mm ²)			CAL. 14 AWG (2.082 mm ²)		
	DÍAMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL	DÍAMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL	DÍAMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL
	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²
2	13.4	22	1.41	12.1	17	1.15	11.1	13	0.97
3	15.0	31	1.77	12.8	21	1.29	11.8	16	1.09
4	16.4	38	2.11	14.9	29	1.74	12.9	20	1.31
5	18.0	44	2.54	16.2	33	2.06	14.9	25	1.74
6	19.6	53	3.02	17.7	39	2.46	16.2	30	2.06
7	19.6	57	3.02	17.7	41	2.46	16.2	31	2.06
8	21.2	65	3.53	19.1	47	2.87	17.5	35	2.41
9	24.0	79	4.52	20.6	54	3.33	18.9	40	2.81
10	25.7	89	5.19	23.2	66	4.23	20.3	46	3.24
12	26.9	98	5.68	24.2	71	4.60	21.2	49	3.53
14	28.3	112	6.29	25.5	81	5.11	23.4	60	4.30
15	29.9	124	7.02	26.8	90	5.64	24.6	67	4.75
16	29.9	128	7.02	26.8	92	5.64	24.6	68	4.75
19	31.5	146	7.79	28.3	104	6.29	25.9	77	5.27
21	33.1	162	8.60	29.7	115	6.93	27.2	85	5.81
23	34.8	178	9.51	31.2	127	7.65	28.5	94	6.38
24	36.6	194	10.52	32.8	139	8.45	29.9	103	7.02
27	37.7	203	11.16	33.8	144	8.97	30.8	107	7.45
30	39.1	223	12.00	35.0	158	9.62	31.9	115	7.99
33	40.7	245	13.01	36.4	173	10.41	33.2	126	8.66
37	42.3	270	14.05	37.8	190	11.22	34.5	138	9.35

Basados en las Normas NOM-063-SCFI, NMX-J-300. Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.
* Área de la sección transversal total del cable.

**d) CABLE CONTROL /MULTICONDUCTOR
 AISLAMIENTO INDIVIDUAL DE PVC Y SOBRE
 CAPA DE NYLON. CUBIERTA EXTERIOR DE
 PVC, TIPO THWN/THHN 600 V, 75/90°C**

NÚMERO DE CONDUCTORES	CAL. 10 AWG (5.260 mm ²)			CAL. 12 AWG (3.307 mm ²)			CAL. 14 AWG (2.082 mm ²)		
	DÍAMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL	DÍAMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL	DÍAMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL
	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²
2	11.4	19	1.02	9.6	13	0.72	8.6	10	0.58
3	12.1	25	1.15	10.1	16	0.80	9.1	12	0.65
4	13.2	32	1.37	11.0	21	0.95	9.9	15	0.77
5	15.3	40	1.84	12.0	25	1.13	10.7	18	0.90
6	16.6	48	2.16	13.1	30	1.35	11.7	22	1.08
7	16.6	52	2.16	13.1	33	1.35	11.7	23	1.08
8	17.9	60	2.52	15.0	40	1.77	12.6	27	1.28
9	19.4	69	2.96	16.1	46	2.04	13.5	31	1.43
10	20.8	78	3.40	17.2	52	2.32	15.3	37	1.84
12	21.7	86	3.70	18.0	57	2.54	16.0	40	2.01
14	23.9	104	4.49	18.9	65	2.81	16.8	46	2.22
15	25.2	114	4.99	19.9	71	3.11	17.6	50	2.43
16	25.2	118	4.99	19.9	74	3.11	17.6	52	2.43
19	26.5	136	5.52	20.9	85	3.43	18.5	59	2.69
21	27.9	150	6.11	23.1	99	4.19	19.5	66	2.99
23	29.3	165	6.74	24.2	108	4.60	20.4	72	3.27
24	30.7	177	7.40	25.3	116	5.03	21.4	78	3.60
27	31.7	188	7.89	26.1	123	5.35	23.1	87	4.19
30	32.8	207	8.45	27.0	136	5.73	23.9	95	4.49
33	34.1	228	9.13	28.0	148	6.16	24.8	104	4.83
37	35.4	252	9.84	29.0	164	6.61	25.7	114	5.19

Basados en las Normas NOM-063-SCFI, NMX-J-010. Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

* Área de la sección transversal total del cable.

**e) CABLE CONTROL AISLAMIENTO INDIVIDUAL
DE XLPE Y CUBIERTA EXTERIOR DE PVC.
600V, 90°C**

NÚMERO DE CONDUCTORES	CAL. 10 AWG (5.260 mm ²)			CAL. 12 AWG (3.307 mm ²)			CAL. 14 AWG (2.082 mm ²)		
	DIÁMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA*	DIÁMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA*	DIÁMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA*
	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²
2	11.8	20	1.09	10.5	15	0.87	9.5	11	0.71
3	12.5	26	1.23	11.1	19	0.97	10.1	14	0.80
4	13.7	33	1.47	12.1	23	1.15	11.0	16	0.95
5	15.8	41	1.96	13.3	27	1.39	12.0	20	1.13
6	17.2	49	2.32	15.3	35	1.84	13.0	24	1.33
7	17.2	52	2.32	15.3	37	1.84	13.0	25	1.33
8	18.6	60	2.72	16.4	42	2.11	14.9	31	1.74
9	20.0	69	3.14	17.7	48	2.46	16.0	35	2.01
10	21.5	77	3.63	19.0	54	2.84	17.1	40	2.30
12	23.6	91	4.37	19.8	60	3.08	17.8	43	2.49
14	24.8	104	4.83	20.9	68	3.43	18.8	49	2.78
15	26.1	114	5.35	23.1	80	4.19	19.8	54	3.08
16	26.1	118	5.35	23.1	83	4.19	19.8	56	3.08
19	27.5	136	5.94	24.3	94	4.64	20.8	63	3.27
21	28.9	150	6.56	25.5	104	5.11	21.9	70	3.77
23	30.3	165	7.21	26.7	114	5.60	24.0	82	4.52
24	31.8	178	7.94	28.0	124	6.15	25.2	89	4.99
27	32.8	188	8.45	28.9	130	6.56	25.9	93	5.27
30	34.0	207	9.08	29.9	143	7.02	26.8	101	5.64
33	35.3	227	9.79	31.0	157	7.55	27.8	111	6.07
37	36.7	251	10.58	32.2	172	8.14	28.9	122	6.56

Basados en las Normas NOM-063-SCFI, NMX-J-300. Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

Estos cables tienen: identificación por medio de números secuenciales y características de no propagación de la flama.

*Área de la sección transversal total del cable.

**f) CABLE CONTROL CERO HALÓGENOS,
AISLAMIENTOS TERMIFIJO DE ETILENO
PROPILENO Y CUBIERTA EXTERIOR
TERMOFIJA (POLIOLEFINA). 600 V, 90°C**

NÚMERO DE CONDUCTORES	CAL. 10 AWG (5.260 mm ²)			CAL. 12 AWG (3.307 mm ²)			CAL. 14 AWG (2.082 mm ²)		
	DIÁMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL	DIÁMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL	DIÁMETRO TOTAL	PESO APROX.	ÁREA* TOTAL
	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²	mm	kg/100 m	cm ²
2	11.8	21	1.09	10.5	15	0.87	9.5	12	0.71
3	12.5	27	1.23	11.1	19	0.97	10.1	14	0.80
4	13.7	34	1.47	12.1	23	1.15	11.0	17	0.95
5	15.8	43	1.96	13.3	28	1.39	12.0	21	1.13
6	17.2	51	2.32	15.3	37	1.84	13.0	25	1.33
7	17.2	55	2.32	15.3	39	1.84	13.0	26	1.33
8	18.6	63	2.72	16.4	45	2.11	14.9	33	1.74
9	20.0	72	3.14	17.7	51	2.46	16.0	38	2.01
10	21.5	81	3.63	19.0	58	2.84	17.1	42	2.30
12	23.6	95	4.37	19.8	63	3.08	17.8	46	2.49
14	24.8	108	4.83	20.9	72	3.43	18.8	52	2.78
15	26.1	119	5.35	23.1	84	4.19	19.8	57	3.08
16	26.1	123	5.35	23.1	87	4.19	19.8	59	3.08
19	27.5	141	5.94	24.3	99	4.64	20.8	67	3.27
21	28.9	156	6.56	25.5	110	5.11	21.9	74	3.77
23	30.3	172	7.21	26.7	120	5.60	24.0	87	4.52
24	31.8	185	7.94	28.0	130	6.15	25.2	94	4.99
27	32.8	196	8.45	28.9	137	6.56	25.9	98	5.27
30	34.0	216	9.08	29.9	150	7.02	26.8	107	5.64
33	35.3	236	9.79	31.0	164	7.55	27.8	117	6.07
37	36.7	261	10.58	32.2	181	8.14	28.9	129	6.56

Basados en las Normas NOM-063-SCFI, NMX-J-486. Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

Estos cables tienen: identificación por medio de números secuenciales y características de no propagación de incendio, baja emisión de humos y sin contenido de halógenos.

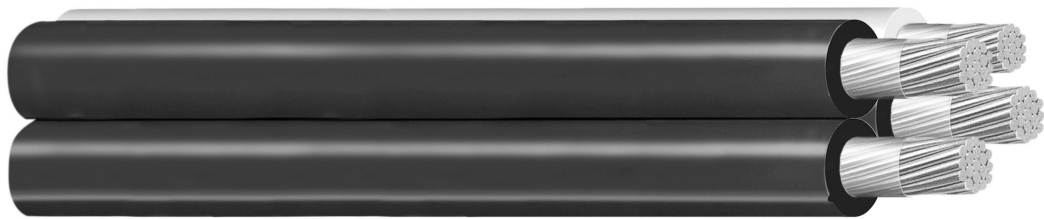
*Área de la sección transversal total del cable.

**2.5.3 CABLE PARA DISTRIBUCIÓN
SECUNDARIA TIPO DRS
(URD), 600 VOLTS 90°C**

Son cables de energía de un conductor, o pueden ser tríplex, o cuádruplex, es decir, formados por dos o tres conductores de cobre o de aluminio 1 350, con aislamiento individual de polietileno de cadena cruzada (XLPE) en color negro, reunidos entre sí con un conductor neutro aislado con polietileno de cadena cruzada (XLPE) en color blanco.

Estos cables de energía son para una tensión máxima de operación de 600 V y una temperatura máxima de operación en el conductor de 90°C.

Son para instalación aérea, en ducto, o directamente enterrados. Pueden operar en lugares húmedos, mojados o secos. Satisfacen las Especificaciones: NOM-063-SCFI; NMX-J-451 Y NRF-052-CFE.



a) DIMENSIONES CABLES TRÍPLEX Y CUÁDRUPLEX

CONSTRUCCIÓN	CONDUCTOR DE FASE (COBRE)				CONDUCTOR NEUTRO (COBRE)				PESO TOTAL APROX. kg/100 m
	CALIBRE AWG/Kcmil	SECCIÓN NOMINAL mm²	NÚMERO DE HILOS	ESPESOR NOMINAL AISLAMIENTO mm	CALIBRE AWG/Kcmil	SECCIÓN NOMINAL mm²	NÚMERO DE HILOS	ESPESOR NOMINAL AISLAMIENTO mm	
2 x 4 + 1 x 4	4	21.15	7	1.58	4	21.15	7	1.58	72
2 x 2 + 1 x 4	2	33.62	7	1.58	4	21.15	7	1.58	97
2 x 1/0 + 1 x 2	1/0	53.48	19	1.98	2	33.62	7	1.58	151
2 x 3/0 + 1 x 1/0	3/0	85.01	19	1.98	1/0	53.48	19	1.98	233
3 x 4 + 1 x 4	4	21.15	7	1.58	4	21.15	7	1.58	96
3 x 2 + 1 x 4	2	33.62	7	1.58	4	21.15	7	1.58	133
3 x 1/0 + 1 x 2	1/0	53.48	19	1.98	2	33.62	7	1.58	209
3 x 3/0 + 1 x 1/0	3/0	85.01	19	1.98	1/0	53.48	19	1.98	322
3 x 350 + 1 x 4/0	350	177.3	37	2.39	4/0	107.2	19	1.98	650

CONSTRUCCIÓN	CONDUCTOR DE FASE (ALUMINIO)				CONDUCTOR NEUTRO (ALUMINIO)				PESO TOTAL APROX. kg/100 m
	CALIBRE AWG/Kcmil	SECCIÓN NOMINAL mm²	NÚMERO DE HILOS	ESPESOR NOMINAL AISLAMIENTO mm	CALIBRE AWG/Kcmil	SECCIÓN NOMINAL mm²	NÚMERO DE HILOS	ESPESOR NOMINAL AISLAMIENTO mm	
2 x 4 + 1 x 4	4	21.15	7	1.58	4	21.15	7	1.58	31
2 x 2 + 1 x 4	2	33.62	7	1.58	4	21.15	7	1.58	40
2 x 1/0 + 1 x 2	1/0	53.48	19	1.98	2	33.62	7	1.58	61
2 x 3/0 + 1 x 1/0	3/0	85.01	19	1.98	1/0	53.48	19	1.98	89
3 x 4 + 1 x 4	4	21.15	7	1.58	4	21.15	7	1.58	41
3 x 2 + 1 x 4	2	33.62	7	1.58	4	21.15	7	1.58	55
3 x 1/0 + 1 x 2	1/0	53.48	19	1.98	2	33.62	7	1.58	84
3 x 3/0 + 1 x 1/0	3/0	85.01	19	1.98	1/0	53.48	19	1.98	123
3 x 350 + 1 x 4/0	350	177.3	37	2.39	4/0	107.2	19	1.98	238

**b) PROPIEDADES ELÉCTRICAS
(COND. ALUMINIO)**

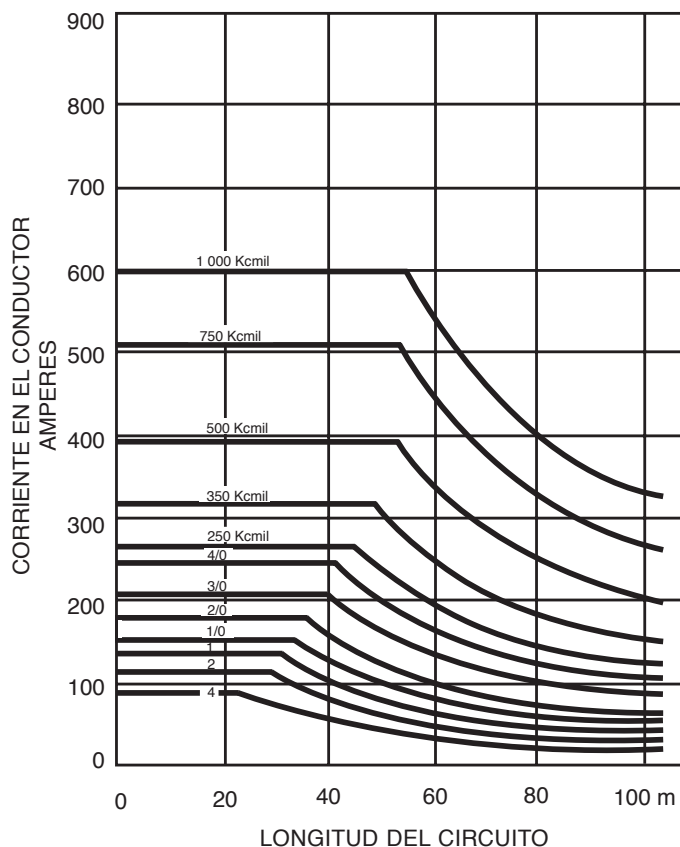
CALIBRE/SECCIÓN			RESISTENCIA A 90°C, C.A. Ohm/km	REACTANCIA INDUCTIVA (TRÍPLEX O CUÁDRUPLEX) Ohm/km	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE* (A)
AWG	Kcmil	mm ²			
4	41.74	21.15	1.744	0.108 7	75
2	66.36	33.62	1.096	0.102 9	100
1/0	105.6	53.48	0.688	0.099 5	135
2/0	133.1	67.43	0.546	0.097 0	150
3/0	167.8	85.01	0.433	0.094 9	175
4/0	211.6	107.2	0.344	0.092 6	205
-	250.0	126.7	0.291	0.093 4	230
-	300.0	152.0	0.242	0.091 7	255
-	350.0	177.3	0.208	0.090 4	280
-	400.0	202.7	0.182	0.089 3	305
-	450.0	228.0	0.162	0.088 5	325
-	500.0	253.4	0.145	0.088 0	350

* Las capacidades de conducción de corriente son para cables a una temperatura del conductor de 90°C, directamente enterrados y una temperatura ambiente de 30°C.

**c) CURVAS DE CAÍDA DE TENSIÓN PARA
CABLES TRÍPLEX TIPO URD, 600 V
90°C, ALUMINIO**

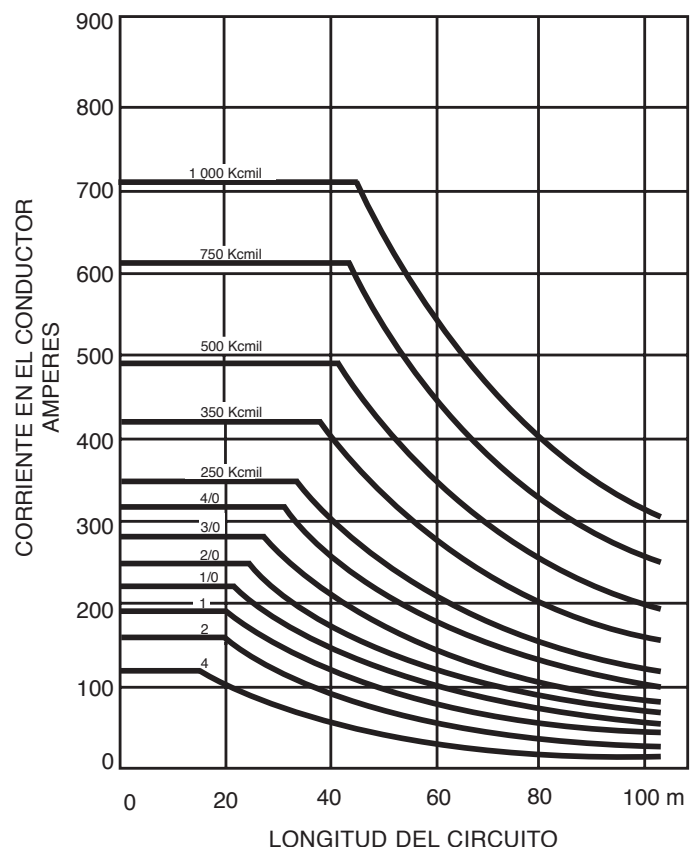
1 FASE, 3 HILOS, 120/240 VOLTS, 3% CAÍDA MÁX. DE
TENSIÓN

CONDUCTOR DE ALUMINIO, 90°C EN DUCTO
FACTOR DE POTENCIA 1.0



1 FASE, 3 HILOS, 120/240 VOLTS, 3% CAÍDA MÁX. DE
TENSIÓN

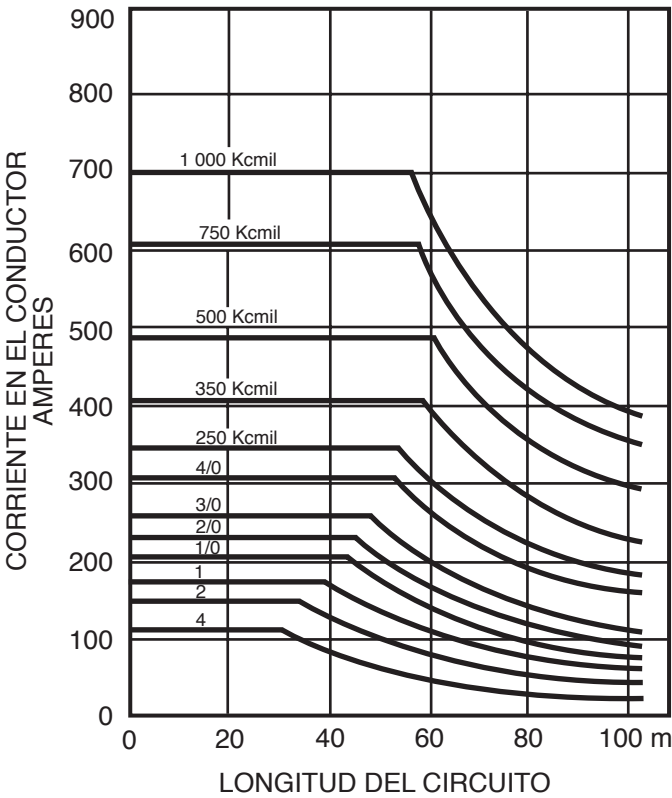
CONDUCTOR DE ALUMINIO, 90°C DIRECTAMENTE
ENTERRADOS FACTOR DE POTENCIA 1.0



**d) CURVAS DE CAÍDA DE TENSIÓN
PARA CABLES TRÍPLEX TIPO
DRS, 600 V 90°C, COBRE**

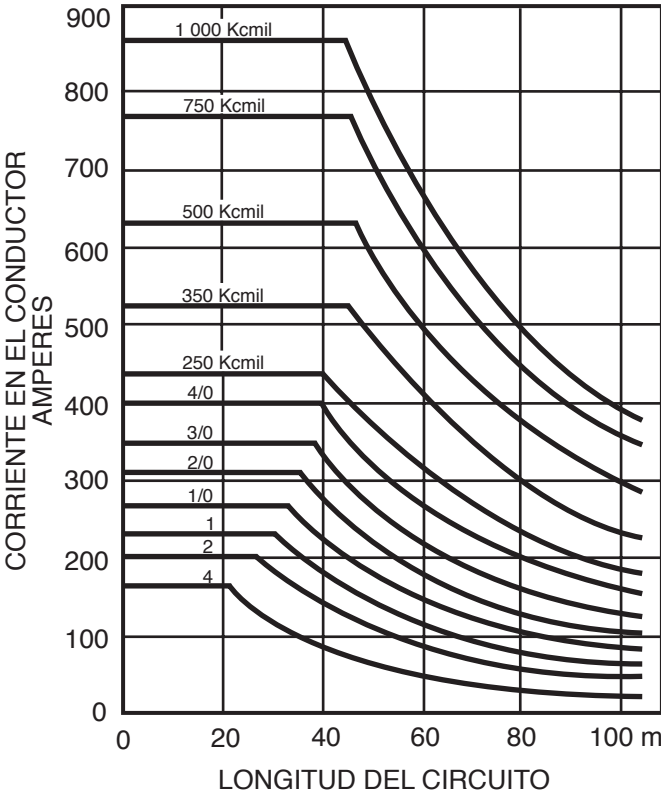
1 FASE, 3 HILOS, 120/240 VOLTS, 3% CAÍDA MÁX. DE
TENSIÓN

CONDUCTOR DE COBRE, 90°C EN DUCTO
FACTOR DE POTENCIA 1.0



1 FASE, 3 HILOS, 120/240 VOLTS, 3% CAÍDA MÁX. DE
TENSIÓN

CONDUCTOR DE COBRE, 90°C DIRECTAMENTE
ENTERRADOS FACTOR DE POTENCIA 1.0



2.6 Conductores aislados para media y alta tensión

2.6.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

a) DEFINICIÓN

Se considera como conductor para media y alta tensión, a todo aquél que tenga un aislamiento tal que le permita operar satisfactoriamente en condiciones de seguridad en tensiones superiores de 1 000 volts.

b) CLASIFICACIÓN

Los conductores para instalaciones en alta tensión se clasifican según su aplicación en:

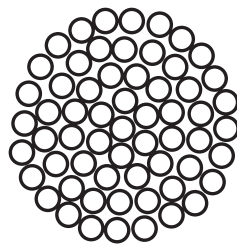
- Conductores para Distribución Comercial e Industrial
- Conductores para Distribución Residencial
- Conductores para Subtransmisión
- Conductores para Transmisión

2.6.2 CONSTRUCCIÓN DE CONDUCTORES PARA MEDIA Y ALTA TENSIÓN

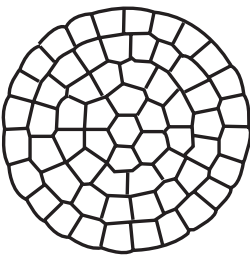
a) CONDUCTOR

Estos pueden ser de cobre suave o de aluminio 1 350 duro, sólidos o cableados en las siguientes construcciones:

CONCÉNTRICOS



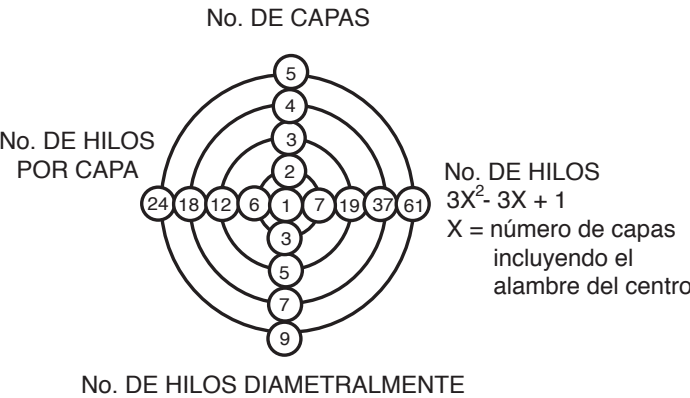
NORMAL



COMPACTADO

Concéntrico Normal.- Cable compuesto por alambres de un mismo diámetro, colocados helicoidalmente en capas concéntricas sobre un alambre central.

Concéntrico Compactado.- Su construcción y número de alambres por capa es igual al cable concéntrico normal. Sin embargo, con el fin de reducir los diámetros y los intersticios entre los alambres, al formar el cable, éste se compacta haciéndolo pasar por una serie de dados y roles donde se reduce el diámetro exterior, sin afectar el área de la sección transversal del material conductor.



b) PANTALLA DE CONDUCTOR

Por especificación, estos cables deben llevar pantalla sobre el conductor a partir de 2 000 V en adelante. Ésta puede darse a base de cinta semiconductora, material semiconductor extruído, o por una combinación de ambos. Su función es la de uniformizar el campo eléctrico.

c) AISLAMIENTO

Los materiales más comunes para el aislamiento de los cables de alta tensión son los termofijos, principalmente el Polietileno de Cadena Cruzada (XLPE) y el terpolímero del Etileno Propileno (EPR). Ambos son para operar en lugares secos, húmedos, o mojados, a una temperatura máxima del conductor de 90°C, 130°C en condiciones de sobrecarga y 250°C en condiciones de cortocircuito.

El espesor del aislamiento está en función de la tensión de instalación y de la categoría del sistema eléctrico en que vaya a operar. Existen tres categorías de sistemas: 100%, 130% y 173% nivel aislamiento. La función del aislamiento es, la de obligar a que la corriente fluya exclusivamente por el conductor y a contener la tensión (volts) dentro de su pared.

d) PANTALLA DE AISLAMIENTO

Esta pantalla está constituida realmente por dos elementos: la semiconductora y la electrostática. La primera, puede darse por medio de cintas semiconductoras o por material semiconductor extruído aplicado directamente sobre el aislamiento. La segunda, electrostática o metálica, normalmente es a base de cintas o alambres de cobre y en ocasiones es una combinación de ambos. La función de la pantalla de aislamiento es la uniformizar el campo eléctrico y la de dar protección al personal que labore en las vecindades del cable.

e) CUBIERTAS EXTERIORES (PROTECTORAS)

Éstas pueden ser de material termoplástico o termofijo, en función del aislamiento de los cables. Las hay de PVC, Polietileno de alta densidad, Neopropeno, o de Hypalon. Su función es la de dar protección a los cables contra ligeros golpes, de la abrasión y del medio ambiente, grasas, aceites, gasolinas. La mayoría de estos materiales para cubierta, pueden tener propiedades de no propagación de la flama o del incendio.

f) ARMADURAS

Para los cables trifásicos o multiconductores, existen varios tipos de armadura para protegerlos de daños mecánicos:

- 1.- Con flejes de acero galvanizado, a base de dos flejes aplicados en hélice abierta, uno cubriendo los espacios libres dejados por el otro y se emplea principalmente en cables para enterrarse directamente.
- 2.- Con armadura engargolada, para cables instalados en charola.
- 3.- Armadura con alambres de acero galvanizado aplicados en hélice a paso muy largo sobre la cubierta del cable, con 100% de cubrimiento. Éstos últimos, generalmente son para instalación vertical.

2.6.3 PRUEBAS EN CABLE TERMINADO

Se efectúan dos tipos de prueba en cables terminados:
Pruebas de Rutina y Pruebas de Aceptación

a) PRUEBAS DE RUTINA

Características Físicas.- Sobre una placa moldeada de material semiconductor, antes de extruirse, la prueba de Alargamiento por tensión a la ruptura, después de envejecimiento a 121°C durante 168 h, debe ser como mínimo 100% y la temperatura de Fragilidad en Frío, debe ocurrir a no más de -10°C.

Continuidad de las capas semiconductoras.- Las capas semiconductoras extruidas sobre el conductor y sobre el aislamiento deben mostrar continuidad en todo el perímetro de cobertura, cuando se sometan a la prueba de extracción por solventes durante 20 h.

Propiedades Físicas del Aislamiento.- El aislamiento en su estado natural y después de envejecido, debe satisfacer un valor mínimo en MPa y en %, cuando se le someta a las pruebas de Esfuerzo y de Alargamiento por tensión a la ruptura, respectivamente.

Resistividad volumétrica.- La resistividad volumétrica de la capa semiconductor extruida sobre el aislamiento, no debe exceder de 500 $\Omega \cdot m$ medida a 90°C $\pm$ 1°C y a 100°C $\pm$ 1°C.

Adherencia entre el aislamiento y el componente semiconductor extruido sobre el aislamiento.- Para los cables de 5 kV a 46 kV, la fuerza para retirar la capa debe estar entre 30 y 110 N (XLPE) y en el caso de los cables de 69 y 115 kV, el semiconductor debe estar firmemente adherido al aislamiento.

Propiedades Eléctricas del aislamiento.- El XLPE y el EPR deben tener una constante dieléctrica no mayor de 3.5 y 4.0, respectivamente, cuando se prueben a la tensión nominal de fase a tierra, a 60 Hz y a temperatura ambiente. Estos valores deben ser los mismos, cuando se sometan a la prueba de absorción de humedad método eléctrico, después de 24 h en agua a 75°C y determinadas a 3 150 V/mm.

El **factor de ionización** después de 14 días a 75°C, con tensiones de 3 150 V/mm y 1 575 V/mm a 60 Hz, no debe ser mayor de 1% tanto para el XLPE como para el EPR.

Doble en frío.- Esta prueba se efectúa sobre muestras de cable terminado. La cubierta exterior debe quedar de aspecto uniforme después de la prueba.

Estabilidad Estructural.- Ésta se hace en muestras de cable terminado para tensiones de 69 kV y 115 kV, después de acondicionarlas dentro de un tubo de plástico, a temperatura ambiente, 6 h a 90°C, 6 h a 130°C y nuevamente a temperatura ambiente. Al final de cada etapa se miden las descargas parciales.

Estabilidad Dimensional.- Prueba requerida sólo para cables aislados con XLPE de 69 y 115 kV, en la que la proyección axial del conductor fuera del aislamiento no debe exceder de 4.5 mm.

El resto de las pruebas de rutina son:

Cavidades y contaminantes en el aislamiento e **irregularidades** en las pantallas semiconductoras, **Envejecimiento** en aceite a las cubiertas, **Choque térmico y Agrietamiento en ambiente controlado**.

Base: Norma mexicana NMX-J-142-ANCE.

b) PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Éstas deben realizarse a todos los tramos y a cada uno de los conductores terminados.

Dimensionales.- Espesores de pantallas semiconductoras extruidas; espesor promedio del aislamiento; diámetro sobre el aislamiento; marcado secuencial de la leyenda sobre el retiro de la pantalla semiconductora antes de la elaboración de uniones y terminales; diseño del componente metálico, y espesor de la cubierta exterior.

Resistencia eléctrica del conductor a corriente directa. Ésta no debe exceder a la máxima especificada en la norma respectiva del conductor desnudo.

Continuidad y resistencia eléctrica del componente metálico, a corriente directa. Los valores obtenidos en esta prueba, se reportan únicamente para información.

Descargas parciales.- Esta prueba debe efectuarse después de la eliminación de los gases de vulcanización del aislamiento y antes de cualquier prueba de corriente alterna y su valor máximo no debe exceder de 5 pC para cables de 5 kV a 46 kV a las tensiones de prueba a corriente alterna.

Para cables de 69 kV y 115 kV, los valores no deben exceder a los indicados en la tabla siguiente:

Tensión de cable, nominal kV	Tensión de cable, a tierra en kV	Tensión de prueba V_t correspondiente a V_t/V_g			
Relación	V_t/V_g	1.0	1.5	2.0	2.5
69 115	39.8 66.4	40 65	60 100	80 135	100 260
Nivel de descarga parcial, máximo permisible en pC		5	5	5	5

Alta tensión corriente alterna.- Las tensiones de prueba para estos cables, están en función de la tensión nominal entre fases del cable y su categoría o nivel de aislamiento. Esta prueba debe realizarse después de la prueba de descargas parciales.

c) PRUEBAS DE CAMPO

Son las pruebas de tensión a corriente directa, que se aplican durante y después de la instalación de los cables, antes de su puesta en servicio y posteriormente cuando el usuario lo requiera.

- Al terminar la instalación. Se aplica durante 5 min consecutivos.
- Después de la instalación. Puede efectuarse una prueba en caso de una falla y después de la reparación, aplicando la tensión de prueba durante 5 min consecutivos.

Base: Norma mexicana NMX-J-142-ANCE.

2.6.4 ESPESTORES DE AISLAMIENTO

a) SELECCIÓN DEL ESPESOR DE AISLAMIENTO

La selección del espesor de aislamiento de un cable para emplearse en una instalación particular, debe hacerse considerando la tensión entre fases y la categoría del sistema en que va a operar. Estas categorías son:

Categoría I (100% Nivel de aislamiento). Los cables de esta categoría deben emplearse en sistemas con neutro sólidamente aterrizado y que esté provisto con dispositivos de protección tales, que las fallas a tierra sean despejadas tan rápido como sea posible, pero en cualquier caso dentro de un minuto. También pueden utilizarse en otros sistemas para los cuales sean aceptables, siempre y cuando se cumpla con los requisitos antes mencionados.

Categoría II (133% Nivel de aislamiento). Los cables de esta categoría corresponden a los anteriormente

designados como sistema con neutro aislado. Estos cables se utilizan cuando no puedan cumplirse con los requisitos de eliminación de la falla de la categoría I, (100% Nivel de aislamiento), pero en los que exista una seguridad razonable de que la sección que presente una falla a tierra, será desenergizada en un tiempo no mayor de una hora. También pueden emplearse cuando se requiera de un esfuerzo dieléctrico mayor al de los cables con categoría I.

Categoría III (173% Nivel de aislamiento). Los cables de esta categoría deben emplearse en sistemas donde el tiempo requerido para despejar la sección que presente la falla a tierra sea indefinido. Para el espesor de aislamiento y tensiones de prueba, debe consultarse al fabricante.

b) ESPESTORES DE AISLAMIENTO (XLPE O EPR), TENSIONES DE PRUEBA c.a. Y c.c. Y CALIBRE DE CONDUCTORES

TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES kV	DESIGNACIÓN DEL CONDUCTOR		ESPESOR DEL AISLAMIENTO NOMINAL mm		TENSIÓN DE PRUEBA A C.A. kV*		TENSIÓN DE PRUEBA A C.C. EN kV			
	SECCIÓN NOMINAL mm²	CALIBRE AWG/ Kcmil					AL TERMINAR LA INSTALACIÓN 5 min.		DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN EN CASO DE FALLA, 5 min.	
			CAT.I	CAT.II	CAT.I	CAT.II	CAT.I	CAT.II		
5	8.4 a 506.7	8 a 1 000	2.30	2.90	18	23	28	36	9	11
	Mayor de 506.7	Mayor de 1 000	3.60	3.60	28	28	28	36	9	11
8	13.3 a 506.7	6 a 1 000	2.90	3.50	23	28	36	44	11	14
	Mayor de 506.7	Mayor de 1 000	4.45	4.45	35	35	36	44	11	14
15	33.62 a 506.7	2 a 1 000	4.45	5.60	35	44	56	64	18	20
	Mayor de 506.7	Mayor de 1 000	5.60	5.60	44	44	56	64	18	20
25	42.4 a 1 013	1 a 2 000	6.60	8.10	52	64	80	96	25	30
35	53.5 a 1 013	1/0 a 2 000	8.80	10.70	69	84	100	124	31	39
46	107.2 a 1 013	4/0 a 2 000	11.30	14.70	89	116	132	172	41	54
69	253.4 a 1 013	500 a 2 000	16.50	16.50	100	100	192	192	61	61
115	380.0 a 1 013	750 a 2 000	20.30	20.30	160	160	**	**	**	**

Los valores de tensión y espesores de aislamiento están basados en la Norma Mexicana NMX-J-142-ANCE.

*La tensión de prueba a corriente alterna se aplica durante 5 min. en cables de 5 kV a 46 kV, mientras que para cables de 69 kV y 115 kV durante 30 min.

** Para cables de 115 kV, las pruebas de campo después de la instalación están sujetas a un acuerdo entre comprador y fabricante.

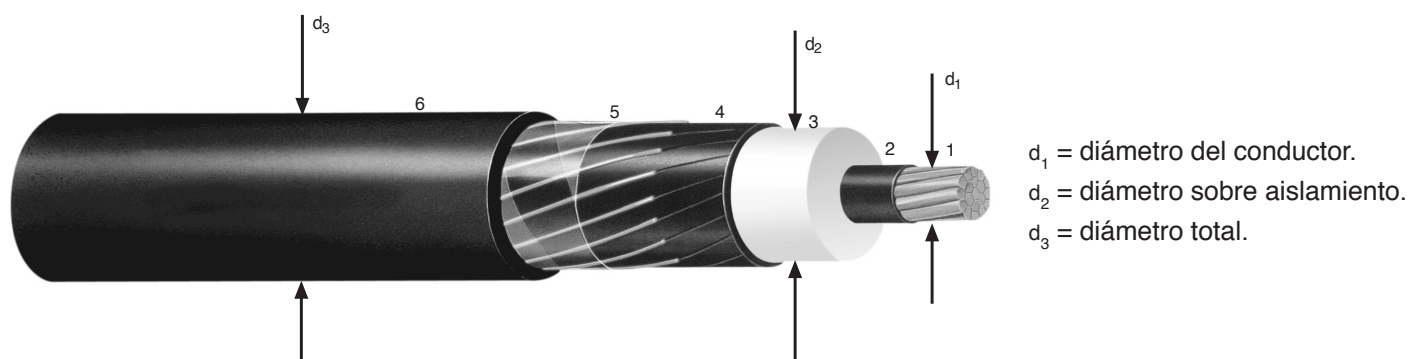
2.6.5 CABLES DE MEDIA Y ALTA TENSIÓN PARA DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA

a) DIMENSIONES NOMINALES DE CABLES TIPO DS. CATEGORÍA I, (100% N de A)

CONSTRUCCIÓN SEGÚN ESPECIFICACIÓN NRF-024-CFE

Normas de referencia:

NMX-J-012, NMX-J-032, NMX-J-059,
NMX-J-062, NMX-J-142 y NMX-J-292.



CABLE PARA USO EN AMBIENTES SECOS.

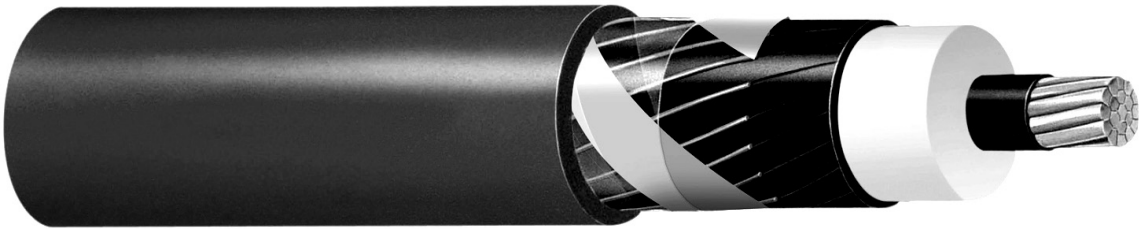
- 1.- El conductor puede ser de cobre suave o de aluminio 1 350 clase B, comprimido o compactado, con bloqueador de humedad.
- 2.- El conductor debe llevar una pantalla semiconductora extruida, con espesor promedio no menor de 0.38 mm.
- 3.- El aislamiento puede ser polietileno de cadena cruzada (XLP o XLP-RA). Estos son para operar satisfactoriamente en lugares húmedos o secos, a una temperatura máxima en el conductor de 90°C, 130°C en condiciones de emergencia y 250°C en condiciones de cortocircuito.
- 4.- La pantalla sobre el aislamiento debe ser una capa de material semiconductor extruido y de color negro.
- 5.- Debe llevar una pantalla metálica a base de alambres de cobre aplicados helicoidalmente y en contacto con la pantalla semiconductora del aislamiento.
- 6.- La cubierta exterior debe ser extruida y de un compuesto de policloruro de vinilo (PVC), de color rojo o de polietileno de color negro con tres franjas rojas.

CALIBRE O SECCIÓN NOMINAL		NÚMERO DE ALAMBRES	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR mm	DIÁMETRO SOBRE EL AISLAMIENTO mm			DIÁMETRO TOTAL APROXIMADO mm		
AWG/Kcmil	mm ²			15 000 V	25 000 V	35 000 V	15 000 V	25 000 V	35 000 V
2	33.6	7	7.2	17.8	—	—	26.8	—	—
1/0	53.5	19	9.2	19.9	24.4	29.0	29.1	33.8	39.3
2/0	67.4	19	10.3	21.1	25.6	30.1	30.3	35.0	40.5
3/0	85.0	19	11.6	22.4	26.9	31.5	31.7	37.1	41.9
4/0	107.2	19	13.0	23.9	28.4	33.0	33.3	38.7	43.5
250	126.7	37	14.2	25.4	29.9	34.5	34.8	40.2	45.0
300	152.0	37	15.5	26.8	31.3	35.9	37.0	41.7	48.2
350	177.3	37	16.8	28.1	32.6	37.2	38.4	43.1	49.6
400	202.7	37	17.9	29.3	33.9	38.4	39.6	44.4	50.8
500	253.4	37	20.0	31.6	36.1	40.6	42.0	48.4	54.3
600	304.0	61	22.0	33.9	38.4	42.9	44.4	50.8	56.7
750	380.0	61	24.6	36.6	41.1	45.7	48.9	54.8	59.6
1 000	506.7	61	28.4	40.6	45.1	49.6	54.2	59.0	63.8

**b) DIMENSIONES NOMINALES PARA
CABLES DE EPR 69 kV CATEGORÍA I,
(100% Nivel de aislamiento)**

CONSTRUCCIÓN SEGÚN ESPECIFICACIÓN CFE E0000-17

Normas de referencia:
NMX-J-012, NMX-J-032, NMX-J-059,
NMX-J-062, NMX-J-142 y NMX-J-292.



CABLE PARA USO EN AMBIENTES SECOS.

- 1.- El conductor puede ser de cobre o de aluminio 1 350 duro clase B, comprimido o compactado, con bloqueador de humedad.
- 2.- El conductor debe llevar una pantalla semiconductora extruida.
- 3.- El aislamiento, polímero de etileno propileno, es para operar satisfactoriamente en lugares húmedos o secos y a una temperatura máxima en el conductor de 90°C, a 130°C en condiciones de emergencia, y a 250°C en condiciones de cortocircuito.
- 4.- La pantalla sobre el aislamiento debe ser una capa de material semiconductor extruido y de color negro.
- 5.- Debe llevar una pantalla metálica a base de alambres de cobre de sección 2.61 mm² (13 AWG) y cinta de cobre dispuesta en hélice abierta sobre los alambres. El número de alambre se calcula para cada instalación particular.
- 6.- La cubierta exterior debe ser extruida y de compuesto de policloruro de vinilo (PVC), en color rojo, o de PEAD en color rojo o negro con tres franjas rojas.

CALIBRE AWG/Kcmil	ÁREA NOMINAL DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	NÚMERO DE HILOS	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR	DIÁMETRO SOBRE EL AISLAMIENTO	DIÁMETRO TOTAL APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO kg/100 m	
	mm ²		mm	mm	mm	COBRE	ALUMINIO
500	253.4	37	20.0	56.9	72	678	515
600	304.0	61	22.0	59.2	74	747	552
750	380.0	61	24.6	61.9	79	871	627
1 000	506.7	61	28.4	65.9	83	1 029	703
1 250	633.4	91	32.7	70.8	88	1 196	788
1 500	760.1	91	35.9	74.0	92	1 347	858

Nota:

- La construcción mostrada en la tabla anterior, se calculó con un espesor de aislamiento de 16.51 mm y una pantalla metálica de 45 alambres de 0.653 mm² (19 AWG).
- Los valores dimensionales son nominales y por tanto están sujetos a tolerancias de manufactura. Para efecto de seleccionar accesorios (empates y terminales), favor de consultar al fabricante.

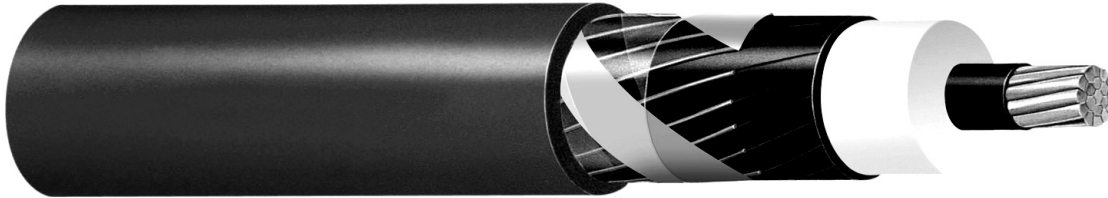
**c) DIMENSIONES NOMINALES PARA
CABLES DE XLPE 69 Y 115 kV
CATEGORÍA I, (100% Nivel de aislamiento)**

CONSTRUCCIÓN SEGÚN ESPECIFICACIÓN CFE E0000-17

Normas de referencia:

NMX-J-012, NMX-J-032, NMX-J-059

NMX-J-062, NMX-J-142 y NMX-J-292.



- 1.- El conductor puede ser de cobre o de aluminio 1 350 duro clase B, comprimido o compactado.
- 2.- El conductor debe llevar una pantalla semiconductora extruida.
- 3.- El aislamiento, polietileno de cadena cruzada, es para operar satisfactoriamente en lugares húmedos o secos y a una temperatura máxima en el conductor de 90°C, a 130°C en condiciones de emergencia, y a 250°C en condiciones de cortocircuito.
- 4.- La pantalla sobre el aislamiento debe ser una capa de material semiconductor extruido y de color negro.
- 5.- Debe llevar una pantalla metálica a base de alambres de cobre de sección 0.653 mm² (19 AWG) y cinta de cobre dispuesta en hélice abierta sobre los alambres. El número de alambres se calcula para cada instalación particular.
- 6.- La cubierta exterior debe ser extruida y de compuesto de policloruro de vinilo (PVC), en color rojo.

69 kV. 100% Nivel de aislamiento. Espesor de aislamiento = 16.51 mm.

CALIBRE AWG/Kcmil	ÁREA NOMINAL DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	NÚMERO DE HILOS	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR	DIÁMETRO SOBRE EL AISLAMIENTO	DIÁMETRO TOTAL APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO kg/100 m	
	mm ²		mm	mm	mm	COBRE	ALUMINIO
500	253.4	37	20.0	56.9	72	622	459
600	304.0	61	22.0	59.2	74	688	492
750	380.0	61	24.6	61.9	79	808	564
1 000	506.7	61	28.4	65.9	83	960	634
1 250	633.4	91	32.7	70.8	88	1 121	713
1 500	760.1	91	35.9	74.0	92	1 267	778

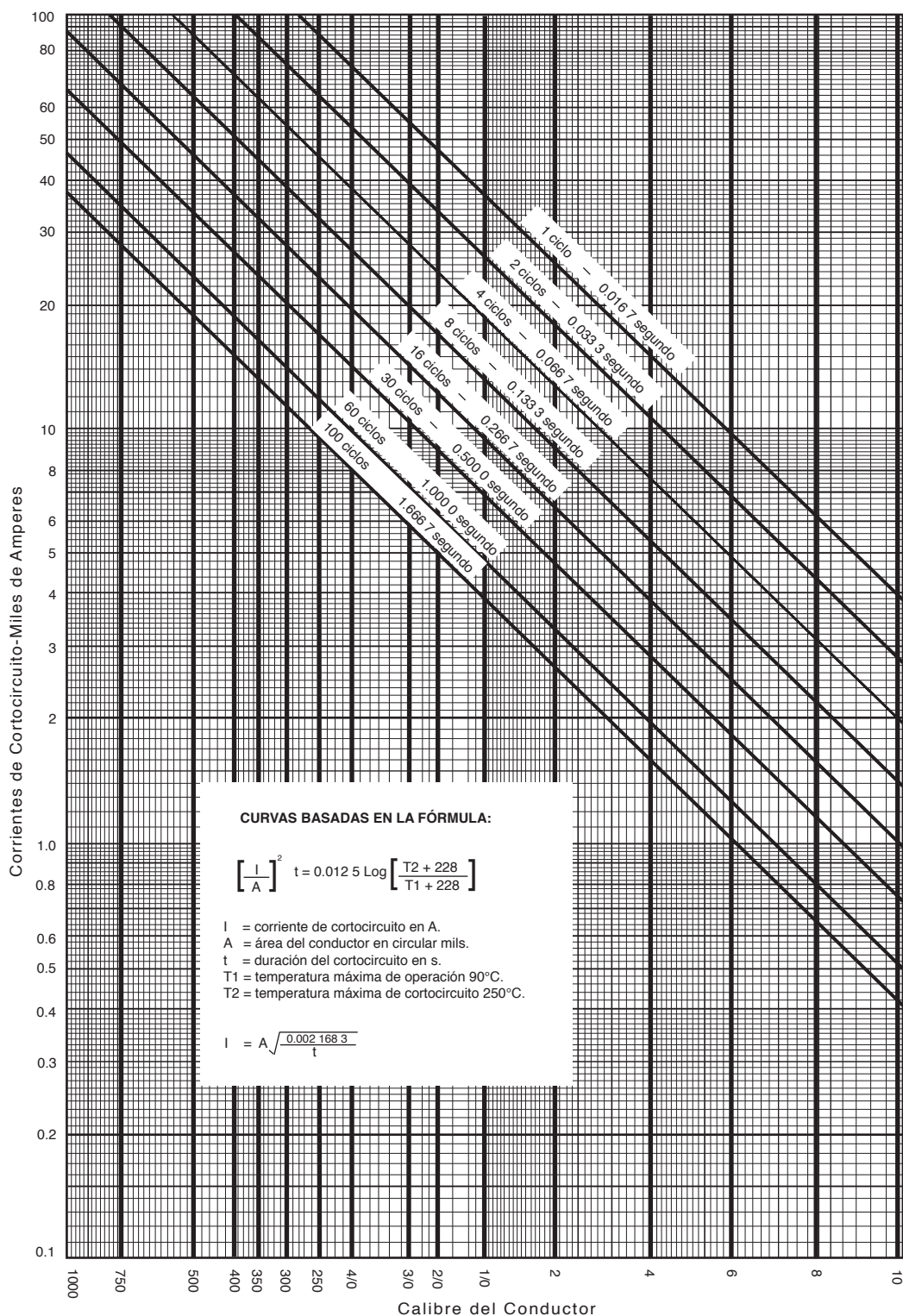
115 kV. 100% Nivel de Aislamiento. Espesor de aislamiento = 20.32 mm.

CALIBRE AWG/Kcmil	ÁREA NOMINAL DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	NÚMERO DE HILOS	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR	DIÁMETRO SOBRE EL AISLAMIENTO	DIÁMETRO TOTAL APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO kg/100 m	
	mm ²		mm	mm	mm	COBRE	ALUMINIO
750	380.0	61	24.6	69.9	87	910	666
800	405.4	61	25.4	70.8	88	942	681
1 000	506.7	61	28.4	73.9	92	1 067	741
1 250	633.4	91	32.7	78.8	97	1 233	826
1 500	760.1	91	35.9	82.0	100	1 384	895

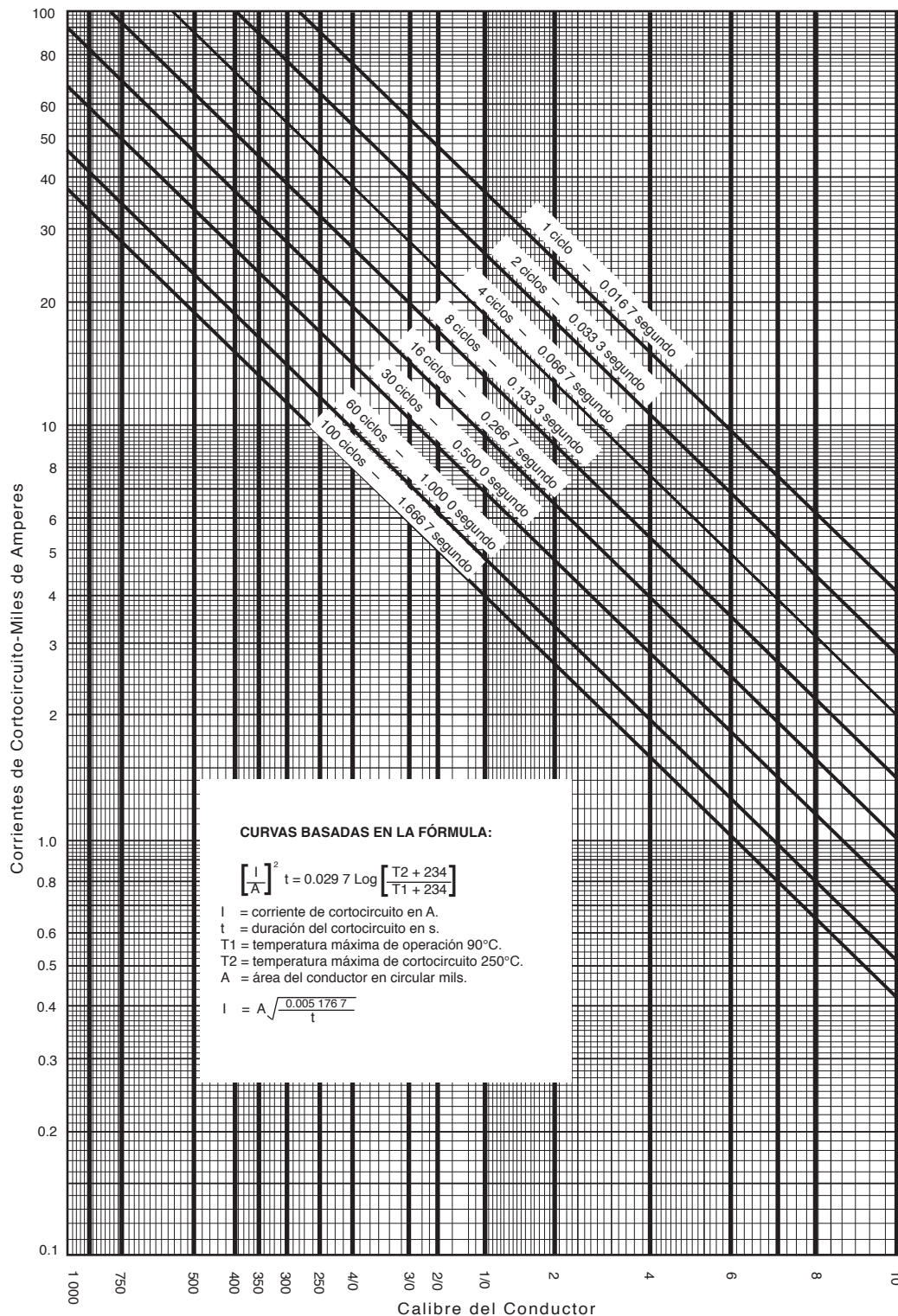
Nota:

- Las construcciones mostradas en las tablas anteriores, se calcularon con una pantalla metálica de 45 alambres de 0.653 mm² (19 AWG).
- Los valores dimensionales son nominales y por tanto están sujetos a tolerancias de manufactura. Para efecto de seleccionar accesorios (empates y terminales), favor de consultar al fabricante.

d) **GRÁFICA DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES DE ALTA TENSIÓN, CON CONDUCTOR DE ALUMINIO Y AISLAMIENTO DE POLIETILENO DE CADENA CRUZADA (XLPE) O DE ETILENO PROPILENO (EPR)**



e) **GRÁFICA DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES DE ALTA TENSIÓN, CON CONDUCTOR DE COBRE Y AISLAMIENTO DE POLIETILENO DE CADENA CRUZADA (XLPE) O DE ETILENO PROPILENO (EPR)**



2.6.6 INSTALACIÓN BAJO TIERRA DE CABLES TIPO DS

a) TIPOS DE INSTALACIÓN

Existen cuatro formas comunes para instalar cables bajo tierra:

- I.- DIRECTAMENTE ENTERRADOS
- II.- EN DUCTOS ENTERRADOS
- III.- EN TRINCHERAS
- IV.- EN TÚNELES

I. Directamente Enterrados: se abre una zanja, se tienden en ella los cables y se rellena de nuevo con terreno nativo o con arena térmica. Los cables quedan completamente rodeados y en contacto con el terreno. Permite una gran capacidad de corriente en los mismos.

II. En ductos enterrados: se abre una zanja, se colocan y fijan los ductos, y se rellena de nuevo la zanja, ya sea con terreno nativo o con arena térmica. Los ductos pueden también ir embebidos en concreto, en cuyo caso se trata de una instalación en banco de ductos. Colocado todo el sistema de ductos y construídos los registros, se instalan los cables introduciéndolos en ellos. Proporciona una excelente protección a los cables.

III. En Trincheras: se abre una zanja, se recubre interiormente con una capa de concreto y se hace una preparación para colocar tapas a todo lo largo. Las tapas pueden ser de lámina o lozas de concreto que puedan retirarse fácilmente. Los cables se colocan en el fondo de la trinchera. En ésta se permite un rápido acceso a los cables, facilitando el mantenimiento a los mismos.

IV.- En túneles: en este tipo de instalación, los cables de energía eléctrica, así como la tubería de agua, gas, vapor, aire comprimido, etc., van alojados dentro del túnel. Los cables se acomodan en soportes o charolas colocadas en las paredes del mismo. Estos túneles son lo suficientemente amplios que permiten el paso al personal de inspección y de mantenimiento y la circulación del aire de enfriamiento. El costo de este tipo de instalación es elevado.

TENDIDO DE CABLES

Cables directamente enterrados. Considerando que ya se tiene preparada una zanja de dimensiones adecuadas, se recomienda tender en el fondo de ella una cama de arena de río de unos 10 cm de espesor y sobre ésta colocar los cables. La distancia entre centros de cables debe ser de 20 cm aproximadamente. Los cables de energía no deben tenderse tensados, sino que debe permitírseles que serpeteen con objeto de que puedan absorber fácilmente movimientos, dilataciones y contracciones del terreno, o del mismo cable en su ciclo de carga: esfuerzos mecánicos causados por sobrecarga en condiciones de falla. Tendidos los cables, se cubren con otra capa de arena de 10 cm de espesor y el resto de la zanja se rellena con la misma tierra que se sacó al hacerla.

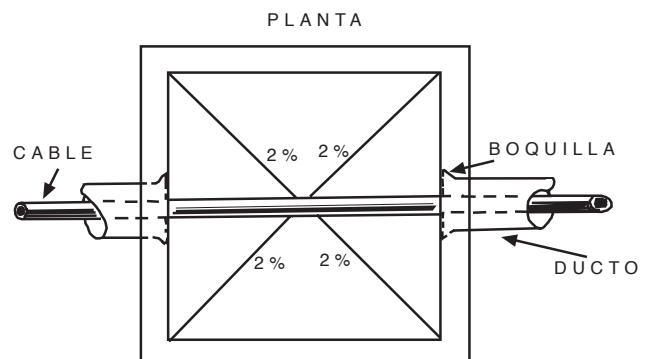
Los pasos de calles, vías, etc., normalmente se hacen con cables instalados en ducto, a fin de que una reparación en ellos pueda efectuarse sin alterar el tráfico.

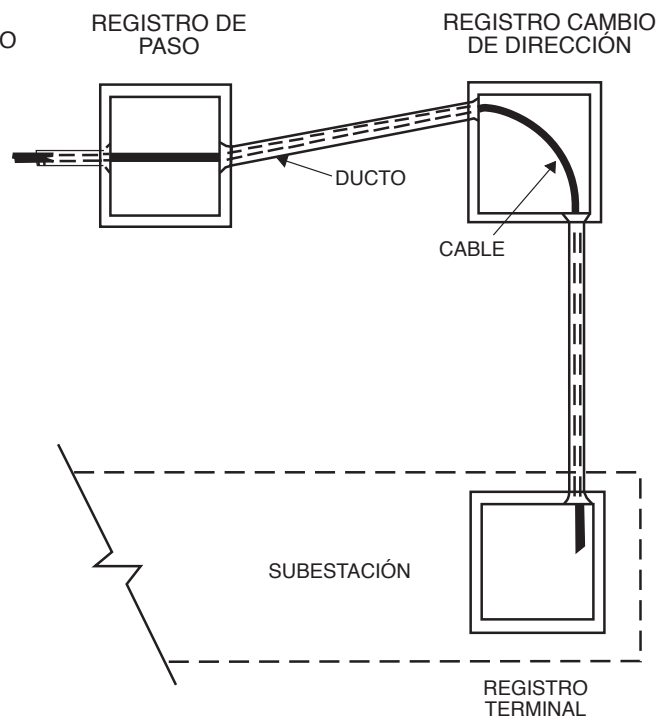
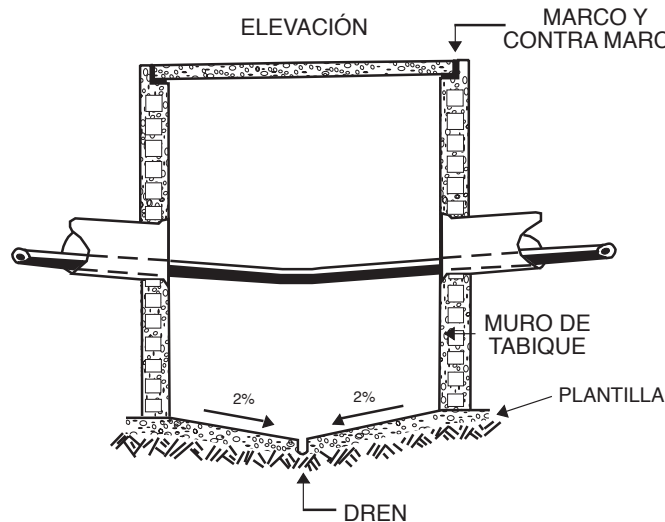
Cables instalados en ductos. Considerando que los ductos se instalaron del tamaño adecuado, en configuración y con distancias entre registros convenientes, nivelados y drenados correctamente, lo primero por hacer es liberar los registros de materiales, madera, etc., para dejarlos limpios.

La colocación de los ductos en los registros es muy importante, así como los radios de curvatura a los que pueden someterse los cables para no dañar su aislamiento.

REGISTROS:

Éstos pueden clasificarse en : Registros de paso y Registros de cambio de dirección. Los registros de paso son aquellos en los cuales los cables se jalan y los ductos van colocados en el centro del registro en caras opuestas y a la misma altura.





Los registros de cambio de dirección, son aquellos en los cuales la dirección de los cables sufre un giro debido a las condiciones del recorrido de la instalación, o que son principio o fin de trayectoria. En estos registros, las tuberías o ductos se instalan cargados a una esquina para facilitar los radios de curvatura de los cables. Ver la figura siguiente:

b) TENSIÓN DE JALADO

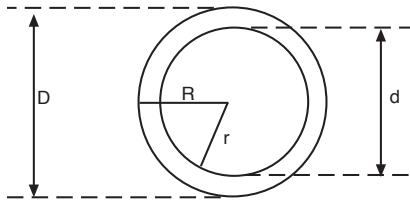
La fuerza requerida para instalar un cable o grupo de cables dentro de un sistema subterráneo de ductos enterados o en un banco de ductos, depende de: peso del cable; longitud del circuito; coeficiente de fricción entre el ducto y los cables; geometría de la trayectoria, (recta, curva, etc.) y del acomodo de los cables.

El valor máximo aceptable de la fuerza o tensión que se puede aplicar a un cable para su instalación, depende del elemento del cable en donde se aplique la fuerza: en el conductor, en la cubierta exterior, o en la armadura de alambres. El valor máximo de la tensión aplicada a un cable, no debe exceder de los indicados en la siguiente tabla:

Tabla b.-

CABLES DE UN CONDUCTOR DE:	TENSIÓN MÁXIMA DE JALADO	
	kg	Lbs.
a).- Con anillo u ojo de tracción		
Cobre	$7.15 \times \text{área del conductor en mm}^2$	$15.76 \times \text{área del conductor en mm}^2$
	$0.003\ 624 \times \text{área del conductor en circular mils.}$	$0.008 \times \text{área del conductor en circular mils.}$
Aluminio 1 350, temple duro	$5.371 \times \text{área del conductor en mm}^2$	$11.84 \times \text{área del conductor en mm}^2$
	$0.002\ 721 \times \text{área del conductor en circular mils.}$	$0.006 \times \text{área del conductor en circular mils.}$
b).- Con manga de malla de acero sobre la cubierta exterior.		
Cable con cubierta polimérica (PVC), Polietileno, Neopreno, etc.)	454	1 000
Cable con cubierta de plomo	$0.070\ 3 \times \text{cada cm}^2 \text{ de área del plomo}^*$	$1\ 500 \times \text{cada pulgada}^2 \text{ de área del plomo}^*$

* El área a considerar será la sección y se determina en la siguiente forma:



El área total del cable incluyendo el plomo es:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} ; A = \pi R^2$$

El área total del cable sin el plomo es:

$$a = \frac{\pi d^2}{4} ; a = \pi r^2$$

De donde el área del plomo será:

$$A_p = A - a$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \text{ ó } \pi (R^2 - r^2)$$

$$A_p = 0.785 (D^2 - d^2) \text{ ó }$$

$$A_p = 3.1416 (R^2 - r^2)$$

FÓRMULAS PARA TENSIÓN DE JALADO

TENSIÓN DE JALADO EN: TRAMO RECTO HORIZONTAL

$$T_1 = L W \mu c$$

TRAMO RECTO INCLINADO HACIA ARRIBA

$$T_1 = L W (\mu c \cos \phi + \sin \phi)$$

TRAMO RECTO INCLINADO HACIA ABAJO

$$T_1 = L W (\mu c \cos \phi - \sin \phi)$$

TRAMO CON CURVA

$$T = T_1 e^{a \mu c}$$

Para utilizar esta última fórmula, se deberá tener en cuenta que la tensión (T_1) antecede al tramo con curva, ya sea horizontal, o bien hacia arriba o hacia abajo.

En las fórmulas anteriores se tiene:

ϕ = ángulo de inclinación en grados

T = tensión en kilogramos.

L = longitud del ducto en metros.

W = peso del cable en kilogramos por metro.

μc = coeficiente de fricción.

e = base de logaritmo neperiano (2. 718).

a = ángulo de la curva en radianes.

Para tramos con curvas, la presión sobre las paredes de la curva no debe exceder de 450 kg/m y la fórmula para determinar esta presión es:

$$p = \frac{\text{Tensión en el tramo}}{\text{Radio de curvatura}}$$

Máxima longitud de jalado permisible en tramo recto:

$$L \text{ máx.} = \frac{T \text{ máx.}}{\mu c W}$$

donde:

Lmáx = longitud de jalado, en m.

Tmáx = tensión máxima en kg.

μc = coeficiente de fricción

W = peso del cable en kg/m.

A continuación se dan valores $e^{a \mu c}$ para facilitar la utilización de la fórmula, así como valores para radios de curvatura.

VALORES DE $e^{a \mu c}$

ÁNGULO EN		TIPO DE MATERIAL			
		PLÁSTICO	FIERRO	CEMENTO	BARRO Y OTROS
		COEFICIENTE DE FRICCIÓN (μc)			
GRADOS	RADIANES	0.30	0.40	0.50	0.75
15	0.261	1.08	1.11	1.14	1.22
30	0.523	1.16	1.23	1.30	1.48
45	0.785	1.26	1.37	1.48	1.80
60	1.047	1.36	1.52	1.68	2.19
75	1.308	1.48	1.68	1.92	2.66
90	1.570	1.60	1.87	2.19	3.25
105	1.832	1.73	2.08	2.49	3.95
120	2.090	1.87	2.30	2.84	4.79

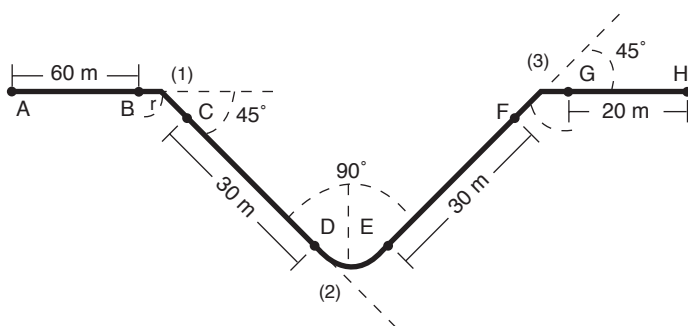
RADIOS MÍNIMOS DE CURVATURA

CABLES CON PANTALLA	
PANTALLA A BASE DE CINTAS	12D*
PANTALLA A BASE DE ALAMBRES	8D*

D* = Diámetro exterior del cable con pantalla metálica.

c) EJEMPLO DE APLICACIÓN

Determinar la tensión máxima de jalado del cable de un conductor de aluminio 1 350 temple duro, VIAKON EPR-PVC calibre 500 Kcmil, (253.4 mm²), con anillo de tracción sujeto al conductor. Se instalará en ducto de concreto de 10 cm de diámetro. El peso del cable es de 2.46 kg/m, el coeficiente de fricción es 0.5 y los radios de curvatura de 3 m.



De la tabla b anterior, la tensión máxima de jalado es:

$$T_{\text{máx}} = 5.371 \times 253.4 = 1\,361 \text{ kg.}$$

Jalado de A hacia H.

Normalmente la tensión se calcula en forma progresiva como sigue:

$$\text{Tensión en B (T1)} = L \times W \times \mu_c = 60 \times 2.46 \times 0.5 = 73.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Tensión en C (T2)} = T_1 e^{a\mu_c} = 73.8 \times 1.48 = 109.2 \text{ kg.}$$

$$\text{Tensión en D (T3)} = T_2 + T_1 e^{a\mu_c} = 109.2 + (30 \times 2.46 \times 0.5) = 146.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Tensión en E (T4)} = T_3 e^{a\mu_c} = 146.1 \times 2.19 = 320.0 \text{ kg.}$$

$$\text{Tensión en F (T5)} = T_4 + T_1 e^{a\mu_c} = 320.0 + (30 \times 2.46 \times 0.5) = 356.9 \text{ kg.}$$

$$\text{Tensión en G (T6)} = T_5 e^{a\mu_c} = 356.9 \times 1.48 = 528.2 \text{ kg.}$$

$$\text{Tensión en H (T7)} = T_6 + T_1 e^{a\mu_c} = 528.2 + (20 \times 2.46 \times 0.5) = 552.8 \text{ kg.}$$

Presión sobre las paredes de las curvas:

$$\text{Curva (1)} \quad p = \frac{109.2}{3} = 36.4 \text{ kg.}$$

$$\text{Curva (2)} \quad p = \frac{320.0}{3} = 106.7 \text{ kg.}$$

$$\text{Curva (3)} \quad p = \frac{528.2}{3} = 176.1 \text{ Kg.}$$

Por los datos obtenidos, se observa que los valores de tensiones no son elevados, por lo que es posible hacer el cableado de punto "A" al "H". Sin embargo, si la instalación lo permite, se deberá calcular la tensión si se jalara por el otro extremo.

Jalado de H hacia A.

Tensión en G (T1) = $L \times W \times \mu c = 20 \times 2.46 \times 0.5 = 24.6 \text{ kg.}$

Tensión en F (T2) = $T1 e^{a\mu c} = 24.6 \times 1.48 = 36.4 \text{ kg.}$

Tensión en E (T3) = $T2 + T_1 e^{a\mu c} = 36.4 + (30 \times 2.46 \times 0.5) = 73.3 \text{ kg.}$

Tensión en D (T4) = $T3 e^{a\mu c} = 73.3 \times 2.19 = 160.5 \text{ kg.}$

Tensión en C (T5) = $T4 + T_1 e^{a\mu c} = 160.5 + (30 \times 2.46 \times 0.5) = 197.4 \text{ kg.}$

Tensión en B (T6) = $T5 e^{a\mu c} = 197.4 \text{ kg} \times 1.48 = 292.2 \text{ kg.}$

Tensión en A (T7) = $T6 + T_1 e^{a\mu c} = 292.2 + (60 \times 2.46 \times 0.5) = 366.0 \text{ kg.}$

Presión sobre las paredes de las curvas:

$$\text{Curva (3)} \quad p = \frac{36.4}{3} = 12.1 \text{ kg.}$$

$$\text{Curva (2)} \quad p = \frac{160.5}{3} = 53.5 \text{ kg.}$$

$$\text{Curva (1)} \quad p = \frac{292.2}{3} = 97.4 \text{ kg.}$$

De los resultados anteriores, puede deducirse que resultaría más conveniente cablear del punto “H” hacia el punto “A”, ya que la tensión a aplicar es menor.

En ambos cálculos, los valores de tensión obtenidos son inferiores al de la tensión máxima de jalado calculado inicialmente.

**Cables de energía mediana tensión,
con cubierta exterior
altamente deslizable tipo de PVC, rojo**

Nuestro trabajo de laboratorio y de campo, nos llevaron a la formulación de una cubierta exterior capaz de ofrecer características óptimas: baja absorción de agua, operaciones mejoradas en condiciones de incendio y característica RAD® de ser altamente deslizable.

Así, los cables de energía Viakon para Media Tensión tipo RAD®, cuentan ahora con una cubierta exterior formulada para que el cable pueda deslizar fácilmente durante su proceso de instalación, en ductos de polietileno de PVC. Esta característica permite reducir la tensión mecánica requerida durante la instalación, simplificando procesos, reduciendo esfuerzos, tiempos y riesgos e incrementando la confiabilidad y expectativa de vida del cable. Lo anterior permite aumentar la productividad en la instalación, sin sacrificar las propiedades ni el desempeño de cable.

