



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**“CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LOS CONDUCTORES
ELÉCTRICOS PARA BAJA TENSIÓN EN BUSCA DEL MEJOR SERVICIO,
DURABILIDAD Y SEGURIDAD”.**

**TESIS Y EXÁMEN PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA MECÁNICA ELECTRICISTA**

PRESENTA:

MARICELA ROMERO HERNÁNDEZ

ASESOR: ING. ANGEL ISAIAS LIMA GÓMEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
 PRESENTE

ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

“CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS PARA BAJA TENSIÓN EN BUSCA DEL MEJOR SERVICIO, DURABILIDAD Y SEGURIDAD”

Que presenta la pasante: **MARICELA ROMERO HERNÁNDEZ**

Con número de cuenta: **40507521-6** para obtener el Título de: **Ingeniera Mecánica Eléctrica**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 03 de Julio de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Fernando Fierro Téllez	
VOCAL	Ing. Ángel Isaías Lima Gómez	
SECRETARIO	Ing. Gilberto Chavarría Ortiz	
1er SUPLENTE	Ing. Melisa Carmen Vargas Oliva	
2do SUPLENTE	Ing. Nidia Mendoza Andrade	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.
 (Art 127 REP)

HHA/Vc

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme guiado en los momentos más difíciles y concederme serenidad para tomar las decisiones correctas.

A mi madre que con su ejemplo y fortaleza me enseñó a no rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos. Gracias por estar siempre conmigo.

A mis hermanos por apoyarme en esta trayectoria escolar.

A mis amigos y compañeros de clase quienes me acompañaron en esta trayectoria de aprendizaje y conocimiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por darme fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

A la UNAM por brindarme el apoyo y conocimiento a lo largo de mi carrera.

A mi familia que siempre ha estado conmigo incondicionalmente.

ÍNDICE

OBJETIVO	1
INTRODUCCIÓN.....	1

Capítulo I

PRINCIPIOS DE LA CONDUCCIÓN ELÉCTRICA

1.1 Corriente eléctrica.....	4
1.2 Diferencia de potencial, tensión o voltaje.	5
1.3 Resistencia eléctrica.	6
1.4 Circuito eléctrico.	7
1.5 Potencia eléctrica.	8

Capítulo II

PROPIEDADES GENERALES DE LOS MATERIALES CONDUCTORES

2.1 ¿Qué es un conductor eléctrico?	10
2.2 Propiedades Eléctricas.....	11
2.2.1 Resistencia Eléctrica.....	11
2.2.2 Variación De La Resistencia Con La Temperatura.	13
2.2.3 Resistividad Eléctrica.	14
2.2.4 Conductividad Eléctrica.	15
2.3 Propiedades Mecánicas.....	15
2.3.1 Resistencia	15
2.3.2 Dureza.....	15
2.3.3 Elasticidad	16
2.3.4 Plasticidad.....	16
2.3.5 Tenacidad.....	16
2.3.6 Fragilidad.....	16
2.3.7 Fluencia	16
2.3.8 Ductilidad	16
2.3.9 Maleabilidad	16
2.4 Propiedades Físico-Químicas	16
2.4.1. PESO ESPECÍFICO Y DENSIDAD.....	17
2.4.2 La Capacidad De Calor Específico.....	17
2.4.3 Calor Y Temperatura De Fusión.	18
2.4.4 Conductividad Térmica-Conductibilidad.	18
2.4.5 Coeficiente De Dilatación Lineal.	18
2.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES CONDUCTORES.....	20
2.5.1 El Cobre.....	20
2.5.2 Aluminio.....	21
2.6 Características Especiales De Los Materiales Conductores.	22
2.6.1 Resistencia De Contacto Entre Materiales Conductores.	22
2.6.2 Flujo De Corriente Eléctrica Sin Resistencia. (Superconductividad).....	23

Capítulo III

ELEMENTOS DEL CONDUCTOR ELÉCTRICO

3.1	El Alma O Elemento Conductor.....	26
3.2	El Aislamiento.....	27
3.3	Cubiertas Protectoras.....	28
3.4	Tamaño Del Conductor.....	28
3.5	¿Por Qué El Cobre?.....	30
3.6	Formación Del Conductor. (Clase De Cableado).....	31
3.7	Factores En La Selección De Los Conductores.....	31
3.7.1	Material.....	31
3.7.2	Flexibilidad.....	33
3.7.3	Forma.....	34
3.7.4	Dimensiones.....	37

Capítulo IV

CONDUCTORES PARA BAJA TENSIÓN

4.1	Material Aislante En Baja Tensión.....	38
4.2	Clasificación Del Conductor.....	39
4.2.1	Conductor con aislamiento Termoplástico.....	39
4.2.2	Conductores Con Aislamiento Termofijo.....	42
4.3	Marcas En Los Conductores.....	45
4.4	Significado De Las Letras.....	47
4.5	Ubicaciones Secas Y Mojadas.....	48
4.6	Conductores Flexibles De Cobre.....	49

Capítulo V

APLICACIÓN Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR ELÉCTRICO

5.1	Problemas Ocasionados Por Conductores De Mala Calidad.....	57
5.2	Agentes Que Afectan La Vida De Un Conductor.....	57
5.3	La Problemática Del Fuego En El Conductor.....	58
5.4	Principales Fallas En Los Conductores.....	62
5.5	Ejercicios De Selección Del Conductor Eléctrico.....	63
	GLOSARIO.....	67
	APÉNDICE.....	70
	CONCLUSIONES.....	74
	BIBLIOGRAFÍA BÁSICA.....	75

OBJETIVO

El objetivo de la presente tesis es comprender la importancia de la elección de conductores eléctricos en baja tensión en el proceso de la transmisión de energía, ya que juegan un papel importante en la seguridad de la instalación eléctrica por su impacto en la presencia de accidentes eléctricos.

Mejorar el servicio, durabilidad y seguridad en conductores eléctricos. Y dejar referencia para su consulta posterior en materias como instalaciones eléctricas y sistemas de distribución

INTRODUCCIÓN

Lo que se busca en el presente escrito es mejorar el desempeño, durabilidad y seguridad de los conductores en baja tensión ya que una instalación eléctrica confiable es aquella en la que sus componentes garantizan que se reduzca al mínimo la probabilidad de ocurrencia de accidentes que pongan en riesgo la vida y la salud de los usuarios, así como la posibilidad de fallas en los equipos eléctricos. Por ello, en las instalaciones donde los componentes son de mala calidad, están expuestos a accidentes de origen eléctrico en forma permanente.

Los artefactos eléctricos que actualmente usamos (cocina eléctrica, terma, microondas, equipos de sonido, etc.) nos han traído beneficios y nos han facilitado la vida, sin embargo, es importante destacar que este crecimiento debe estar acompañado por un análisis sobre la capacidad de carga de la instalación eléctrica, para determinar si está en condiciones de resistir incrementos en el consumo de electricidad por la presencia de más artefactos, de lo contrario, corremos el riesgo de que se presenten accidentes eléctricos que pongan en peligro nuestra vida, la de nuestra familia y la seguridad de nuestra inversión.

La elección entre un determinado conductor u otro en un proyecto de ingeniería eléctrica se debe a muchos factores a considerar. Dependiendo de la tensión utilizada, el conductor deberá tener características particulares, tanto en su comportamiento como en su tamaño o en su recubrimiento aislante.

En esta primera parte se definirán brevemente conceptos (corriente eléctrica, voltaje, resistencia eléctrica y potencia eléctrica.), puntos importantes para comprender el movimiento de cargas eléctricas a través de un conductor eléctrico.

En el capítulo II se verán las propiedades generales de los materiales conductores, ya que para la buena elección de un material conductor, hemos de conocer en muchas ocasiones sus propiedades tales como (eléctricas, mecánicas, físico-químicas). De aquí la preferencia del cobre y el aluminio en la construcción de cables eléctricos y de sus áreas de aplicación diferentes para transmitir energía.

En el capítulo III se estudiarán los elementos del conductor eléctrico. Los conductores se componen típicamente, en la distribución de la energía de un metal que depende de su

uso, lleva una cubierta aislante para resguardar la seguridad del entorno eléctrico. Así como los factores en la selección de los conductores.

Dentro del capítulo IV se verá todo lo relacionado a conductores de baja tensión. En general se usan en el proceso de utilización y van desde la salida de los transformadores de distribución hasta la conexión con los equipos. Se dará a conocer el material aislante y su clasificación, así como las ubicaciones (secas o mojadas), referido a la norma oficial mexicana para una mejor seguridad.

En el capítulo V se verá la aplicación y selección de los conductores eléctricos, así como las principales fallas en los conductores de mala calidad.

Los conductores eléctricos juegan un papel importante en la seguridad de la instalación eléctrica por su impacto en la presencia de accidentes eléctricos. Tomando en cuenta lo escrito anteriormente, y el uso de normas eléctricas se puede ahorrar dinero y gozar de una instalación segura y confiable.

CAPÍTULO I. PRINCIPIOS DE LA CONDUCCIÓN ELÉCTRICA.

El estudio de la estructura electrónica de los átomos es vital para comprender la naturaleza y el comportamiento de la electricidad.

El átomo es la partícula más pequeña de un elemento y mantiene las características y propiedades de ese elemento. Todos los átomos, excepto el hidrógeno, pueden considerarse formados por tres partículas básicas: el **protón**, cargado positivamente; el **electrón**, cargado negativamente, y el **neutrón**, de carácter neutro. La carga positiva de un protón, que es igual en magnitud a la carga negativa de un electrón, constituye la unidad fundamental de carga en el sentido de que se considera la magnitud de carga más pequeña.

Actualmente, el átomo se concibe como una estructura constituida por un núcleo positivo que contiene protones y neutrones, y una nube negativa formada por electrones que giran en torno al núcleo a distancias relativamente grandes, como se muestra en la fig.1.

La carga positiva del núcleo se debe a los protones y la carga negativa de la nube a los electrones. Para que el átomo en conjunto sea eléctricamente neutro, el número total de protones en el núcleo (número atómico) debe ser igual al número total de electrones que forman la nube. Si el átomo pierde electrones, su carga neta será positiva; si gana electrones, su carga neta será negativa.

Un átomo que ha ganado o perdido electrones se denomina ion; el proceso de ganar o perder electrones se llama ionización. La conductividad eléctrica de los materiales se comprende a partir de la movilidad o ausencia de movilidad de los electrones o de los iones a través del material.

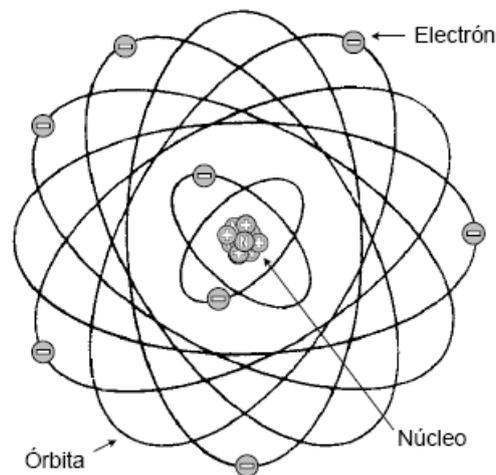


Figura 1. Átomo y el movimiento de los electrones

1.1 Corriente eléctrica.

El movimiento o flujo de electrones a través de un material se denomina corriente eléctrica. Para producirla, los electrones deben moverse entre dos puntos es decir debe existir una diferencia de potencial entre esos dos puntos. Como se muestra en la fig. 1.1, el movimiento de los electrones de la carga negativa a la carga positiva.

La intensidad de corriente eléctrica se representa con el símbolo I y se define como la cantidad de electrones que pasan, por un punto de un conductor, en un tiempo determinado. La unidad para medirla es el amperio (A). Un amperio de intensidad de corriente representa la cantidad de electrones equivalente a 1 coulomb de carga pasando por un punto en el tiempo de 1 segundo.

La definición de intensidad de corriente puede expresarse por la siguiente ecuación.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Donde:

I = intensidad de corriente en amperios (A).

Q = cantidad de cargas en coulomb (C).

t = tiempo en segundos (seg).

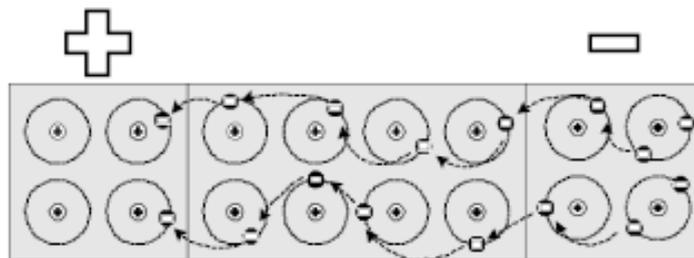


Figura 1.1. flujo de electrones a través de un material conductor.

Tipos de corriente eléctrica.

Corriente directa (CD) o continua (C.C.). La corriente directa circula siempre en un solo sentido, es decir, del polo negativo al positivo de la fuente de fuerza electromotriz (**FEM**) que la suministra. Esa corriente mantiene siempre fija su polaridad, como es el caso de las pilas, baterías y dinamos.

La corriente alterna es el tipo de corriente más empleado en la industria y es también la que consumimos en nuestros hogares. La corriente alterna de uso doméstico e industrial cambia su polaridad o sentido de circulación 50 ó 60 veces por segundo, según el país de que se trate. Esto se conoce como frecuencia de la corriente alterna.

1.2 Diferencia de potencial, tensión o voltaje.

El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (**FEM**) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica.

Este movimiento de las cargas eléctricas por el circuito se establece a partir del polo negativo de la fuente de FEM hasta el polo positivo de la propia fuente.

A mayor diferencia de potencial o presión que ejerza una fuente de FEM sobre las cargas eléctricas o electrones contenidos en un conductor, mayor será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor, ver fig.1.2

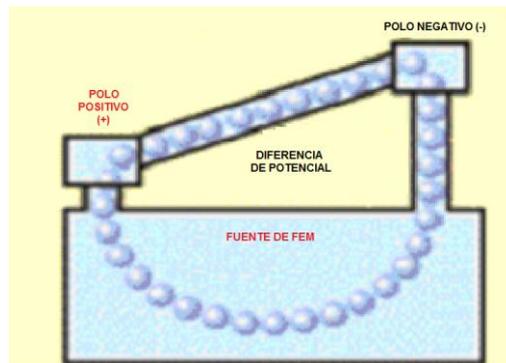


Figura.1.2 Diferencia de potencial eléctrico.

La energía potencial eléctrica o potencial eléctrico se define de la siguiente manera.

$$V = \frac{E}{q}$$

Donde:

V= potencial eléctrico en (V).

E= energía potencial en joule (J).

q= carga eléctrica en coulombs (C).

Ejemplo:

Una carga de 2 coulombs se desliza de un cuerpo a otro adquiriendo una energía potencial de 4 joules. ¿Cuál es el voltaje que actúa sobre la carga?

V = ?

q = 2C

E = 4J

Utilizando la fórmula de potencial eléctrico tenemos:

$$V = \frac{4j}{2C} = 2V$$

1.3 Resistencia eléctrica.

Todos los materiales presentan cierta oposición al flujo de electrones o corriente eléctrica, pero unos obstruyen la circulación más que otros. Esto se debe a que en los átomos de algunos materiales los electrones externos son cedidos con relativa facilidad, disminuyendo la resistencia al paso de la corriente. Por definición, la resistencia eléctrica es la oposición que presenta un conductor al paso de la corriente o flujo de electrones.

Como sabemos, la corriente eléctrica circula con relativa facilidad en los metales, por ello se utilizan en la construcción de circuitos para conducir la energía eléctrica y se denominan conductores.

En cambio, existen otros materiales, como el hule, la madera, el plástico, el vidrio, la porcelana, la seda y el corcho, que presentan gran dificultad para permitir el paso de la corriente, por eso reciben el nombre de aislantes o dieléctricos.

De la ley de ohm tenemos que:

La intensidad de la corriente eléctrica que pasa por un conductor en un circuito es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicado a sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia del conductor.

$$I = \frac{V}{R} \therefore V = IR$$

Como se muestra en la figura 1.3 (A) electrones fluyendo por un buen conductor eléctrico, que ofrece baja resistencia. (B) Electrones fluyendo por un mal conductor eléctrico, que ofrece alta resistencia a su paso. En ese caso los electrones chocan unos contra otros al no poder circular libremente y, como consecuencia, generan calor.

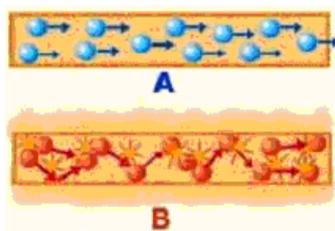


Figura 1.3 Resistencia eléctrica.

Ej. Un tostador eléctrico tiene una resistencia de 15Ω cuando está caliente. ¿Cuál será la intensidad de la corriente que fluirá al conectarlo a una línea de $120V$?

De la ley de Ohm tenemos:

$$I = \frac{V}{R}, I = \frac{120V}{15\Omega} = 8A$$

1.4 Circuito eléctrico.

Se denomina **circuito eléctrico** a una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.

Un foco conectado a una pila por medio de un conductor es un ejemplo de un circuito eléctrico básico. (Figura 1.4).

En cualquier circuito eléctrico por donde se desplazan los electrones a través de una trayectoria cerrada, existen los siguientes elementos fundamentales.

- a) Voltaje.
- b) Corriente.
- c) Resistencia.

El circuito está cerrado cuando la corriente eléctrica circula en todo el sistema y abierto, cuando no circula por él. Para abrir o cerrar el circuito se emplea un interruptor.

Los circuitos eléctricos pueden estar conectados en serie, en paralelo o en forma mixta.

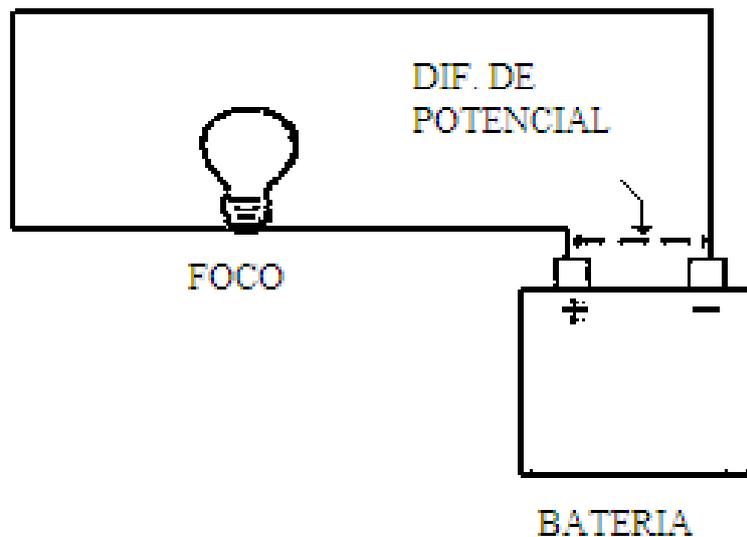


Figura 1.4. Circuito eléctrico

1.5 Potencia eléctrica.

Siempre que una carga eléctrica se mueve en un circuito a través de un conductor realiza un trabajo, mismo que se consume generalmente en calentar el circuito o hacer girar un motor. Cuando se desea conocer la rapidez con que se realiza un trabajo, se determina la potencia eléctrica. Por definición: la potencia eléctrica es la rapidez con que se realiza un trabajo; también se interpreta como la energía que consume una máquina o cualquier dispositivo eléctrico en un segundo. Como se muestra en la figura 1.5, donde tenemos nuestra fuente de energía, la corriente, y el consumidor de energía.

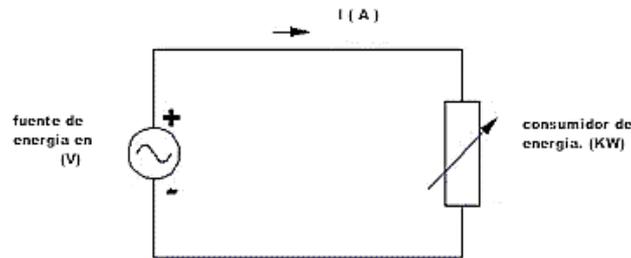


Figura 1.5 Potencia eléctrica

La potencia se mide en joule por segundo (**J/seg.**) y se representa con la letra “**P**”.

Un **J/seg** equivale a **1 watt (W)**, por tanto, cuando se consume 1 joule de potencia en un segundo, estamos gastando o consumiendo 1 watt de energía eléctrica.

La unidad de medida de la potencia eléctrica “**P**” es el “**watt**”, y se representa con la letra “**W**”.

Usando la relación de Ohm, se puede determinar la potencia eléctrica en función de la resistencia y cualquiera de las variables eléctricas.

1.- $P=VI$

2.- $P = I^2R$

3.- $P = \frac{v^2}{R}$

¿Qué potencia eléctrica desarrolla una parrilla que recibe una diferencia de potencial de 120V y por su resistencia circula una corriente de 6 A?

Usando la formula número 1) tenemos:

$$P = VI$$

$$P = (120V)(6A) = 720W$$

CAPÍTULO II.

PROPIEDADES GENERALES DE LOS MATERIALES CONDUCTORES.

Los mejores conductores de la corriente eléctrica son los metales, porque ceden más fácil que otros materiales los electrones que giran en la última órbita de sus átomos (la más alejada del núcleo). Sin embargo, no todos los metales son buenos conductores, pues existen otros que, por el contrario, ofrecen gran resistencia al paso de la corriente y por ello se emplean como resistencia eléctrica para producir calor. Un ejemplo de un metal que se comporta de esa forma es el alambre nicromo (NiCr).

El más utilizado de todos los metales en cualquier tipo de circuito eléctrico es el cobre, ver fig. 2.1 (Cu), por ser relativamente barato y buen conductor de la electricidad, al igual que el aluminio (Al). Sin embargo, los mejores metales conductores son el oro (Au) y la plata (Ag), aunque ambos se utilizan muy limitadamente por su alto costo.

El oro se emplea en forma de hilo muy fino para unir los contactos de los chips de circuitos integrados, microprocesadores a los contactos que los unen con las patillas exteriores de esos elementos electrónicos, mientras que la plata se utiliza para revestir los contactos eléctricos de algunos tipos de relés diseñados para interrumpir el flujo de grandes cargas de corriente en Amper.

El aluminio, por su parte, se emplea para fabricar cables gruesos, sin forro. Este tipo de cable se coloca, generalmente, a la intemperie, colgado de grandes aislantes de porcelana situados en la parte más alta de las torres metálicas destinadas a la distribución de corriente eléctrica de alta tensión.

La mayoría de los conductores que emplean los diferentes dispositivos o aparatos eléctricos poseen un solo hilo de alambre de cobre sólido, o también pueden estar formados por varios hilos más finos, igualmente de cobre. Ambos tipos de conductores se encuentran revestidos con un material aislante, generalmente PVC (cloruro de polivinilo). Mientras mayor sea el área transversal o grosor que tenga un conductor, mejor soportará el paso de la corriente eléctrica, sin llegar a calentarse en exceso o quemarse.

Además de las propiedades (eléctricas, mecánicas y físico-químicas) que cada uno de ellos presenten.



Figura 2.1 Conductor eléctrico de cobre.

2.1 ¿Qué es un conductor eléctrico?

CONDUCTOR ELÉCTRICO: Se le denomina de esta manera a aquel material que oponga poca resistencia al flujo de electricidad. Su forma puede ser variada: alambres, cables, barras rectangulares o circulares, tubos, etc.

La mayoría de los materiales que se encuentran en estado sólido o líquido poseen propiedades de conductividad de energía eléctrica, ya sean algunas en un grado mayor que otros; como los metales que son los mejores conductores, mientras que otras sustancias, como óxidos metálicos, materias fibrosas, sales minerales su conductividad es casi nula. Algunas sustancias tienen una conductividad tan baja, que podemos clasificar como no conductores, y para mencionarlos técnicamente con mayor propiedad como dieléctricos o aislantes.

En general, un conductor eléctrico es un cuerpo cuya constitución es de alta conductividad y que puede ser utilizado para el transporte de energía eléctrica.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, ver figura 2.1.1.

Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno u otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo. Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99,99%.

Dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: duro, semiduro y blando o recocido.

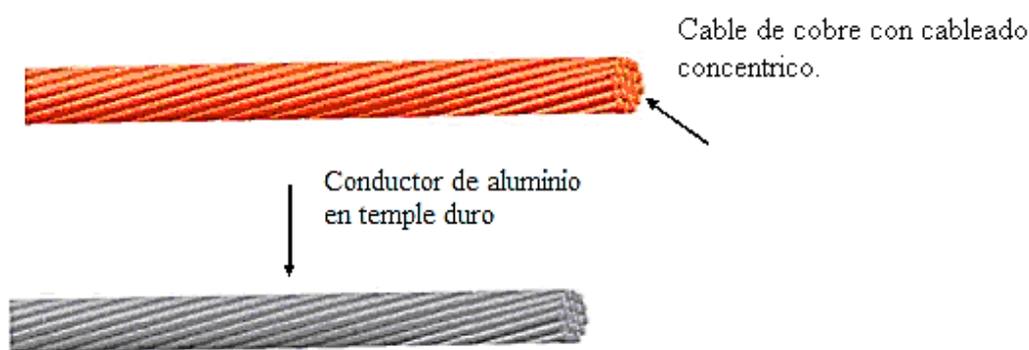


Figura 2.1.1 conductores eléctricos de cobre y aluminio.

2.2 Propiedades Eléctricas.

Describen el comportamiento eléctrico del metal, el cual en muchas ocasiones es más crítico que su comportamiento mecánico, estas son las propiedades:

- Resistencia eléctrica del conductor.
- Variación de la resistencia eléctrica con la temperatura.
- Resistividad eléctrica.
- Conductividad eléctrica.

2.2.1 Resistencia Eléctrica.

Todo conductor eléctrico afecta el paso de una corriente eléctrica en mayor o menor grado determinado por su resistencia, el cual está afectado por los factores siguientes: la naturaleza del conductor, la longitud del conductor, su sección o área transversal y la temperatura.

a) La naturaleza de conductor.

Si tomamos alambres de la misma longitud y sección transversal de los siguientes materiales: plata, cobre, aluminio y hierro, podemos verificar que la plata tiene una menor resistencia y que el hierro es de mayor valor de los cuatro.

b) La longitud del conductor.

A mayor longitud mayor resistencia.

Si se duplica la longitud del alambre, también lo hace su resistencia, fig. 2.2.1.b

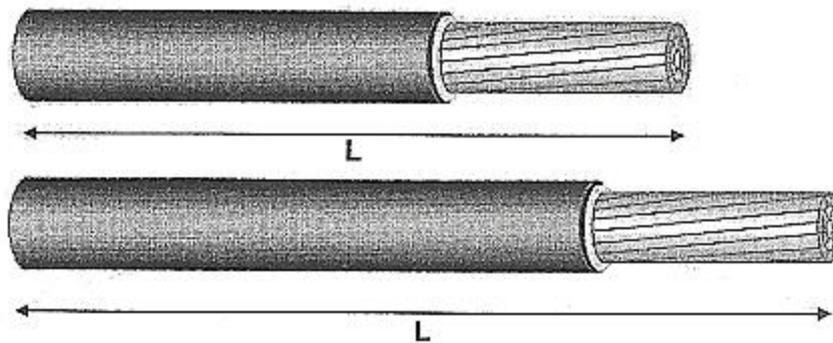


Figura 2.2.1.b) a mayor longitud del conductor eléctrico mayor resistencia

c) Su sección o área transversal

Al duplicarse la superficie de la sección transversal, se reduce la resistencia a la mitad, como se ve en la fig. 2.2.1.c

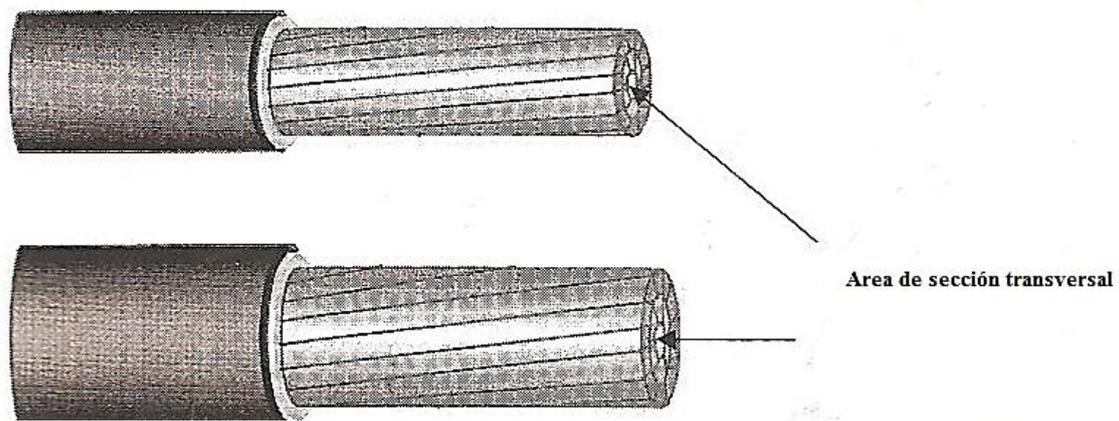


Figura 2.2.1.c) A mayor sección transversal, menor resistencia eléctrica.

d) La Temperatura.

En los casos de los metales su resistencia aumenta casi en forma proporcional a su temperatura.

Los materiales que se encuentran a mayor temperatura tienen mayor resistencia, como se muestra en la fig. 2.2.1.d

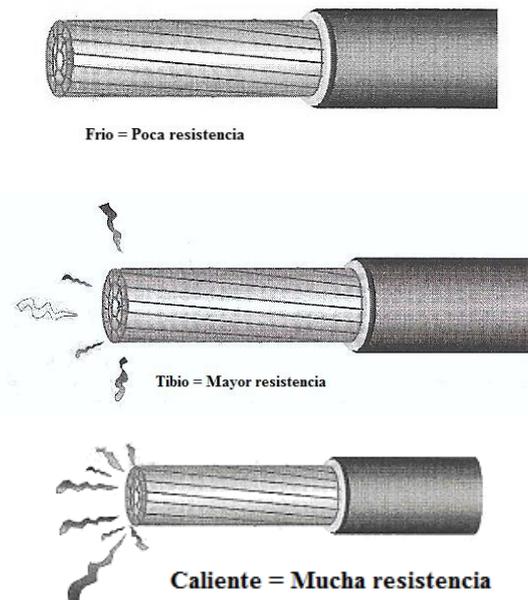


Figura 2.2.1.d) A mayor temperatura mayor resistencia.

La resistencia eléctrica de los conductores varía de acuerdo a la temperatura. Generalmente los datos de las resistencias de los conductores se encuentran dados para una temperatura de 60 °C, por lo que al calcular la resistencia de un conductor a cualquier otra temperatura, ésta debe corregirse mediante la siguiente fórmula:

$$R_T = R_{60} [1 + \alpha (T - 60)]$$

Dónde:

R_T : Resistencia del conductor a la temperatura deseada. (Ω)

T: Temperatura considerada.

α : Coeficiente de corrección de temperatura en Ohms/ $^{\circ}\text{C}$

En el caso del cobre su valor es de 0.00385

2.2.2 Variación De La Resistencia Con La Temperatura.

Experimentalmente se ha demostrado que cuando se desea calcular la resistencia R de un conductor una cierta temperatura t, si se conoce su resistencia R a una temperatura de 0°C , se puede utilizar la expresión:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

Donde:

R_t = resistencia del conductor en ohms (Ω) a cierta temperatura t

R_0 = resistencia del conductor en Ω a 0°C

α = coeficiente de temperatura de la resistencia del material conductor en $^{\circ}\text{C}^{-1}$

t = temperatura del conductor en $^{\circ}\text{C}$

Tabla 2.2.2 Coeficiente de temperatura para algunas sustancias a 0°C .

Sustancia.	α en $^{\circ}\text{C}^{-1}$
Acero.	3.0×10^{-3}
Plata.	3.7×10^{-3}
Cobre.	3.8×10^{-3}
Platino.	3.9×10^{-3}
Hierro.	5.1×10^{-3}
Níquel.	8.8×10^{-3}
Carbón.	-5.0×10^{-4}

Ejemplo: La resistencia de un alambre de cobre es 15Ω a 0°C , calcular su resistencia a 60°C .

Datos.

$$\alpha_{\text{cu}} = 3.8 \times 10^{-3} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$R_0 = 15\Omega$$

$$R_t = ?$$

$$t = 60^{\circ}\text{C}$$

Utilizando la formula $R_t = R_0 (1 + \alpha t)$, tenemos:

$$R_t = 15\Omega (1 + 3.8 \times 10^{-3} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1} \times 60^{\circ}\text{C}) = 18.42\Omega$$

2.2.3 Resistividad Eléctrica.

A la propiedad de un material que indica qué tanto impide el flujo de la corriente se le llama **resistividad**. (ρ) la cual se mide en ohm-metros.

Tabla 2.2.3 de Resistividad de algunas sustancias a 20°C

SUSTANCIA	ρ ($\Omega \cdot m$)
Plata	1.55×10^{-8}
Cobre	1.71×10^{-8}
Oro	2.22×10^{-8}
Aluminio	2.82×10^{-8}
Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$
Diamante.	10^{11}

La resistencia de una porción de material se encuentra a partir de la resistividad del material, así como de las dimensiones geométricas del mismo, como se muestra en la fig.2.2.3.

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

Donde:

R: resistencia del conductor en ohms (Ω)

ρ : resistividad del material de que esta hecho el conductor en $\Omega \cdot m$

L: Longitud del conductor (m)

A: Sección transversal del conductor (m^2)

Si la resistividad ρ es pequeña, la conductividad σ es alta.



Fig. 2.2.3 La resistencia se encuentra a partir de la resistividad del material, así como de sus dimensiones geométricas.

Ejemplo: Determinar la resistencia eléctrica de un alambre de cobre de 2km de longitud y 0.8 mm^2 de área en su sección transversal a 20°C.

Datos:

$$\rho = 1.71 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$$

R=?

$$L = 2\text{km} = 2 \times 10^3$$

$$A = 0.8 \text{ mm}^2 = 0.8 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Sustituyendo en $R = \rho \frac{L}{A}$ tenemos:

$$R = \frac{1.71 \times 10^{-8} \Omega - m \times 2 \times 10^3 m}{0.8 \times 10^{-6} m^2} = 42.75 \Omega$$

2.2.4 Conductividad Eléctrica.

La conductividad eléctrica se define como la capacidad de ciertas sustancias de transmitir la corriente eléctrica. Los sólidos metálicos son buenos conductores de la electricidad ya que en los átomos de los metales hay siempre algún electrón que tiene la tendencia a emigrar porque es periférico y está “débilmente” unido al núcleo, de manera que el enlace metálico hace que exista un flujo de electrones entre sus átomos.

Por ejemplo, el cobre, la plata y el oro son excelentes conductores de electricidad, no así el plástico, la madera, etc., donde no existen los enlaces metálicos.

Y como se sabe, la conductividad es la inversa de la resistividad:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

2.3 Propiedades Mecánicas.

Son aquellas propiedades que expresan el comportamiento de los metales frente a esfuerzos o cargas que tienden a alterar su forma.

- Resistencia.
- Dureza.
- Elasticidad.
- Plasticidad.
- Tenacidad.
- Fragilidad.
- Fluencia.
- Ductilidad.
- Maleabilidad.

2.3.1 Resistencia: Capacidad de soportar una carga externa si el metal debe soportarla sin romperse se denomina carga de rotura y puede producirse por tracción, por compresión, por torsión o por cizallamiento, habrá una resistencia a la rotura (kg/mm²) para cada uno de estos esfuerzos.

2.3.2 Dureza: Propiedad que expresa el grado de deformación permanente que sufre un metal bajo la acción directa de una carga determinada. Los ensayos más importantes para designar la dureza de los metales, son los de penetración, en que se aplica un penetrador (de bola, cono o diamante) sobre la superficie del metal, con una presión y un tiempo determinados, a fin de dejar una huella que depende de la dureza del metal, los métodos más utilizados son los de Brinell, Rockwell y Vickers.

2.3.3 Elasticidad: Capacidad de un material elástico para recobrar su forma al cesar la carga que lo ha deformado. Se llama límite elástico a la carga máxima que puede soportar un metal sin sufrir una deformación permanente.

2.3.4 Plasticidad: Es la propiedad que tiene un material para adquirir una gran deformación permanente sin ruptura.

2.3.5 Tenacidad: Resistencia a la rotura por esfuerzos de impacto que deforman el metal. La tenacidad requiere la existencia de resistencia y plasticidad.

2.3.6 Fragilidad: Propiedad que expresa falta de plasticidad, y por tanto, de tenacidad. Los materiales frágiles se rompen en el límite elástico, es decir su rotura se produce espontáneamente al rebasar la carga correspondiente al límite elástico.

2.3.7 Fluencia: Propiedad de algunos metales de deformarse lenta y espontáneamente bajo la acción de su propio peso o de cargas muy pequeñas. Esta deformación lenta, se denomina también creep.

2.3.8 Ductilidad: La ductilidad es la propiedad de los metales para formar alambres o hilos de diferentes grosores. Los metales se caracterizan por su elevada ductilidad, la que se explica porque los átomos de los metales se disponen de manera tal que es posible que se deslicen unos sobre otros y por eso se pueden estirar sin romperse.

2.3.9 Maleabilidad: La maleabilidad es la característica que tiene un material para deformarse antes de fracturarse. Esta es una característica muy importante en el diseño de estructuras, puesto que un material maleable es usualmente también muy resistente a cargas de impacto (pesos y fuerzas). Un material maleable tiene, además, la ventaja de “avisar” cuando va a ocurrir la fractura, al hacerse visible su gran deformación. También se dice que la maleabilidad es la capacidad de un material para formar láminas. Los metales son muy maleables porque la disposición de sus átomos hace que al golpearlos se deslicen unos sobre otros sin romperse, a diferencia de los no metales que son rígidos.

2.4 Propiedades Físico-Químicas

Un conductor se ve sujeto a ataques por agentes químicos que pueden ser diversos y que dependen de los contaminantes que se encuentran en el lugar de la instalación.

Las **propiedades físicas** dependen del tipo de aleación y las más importantes son:

- Peso específico y densidad.
- Calor específico
- Calor y temperatura de fusión.
- Conductibilidad.
- Coeficiente de dilatación lineal.

2.4.1. PESO ESPECÍFICO Y DENSIDAD.

Peso específico.

El peso específico se divide en peso específico absoluto y peso específico relativo.

- a) peso específico absoluto de un cuerpo, es lo que pesa su unidad de volumen; depende del peso atómico (que es invariable para cada cuerpo).
- b) Peso específico relativo de un cuerpo, es la relación que existe entre el peso de un volumen de dicho cuerpo y el de un volumen igual de otro que se toma como tipo de comparación.

Su expresión matemática es:

$$Pe = \frac{P}{V}$$

Donde:

Pe= peso específico de la sustancia en N/ m³

P = peso de la sustancia en newtons (N)

V= volumen que ocupa en metros cúbicos (m³)

Densidad.

La densidad se divide en absoluta y relativa.

- a) Densidad absoluta de un cuerpo, a la masa del mismo contenido en la unidad de volumen.
- b) Densidad relativa es una relación que existe entre la densidad absoluta de un cuerpo y la de otro que se toma como tipo de comparación.

Su expresión:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ = densidad en Kg/m³

m = masa en Kg

v = volumen en m³

2.4.2 La Capacidad De Calor Específico.

Calor específico. También llamado capacidad calorífica de un cuerpo, es la cantidad de calor que necesita un gramo de una sustancia para elevar su temperatura un grado Celsius.

$$Ce = \frac{C}{m}, \text{ como } C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$C_e = \frac{\Delta Q}{m\Delta T} \therefore Q = mC_e\Delta T$$

El calor específico se mide siempre a partir de una temperatura dada. Al aumentar la temperatura, el calor específico también aumenta, siendo marcadamente crecido al aproximarse al punto de fusión.

2.4.3 Calor Y Temperatura De Fusión.

Para que un sólido pase al estado líquido debe absorber la energía necesaria a fin de destruir las uniones entre sus moléculas. Por lo tanto mientras dura la fusión no aumenta la temperatura.

El calor de fusión es una propiedad característica de cada sustancia, pues según el material de que este hecho el sólido requerirá cierta cantidad de calor para fundirse. Por definición: el calor latente de fusión de una sustancia es la cantidad de calor que requiere esta para cambiar 1g de sólido a 1g de líquido sin variar su temperatura.

$$\lambda_f = \frac{Q}{m} \therefore Q = m\lambda_f$$

Donde:

λ_f = calor latente de fusión en cal/g

Q = calor suministrado en calorías (cal)

m = masa de la sustancia en gramos (g)

2.4.4 Conductividad Térmica-Conductibilidad.

La conductividad térmica mide qué tan fácil es el transporte de una corriente térmica, esto es, de un flujo de calor. Cuando en un material existen presentes electrones libres, éstos participarán activamente en la conducción de calor. Sin embargo, el flujo de calor puede establecerse por medio de otros procesos. Por ejemplo, en un sólido el calor puede transportarse a través de las vibraciones de los átomos en sus posiciones de equilibrio. De una u otra forma, si el material permite que se establezca un flujo de calor se dice que es un conductor térmico. Si, por el contrario, este flujo es muy difícil de establecer se dice que el material es un aislante térmico.

2.4.5 Coeficiente De Dilatación Lineal.

Es el incremento de longitud que presenta una varilla de determinada sustancia, con un largo inicial de un metro, cuando su temperatura se eleva un grado Celsius.

Por ejemplo: una varilla de aluminio de un metro de longitud aumenta 0.0000224 metros (22.4×10^{-6} m) al elevar su temperatura 1°C. A este incremento se le llama coeficiente de dilatación lineal y se representa con la letra griega alfa (α).

Algunos coeficientes de dilatación lineal de diferentes sustancias se dan en el cuadro 2.4.5

Tabla 2.4.5 Coeficientes de dilatación lineal.

Sustancia.	α (1/°C)
Hierro.	11.7×10^{-6}
Aluminio.	22.4×10^{-6}
Cobre.	16.7×10^{-6}
Plata.	18.3×10^{-6}
Plomo.	27.3×10^{-6}
Níquel.	12.5×10^{-6}
Acero.	11.5×10^{-6}
Zinc.	35.4×10^{-6}
Vidrio.	7.3×10^{-6}

Para calcular el coeficiente de dilatación lineal se emplea la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{L_f - L_0}{L_0(T_f - T_0)}$$

Donde:

α = Coeficiente de dilatación lineal en 1/°C o en °C⁻¹.

L_f = longitud final medida en metros (m).

L_0 = Longitud inicial expresada en metros (m).

T_f = temperatura final medida en grados Celsius (°C).

T_0 = temperatura inicial expresada en grados Celsius (°C).

Si conocemos el coeficiente de dilatación lineal de una sustancia y queremos calcular la longitud final que tendrá un cuerpo al variar su temperatura, despejamos la longitud final de la ecuación anterior.

$$L_f = L_0 [1 + \alpha (T_f - T_0)]$$

Ejemplo.

¿Cuál es la longitud de un cable de cobre al disminuir la temperatura a 14°C, si con una temperatura de 42°C mide 416m?

Datos.

$L_f = ?$

$T_f = 14^\circ\text{C}$

$T_0 = 42^\circ\text{C}$

$L_0 = 416\text{m}$

$\alpha_{\text{Cu}} = 16.7 \times 10^{-6}$

Sustituyendo los datos en la fórmula $L_f = L_0 [1 + \alpha (T_f - T_0)]$

$$L_f = 416\text{m} [1 + 0.0000167^\circ\text{C}^{-1} (14^\circ\text{C} - 42^\circ\text{C})] = 415.80547\text{m}$$

Se obtiene 0.19452m.

2.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES CONDUCTORES.

- El cobre.
- El aluminio.

2.5.1 El Cobre.

Propiedades:

- El cobre es un metal de color rojo
- dúctil
- maleable
- tenaz, de manera que se puede estirar en hilos finos y extender en láminas muy delgadas.
- Después de la plata, es el metal que conduce mejor el calor y la corriente eléctrica.
- Permite la recuperación de metales de aleaciones.

- Resiste a la oxidación y la corrosión
- tiene una resistencia mecánica adecuada

El trabajo en frío aumenta la resistencia mecánica del cobre de manera notable; disminuye la conductividad, pero muy poco. Así el cobre recocido tiene una carga de ruptura de 2,250 a 2,810Kg/cm² y una conductividad de 100% IACS. El alambre de cobre duro estirado tiene una carga de ruptura de 3,445 a 4,710 Kg/cm² y conductividad de 97,3 IACS.

IACS. International Annealed Copper Standard (Norma internacional para cobre recocido).

Características eléctricas del cobre recocido.

Conductividad a 20°C-----	100% IACS
Resistividad (en volumen) a 20°C-----	$\frac{1}{58} = 0.017241\Omega/m/mm^2$
Resistividad (en masa) a 20°C-----	0.15328Ω/m/g
Densidad a 20°C-----	8.89
σ_0 -----	$\frac{1}{234.5} = 0.00427$
σ_{20} -----	$\frac{1}{254.5} = 0.00393$

Características eléctricas del cobre duro estirado en frío.

Conductividad a 20°C-----	97.3% IACS
Resistividad (en volumen) a 20°C-----	0.01772Ω/m/mm ²
Resistividad (en masa) a 20°C-----	0.16742Ω/m/g
Densidad a 20°C-----	8.89
σ_0 -----	$\frac{1}{241.5} = 0.00414$

$$\sigma_{20} \text{-----} \frac{1}{261.5} = 0.00382$$

Aplicaciones:

Sus principales aplicaciones es la de conductor eléctrico, pero también se utiliza en la construcción de calderas, alambiques y concentradores.



Figura 2.5.1. Conductores Eléctricos de Cobre

2.5.2 Aluminio.

- Metal ligero.
- Resistente a la corrosión
- Resistente al impacto.
- Se puede laminar e hilar.
- Buen conductor de electricidad y calor.
- No es magnético ni toxico.
- impermeable e inodoro.
- Reciclable.
- pesa casi exactamente el 50% de un conductor de cobre que tenga la misma capacidad de conducción de corriente.
- tiene alrededor del 70% de la carga de ruptura de dicho conductor de cobre.
- Dúctil.
- Maleable.

Características eléctricas del aluminio duro, estirado.

Conductividad a 20°C-----61% IACS

Resistividad (en volumen) a 20°C-----0.02828Ω/ m/ mm²

Resistividad (en masa) a 20°C-----0.0765Ω/m/g

Densidad a 20°C-----2.703

$$\sigma_0 \text{-----} \frac{1}{228.1} = 0.00438$$

$$\sigma_{20} \text{-----} \frac{1}{248.1} = 0.00403$$

Aplicaciones.

Se emplea en construcción en partes de vehículos, de aviones y utensilios domésticos. En el sector de electricidad y de comunicación.

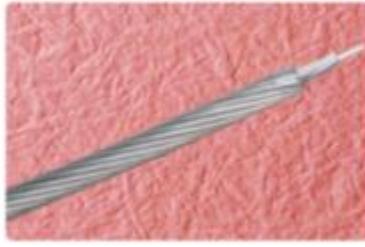


Figura 2.5.2 Conductor Eléctrico de Aluminio

2.6 Características Especiales De Los Materiales Conductores.

- Resistencia de contacto entre materiales conductores.
- Flujo de corriente eléctrica sin resistencia. (Superconductividad).

2.6.1 Resistencia De Contacto Entre Materiales Conductores.

En la práctica de la utilización de la energía eléctrica se presenta frecuentemente el caso de unir entre sí dos o más cuerpos conductores. Ello se hace por simple presión, juntando las dos superficies y apretándolas con una pieza especial (tornillo, etc.), o por soldado, interponiendo una sustancia blanda en estado líquido, que al solidificarse efectúa una unión perfecta.

Cuando se unen por contacto dos piezas conductoras, con el objeto de posibilitar el paso de corriente, cualquiera que sea la presión que se ejerce siempre habrá una separación, debido a la imperfección superficial, pues sabemos que la materia no tiene estructura continua sino que tiene espacios vacíos intermoleculares del orden de 0.001μ .

Si se toman dos caras planas de dos trozos de metal, y se les aproxima una a la otra, el pasaje de corriente se hace por los puntos de contacto y no por los espacios vacíos. La sección del pasaje no es igual a la superficie de la cara enfrentada de los dos trozos. Esta circunstancia ha movido a considerar una cierta resistencia de contacto, que tiene en cuenta la reducción de sección, de modo que se supone llena la sección y se reemplaza el efecto producido, por una resistencia intercalada en el punto de unión, que se llama resistencia de contacto.

En baja tensión las corrientes elevadas circulando a través de los contactos pueden producir calentamiento y deterioro de los mismos.

Es lógico que la resistencia de contacto obra oponiéndose al pasaje de la corriente, aumentando la resistencia eléctrica propia de los conductores que intervienen, razón por la que se debe definir para las uniones de contacto un valor de resistencia de contacto, que depende de muchos factores, entre los cuales se pueden señalar:

- Presión del contacto (depende del tipo, forma y accesorios del contacto)
- Composición de las piezas en contacto (deben ser químicamente iguales o parecidas)
- Forma y sección de las piezas en contacto

➤ Naturaleza del medio ambiente

La plata, cobre y sus aleaciones dan bajos valores de resistencia de contacto, mientras que el aluminio da valores de resistencia que tienen tendencia a incrementarse con el tiempo por la producción de óxido de elevada resistencia eléctrica.

Si los elementos de contacto son químicamente diferentes se produce una diferencia de potencial (efecto volta), lo que puede en presencia de agua (humedad) producir electrólisis y consecuentemente ataque químico, que a su vez aumenta la resistencia produciendo un efecto progresivo de graves consecuencias (especialmente Cu-Al). Este fenómeno se incrementa aún más a temperaturas elevadas.

Una forma de reducir la resistencia de contacto a valores mínimos es utilizar un metal fundido, que llene los espacios vacíos, esto es lo que se denomina; soldadura, y se emplea para tal fin el estaño, el plomo o una mezcla de ambos, etc. Al solidificarse dicha sustancia quedan unidas rígidamente las dos piezas y el camino de la corriente eléctrica se realiza sin dificultad. Es obvio que el material de soldadura debe ser un buen conductor de la electricidad.

2.6.2 Flujo De Corriente Eléctrica Sin Resistencia. (Superconductividad).

La superconductividad es una propiedad característica de los metales y algunas aleaciones que pierden su resistencia eléctrica cuando son enfriados a temperaturas muy próximas al cero absoluto (-273°C). Si hacemos bajar la temperatura de un conductor o un superconductor, llega un momento en que su resistencia eléctrica baja bruscamente y es prácticamente nula. En 1911 Kamerling Onnes encontró, que si el mercurio se enfría por debajo de 4,1 K, pierde toda resistencia eléctrica.

La temperatura crítica para los superconductores es la temperatura a la que la resistencia eléctrica de un metal se reduce a cero.

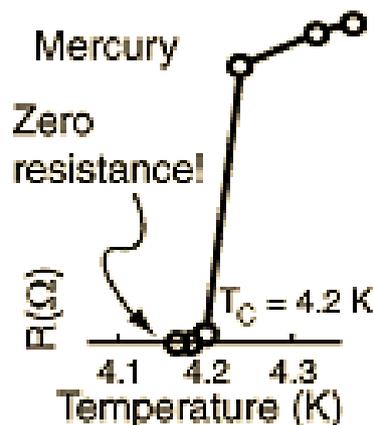


Fig. 2.6.2 La resistencia eléctrica del mercurio cae a cero, cuando se enfría por debajo de la temperatura crítica (T_c).

Características:

- Resistencia eléctrica nula.
- Alta conductividad.
- Capacidad de repeler un campo magnético (actuando como material diamagnético)*.

(*) Esto fue llamado más tarde como efecto de Meissner y se ha descubierto que es tan fuerte que puede hacer levitar a un imán colocado sobre un material superconductor

Algunos Superconductores:

Los superconductores típicos son:

Cinc, galio, titanio, cadmio, mercurio, plomo, estaño y niobio.

Se presenta igualmente en diversos compuestos químicos, de entre los cuales podemos mencionar los:

Carburos, nitruros, siliciuros y en ciertos compuestos intermetálicos. En el caso de estos compuestos, uno de los constituyentes es habitualmente un superconductor en estado puro.

Tipos de Superconductores:

Conductores I y II

Superconductores tipo I

En realidad un material superconductor de tipo I es perfectamente diamagnético. Esto hace que no permita que penetre el campo, lo que se conoce como efecto Meissner. Lo cual conlleva un esfuerzo energético alto, e implica la ruptura brusca del estado superconductor si se supera la temperatura crítica.

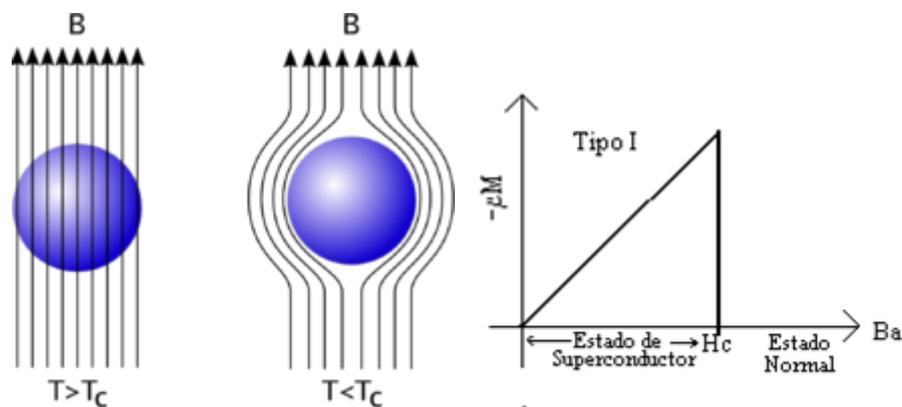


Figura 2.6.3. Superconductores tipo I

Superconductores tipo II

Cuando a un superconductor de tipo II le aplicamos un campo magnético externo débil lo repele perfectamente. Si lo aumentamos, el sistema se vuelve inestable y prefiere introducir vórtices para disminuir su energía. Cuando el campo es suficientemente alto, el número de defectos es tan alto que el material deja de ser superconductor. Éste es el

campo crítico que hace que un material deje de ser superconductor y que depende de la temperatura.

Superconductores imperfectos en el sentido en que el campo realmente penetra a través de pequeñas canalizaciones denominadas vórtices de Abrikosow o fluxones.

Los superconductores de tipo II son generalmente aleaciones o metales de transición. Aquí podemos ver que existen valores H_{c1} y H_{c2} entre los cuales se dice que hay un “Efecto Meissner Incompleto” y se dice que está en “estado Vórtice”. Aplicando un campo menor a H_{c1} el efecto Meissner es completo y sobre el campo H_{c2} está en estado normal.

(T_c) Temperatura crítica

(H_c) Campo Magnético crítico

El nombre “crítico” viene de que si se aplica una temperatura $T < T_c$ y un campo magnético.

$H < H_c$ el material pasa a ser un superconductor.

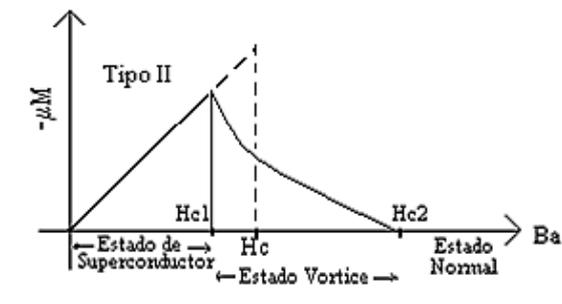


Figura 2.6.4. Superconductor tipo II

APLICACIONES:

Los imanes superconductores son algunos de los electroimanes más poderosos conocidos. Se utilizan en los trenes maglev, en máquinas para la resonancia magnética nuclear en hospitales y en el direccionamiento del haz de un acelerador de partículas. También pueden utilizarse para la separación magnética, en donde partículas magnéticas débiles se extraen de un fondo de partículas menos o no magnéticas, como en las industrias de pigmentos.

Actualmente, ya se aplican los materiales superconductores en máquinas eléctricas, conmutación y en líneas de alta tensión. Los materiales superconductores evitan las pérdidas por efecto Joule y permiten construir generadores eléctricos varias veces menores en tamaño a los convencionales.

Este fenómeno no se manifiesta en los metales monovalentes, ni en aquellos que presenten propiedades ferromagnéticas o antiferromagnéticas.

CAPÍTULO III

ELEMENTOS DEL CONDUCTOR ELÉCTRICO.

Son tres:

- El alma o elemento conductor.
- El aislamiento.
- Cubiertas protectoras.

3.1 El Alma O Elemento Conductor.

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.).

De la forma como este constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:

- Según su constitución.

Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor, como se muestra en la figura 3.1.1.



Figura 3.1.1. Conductor eléctrico formado por un solo elemento.

Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

Cable: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad, como se muestra en la figura 3.1.2.



Figura 3.1.2. Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores.

- Según el número de conductores.

Monoconductor. Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislamiento y con o sin cubierta protectora, como se ve en la figura 3.1.3.

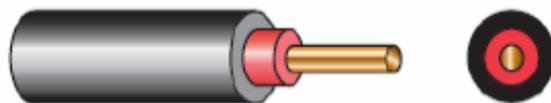


Figura 3.1.3. Monoconductor

Multiconductor. Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislamiento y con una o más cubiertas protectoras comunes, como se muestra en la figura 3.1.4.

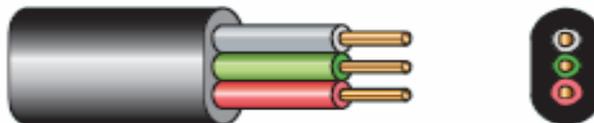


Figura 3.1.4. Multiconductor.

3.2 El Aislamiento.

El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí, como se ve en la figura 3.2.1.



Figura 3.2.1. Se muestra el aislamiento del conductor.

Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neoprén y el nylon. Actualmente son fabricados con aislantes de tipo termoplástico (T) con distintas denominaciones comerciales según el tipo de fabricante, siendo los más conocidos por ser a prueba de agua entre otras propiedades los siguientes: TW, Vinanel 900, Vinanel Nylon, Vulcanel EP, Vulcanel XLP, THWN, RUW, TWD, THW, PILC, V, RHH.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislación integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez.

Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

- Características importantes:

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

3.3 Cubiertas Protectoras.

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad del aislamiento y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc. como se muestra en la figura 3.3.1.

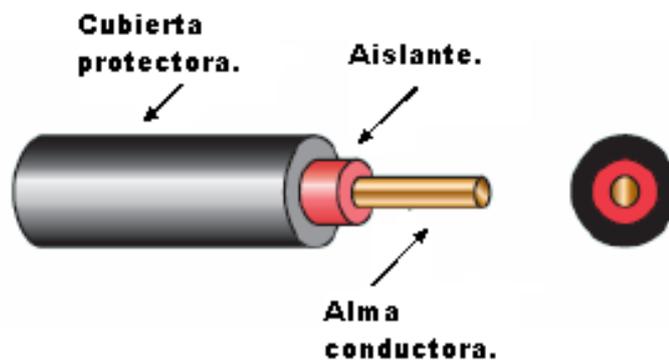


Figura 3.3.1. Cubierta protectora del conductor eléctrico

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura» La «armadura» puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados.

Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina «pantalla» o «blindaje».

➤ Principales usos:

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

3.4 Tamaño Del Conductor.

- Los conductores: tanto cables como alambres, se identifican por un número, al cual se le conoce como calibre. Normalmente se sigue el sistema de designación americano AWG (American Wire Gage). El calibre AWG más grueso es el 4/0. Siguiendo en orden descendente los calibres son los siguientes: 3/0, 2/0, 1/0, 2, 4, 6, 8, 10, 12,...,20.
- Para conductores cuya sección transversal es mayor al 4/0, la unidad de medida es el Circular Mil. Esta medida se encuentra dada en función al área de la sección transversal del conductor en pulgadas cuadradas.

- Se denomina Circular Mil a la sección de un círculo que tiene un diámetro de una milésima de pulgada.
- Al ser 1 pulgada = 2.54 cm.

$$1\text{CM} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14(0.0254)^2}{4} = 5.07 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

$$1\text{mm}^2 = \frac{1}{5.07 \times 10^{-4}} = 1974 \text{ CM} \approx 2000 \text{ CM}$$

En la siguiente tabla 1 se indica el tamaño nominal mínimo de los conductores permitidos en la NOM-001-SEDE.

(Tabla 310-5) Tamaño nominal mínimo de los conductores.

TENSIÓN ELÉCTRICA MÍNIMA DEL CONDUCTOR (v)	TAMAÑO NOMINAL MÍNIMO DEL CONDUCTOR	
	mm ² (AWG)	MATERIAL
De 0 a 2000	2,082 (14)	Cobre
	13,3 (6)	Aluminio
De 2001 a 5000	8,367 (8)	Cobre
	13,3 (6)	Aluminio
De 5001 a 8000	13,3 (6)	Cu, Al
De 8001 a 15000	33,62 (2)	Cu, Al
De 15001 a 25000	42,41 (1)	Cu, Al
De 28001 a 35 000	53,48 (1/0)	Cu, Al

Calibres AWG o C.M.

1.- Para calcular el calibre AWG y C.M. de un cable concéntrico normal existen diferentes formas que son:

a) Se mide el diámetro de un hilo componente, con este diámetro se calcula la sección transversal de ese hilo y se multiplica por el número total de hilos componentes;

obteniendo un área total, se despeja el diámetro de la fórmula de área $\left(A = \frac{\pi D^2}{4} \right)$ para

obtener el diámetro total del cable y si este valor obtenido es menor o igual a 11.684mm, se aplica la fórmula para calcular AWG, pero si el valor obtenido es mayor de 11.684mm, no hay AWG y el calibre solo existe en C.M. ó M.C.M.

b) Otra forma de calcular su calibre AWG es: midiendo el diámetro del cable teniendo cuidado de que no existan intersticios entre estos y si el diámetro es igual o menor de 11.684mm, se aplica la fórmula para AWG, y si el diámetro obtenido es mayor que este valor, no hay AWG y el calibre es C.M.

2.- Para calcular el calibre AWG o C.M de un cable concéntrico compacto solo se mide el diámetro total y se aplica el criterio de inciso b), o sea se toma el diámetro total como si fuera una barra sólida.

3.- Para encontrar el calibre AWG o C.M de un cable anular (con el centro de aceite, dieléctrico sólido) se mide el diámetro de un hilo y se aplica concepto del inciso b).

3.5 ¿Por Qué El Cobre?

Hay muchas razones técnicas que respaldan el uso del cobre como material para los conductores eléctricos, pero la principal es la confiabilidad probada que este posee.

Las razones de éxito que ha tenido el cobre se basan en su conductibilidad eléctrica y sus propiedades mecánicas, puesto que su capacidad de conducción de corriente lo convierte en el más eficiente conductor eléctrico, en términos económicos.

En casas y oficinas, el cobre se utiliza por razones prácticas. Los terminales de conexión como para enchufes hechos de aluminio serían mucho más grandes, lo que resultaría muy poco práctico. Los cables también serían más gruesos y se necesitarían ductos o bandejas más grandes. Además, como los cables de cobre son hechos por un número importante de finos hilos de ese material, son altamente flexibles y fáciles de pasar a través de los ductos.

Existe otra razón del porqué se prefiere el cobre en los edificios, y es que éste permite que un alambre y un Terminal de prensa puedan ser conexiónados sin deformaciones del conductor, situación que es altamente conveniente. Estas conexiones no pueden ser hechas en alambres de aluminio. Bajo la presión del tornillo, el aluminio podría dilatarse, disminuyendo su área activa, lo que deriva en una conexión debilitada, con gran riesgo de sobre temperatura y la probabilidad del fuego asociado.

El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo. Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos, fig. 3.5.1

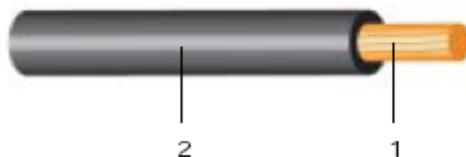


Figura 3.5.1. Conductor eléctrico de cobre

1. Conductor de cobre
2. Aislamiento de XLP negro

3.6 Formación Del Conductor. (Clase De Cableado).

Los conductores de cobre pueden construirse de diversas formas, denominadas clases de cableado, que se caracterizan por el número de hilos o filamentos que componen el conductor desnudo o sin aislar, y se denomina cuerda. Para un mismo calibre se puede fabricar el conductor desnudo en diferentes clases de cableado, las cuales determinan en gran parte, la flexibilidad del mismo.

Cuando un conductor está constituido por un solo alambre se dice que es sólido, porque no hay espacios de aire en la circunferencia que describe el conductor; en este caso la flexibilidad es la menor de las posibilidades y solo depende del temple del cable. Para otras clases de cableado y a medida que se aumenta el número de hilos o filamentos que componen el conductor, la flexibilidad aumenta. En el tema siguiente se verá a detalle la flexibilidad del conductor eléctrico.

Debe tenerse en cuenta que para un mismo calibre aunque se construya en diferentes clases de cableado, el área transversal y por consiguiente, el parámetro más importante, que es la resistencia eléctrica, se mantienen iguales, en otras palabras, la flexibilidad no aumenta ni disminuye la capacidad de conducción de corriente de un cable.

Clasificación de los conductores por sección.

Los conductores se han dividido en cuatro clases, 1, 2, 5 y 6. Los conductores de las clases 1 y 2 se destinan a la construcción de cables aislados para instalaciones fijas. Las clases 5 y 6 se utilizan en cables flexibles, pero también pueden utilizarse en instalaciones fijas.

- Clase 1: Conductores de un solo alambre
- Clase 2: Conductores de varios alambres cableados
- Clase 5: Conductores flexibles
- Clase 6: Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos o de varios multiconductores.

3.7 Factores En La Selección De Los Conductores.

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

- Material.
- Flexibilidad.
- Forma.
- Dimensiones.

3.7.1 Material.

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

En la tabla (2) se muestran en forma general las propiedades de los conductores de cobre suave y de aluminio $\frac{3}{4}$ de duro.

Tabla 2. Característica de los metales

CARACTERÍSTICAS	COBRE SUAVE	ALUMINIO $\frac{3}{4}$ DURO
Grado de pureza, %	>99.9	>99.5
Resistividad a 20°C, ohm-mm ² /m	17.241 x 10 ⁻³	28.264 x 10 ⁻³
Coefficiente de la variación de la resistividad eléctrica a 20°C, por cada 20°C.	3.93 x 10 ⁻³	4.03 x 10 ⁻³
Densidad a 20°C, g/cm ³	8.89	2.70
Coefficiente de dilatación lineal a 20°C, por cada 20°C	17 x 10 ⁻⁶	23 x 10 ⁻⁶
Carga de ruptura, MPA	230 a 250	120 a 150
Alargamiento a la ruptura, %	20 a 40	1 a 4
Temperatura de fusión, °C	1080	660

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

En la tabla N° 3 se comparan algunas de las características más importantes en conductores fabricados de cobre y aluminio.

Tabla.3 Comparación de características entre cobre y aluminio.

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

3.7.2 Flexibilidad.

La flexibilidad de un conductor se logra de dos maneras, recociendo el material para suavizarlo o aumentando el número de hebras que lo forman.

La operación de reunir varios conductores se denomina cableado y da lugar a diferentes Flexibilidades, de acuerdo con el número de hebras que lo forman, el peso o longitud del torcido de agrupación y el tipo de cable.

En la tabla 3.7.2 Se detalla la flexibilidad según las necesidades.

Tabla 3.7.2 Clases de Flexibilidad en Cableado.

Clase.	Aplicaciones.	Clase.	Aplicaciones.
AA	Cable desnudo para líneas aéreas.	J	Cordón para artefactos eléctricos.
A	Cable aislado tipo intemperie ó cables desnudos que requieren mayor flexibilidad que la clase AA.	K	Cables portátiles para soldadores.
B	Cables aislados con diferentes materiales (papel, hule, plástico).	L	Cordones portátiles para artefactos pequeños que requieren mayor flexibilidad que las clases anteriores.
C y D	Cables aislados que requieren mayor flexibilidad que la clase B.	M	Cables para calentadores, lámparas, soldadoras, etc.
G	Cables portátiles con aislamientos de hule para alimentación de aparatos o similares.	O	Cordones pequeños para calentadores con más flexibilidad que los anteriores.
H	Cables y cordones con aislamientos de hule que requieren mucha flexibilidad,(por ejemplo, cables que tengan que enrollarse y desenrollarse continuamente y se usen para pasar en poleas y cables).	P	Cordones más flexibles que los anteriores.
I	Para aparatos especiales.	Q	Cordones para ventiladores oscilantes, flexibilidad máxima.

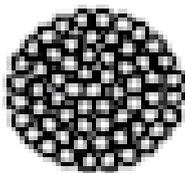
Como se ve, en la tabla anterior las letras que representan la clase de cableado las primeras letras del alfabeto se utilizan para designar las cuerdas o los alambres más rígidos, y los últimos para más flexibles.

3.7.3 Forma.

La forma del cableado depende del uso que se le dé, algunos de estos son:

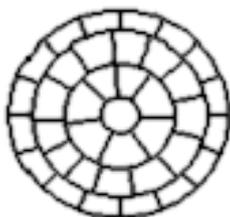
- 1.- Concéntrico normal o redondo.
- 2.- Concéntrico compacto o compactado.
- 3.- Sectorial o segmental
- 4.- Segmental.
- 5.- Conductor anular.
- 6.- Conductor para alambrar tableros o de control.
- 7.- Conductor duplex.
- 8.- Conductor uso rudo.
- 9.- Conductor coaxial.
- 10.- Conductor telefónico.
- 11.- Cordón flexible para uso doméstico.

1.- El conductor concéntrico circular está constituido por alambres trenzados helicoidalmente en capas concéntricas. Estos se utilizan en cualquier tipo de aislamiento y se emplean para clases AA, A, B, C y D.



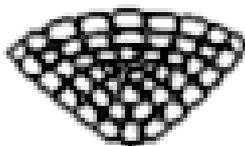
1. Concéntrico circular.

2.- El conductor circular compacto consiste en un conductor concéntrico que ha sido comprimido con objeto de eliminar los espacios entre los alambres que forman el cable, con lo que se logra una disminución del diámetro del conductor, sin reducir el área del material conductor.



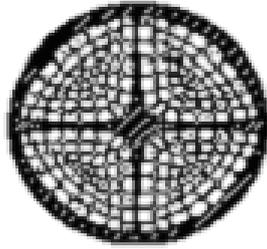
2. Circular compacto.

3.- Los conductores sectoriales se obtienen comprimiendo un conductor concéntrico circular, de manera que la sección se deforme tomando la forma de un sector de círculo. Aislando cada conductor puede obtenerse un cable polifásico de menor diámetro exterior que el construido por conductores concéntricos circulares.



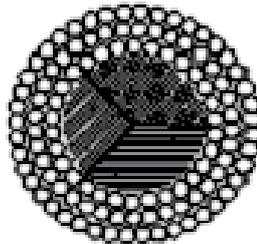
3. Sectorial

4.- Los conductores segmentales se usan en cables monofásicos para intensidades de corriente muy elevadas. Cada conductor está formado de tres o cuatro conductores sectoriales, separados eléctricamente por una pequeña capa de aislamiento. Debido a la forma de construcción de los conductores sectoriales a partir de conductores concéntricos circulares, los alambres de las capas exteriores de cada sector van variando de posición en el conductor segmental total, ocupando unas veces una posición central y después una posición periférica.



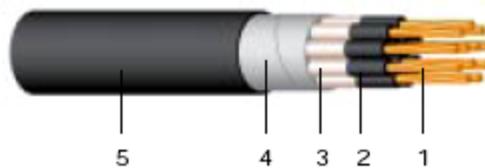
4. Segmental.

5.- Los conductores anulares consisten en alambres trenzados helicoidalmente, en capas concéntricas, sobre un núcleo que puede ser una hélice metálica, en cuyo caso queda un conductor interior, o sobre un núcleo formado por un cable de yute o de otra fibra. Esta construcción disminuye el efecto superficial y por lo tanto la resistencia efectiva.



5. Anular.

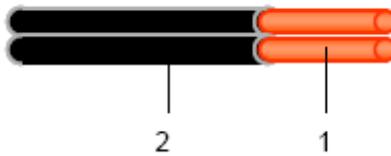
6.- Conductor de control o alambrado de tableros. Estos conductores con hilos concéntricos normales y dependiendo de la flexibilidad que se requiera es el número de hilos que debe tener, así como el número de cables que se requieran.



6. Conductor de control o alambrado.

1. Conductores de cobre suave cableado clase "C".
2. Aislamiento de PVC.
3. Cubierta individual de nylon.
4. Cinta reunidora.
5. Cubierta exterior de PVC.

7.- Conductor Duplex. Este cable es más ampliamente conocido, se fabrica en cobre suave, de 2, 3, 4, o más polos, los hilos son de cobre temple suave y a mayor número de hilos es más flexible pero su resistencia mecánica es menor.



7. Conductor dúplex.

1. Alambres de cobre suave, cableado clase B
2. Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC), resistente a los rayos solares e intemperismo en color negro.

8.- Conductor uso rudo. Es igual o parecido al anterior, su diferencia es su aislamiento.



8. Conductor de uso rudo.

9.- Cable coaxial. Se utiliza para señales de audio o video, es de cobre duro o semiduro el cual tiene una o dos mallas tejidas la cual se ocupa como neutro.



9. Cable coaxial.

10.- Conductor telefónico. Es de cobre suave desnudo ó estañado.



10. Conductor telefónico

11.- Cordón Flexible. Es para uso doméstico, es de cobre temple suave para su flexibilidad, trae hilos de algodón trenzado y con polvo de asbesto.



11. Cordón flexible.

3.7.4 Dimensiones.

El tamaño o sección transversal o calibre de los conductores eléctricos debe indicarse en mm² y opcionalmente entre paréntesis el número de la escala de calibres americanos (AWG-KCM).

A nivel mundial se usan 2 escalas de calibres para cuantificar el tamaño de los conductores eléctricos:

- Escala americana AWG-KCM (AWG=American Wire Gauge; KCM=Kilo Circular Mil, anteriormente conocida como MCM).
- Escala internacional (IEC), mm²

Tabla 3.7.4 Dimensiones de los conductores eléctricos.

AWG gauge (calibre)	Conductor Diámetro en pulg.	Conductor Diámetro en mm	Carga Máxima en Amperes.
0000	0.46	11.684	380
000	0.4096	10.40384	328
00	0.3648	9.26592	283
0	0.3249	8.25246	245
1	0.2893	7.34822	211
2	0.2576	6.54352	181
3	0.2294	5.82676	158
4	0.2043	5.18922	135
5	0.1819	4.62026	118
6	0.162	4.1148	101
7	0.1443	3.66522	89
8	0.1285	3.2639	73
9	0.1144	2.90576	64
10	0.1019	2.5882	55
11	0.0907	2.30378	47
12	0.0808	2.05232	41
13	0.072	1.8288	35
14	0.0641	1.62814	32
15	0.0571	1.45034	28
16	0.0508	1.29032	22
17	0.0453	1.15062	19
18	0.0403	1.02362	16
19	0.0359	0.91186	14
20	0.032	0.8128	11

0 – 20 Aplicación para alimentadores.

8 – 14 Aplicación para derivados.

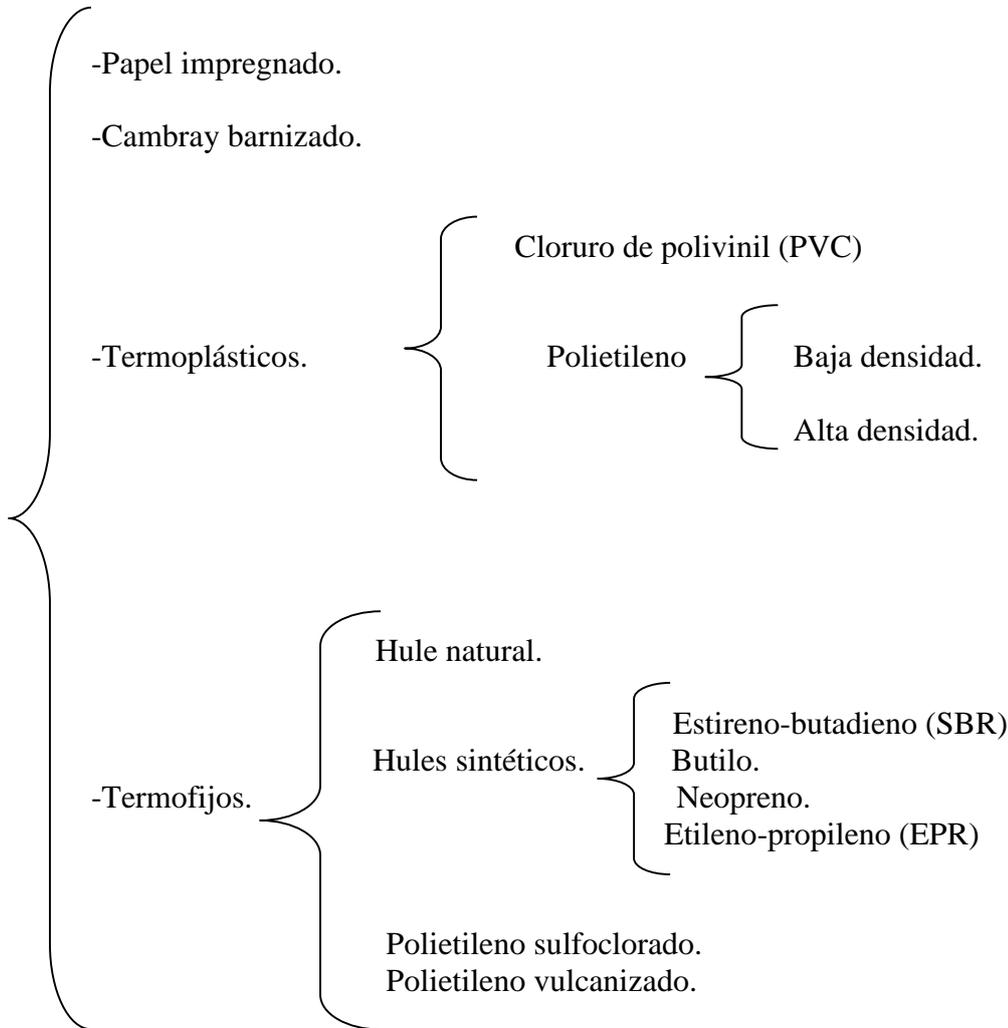
16 – 20 Aplicación para tuberías, termostatos, y cordones.

CAPÍTULO IV

CONDUCTORES PARA BAJA TENSIÓN.

4.1 Material Aislante En Baja Tensión.

En el siguiente cuadro sinóptico se indican los aislamientos más usuales utilizados en los cables eléctricos.



Papel impregnado.

El papel impregnado fue uno de los primeros materiales utilizados para el aislamiento de los cables para la transmisión de energía eléctrica y continuara siendo el mejor aislamiento para cables de alta tensión.

Constituye un aislamiento de magnificas cualidades eléctricas, alta rigidez dieléctrica, baja perdidas dieléctricas, resistencia elevada a las descargas parciales (ionización). Además tiene buenas características térmicas.

Cambray Barnizado.

El cambray barnizado es un aislamiento constituido por una cinta de algodón barnizada con varias capas de barniz aislante. Entre cada capa de aislamiento hay una sustancia lubricante de alta viscosidad. Constituye un aislamiento más flexible, aunque de menor calidad, que el papel impregnado y se ha aplicado especialmente en el caso de cables colocados verticalmente o con pendientes pronunciadas, ya que no presenta el inconveniente de los cables de papel impregnado, en los que el aceite puede escurrirse por gravedad.

El cambray barnizado se ha usado en tensiones de 600 volts a 23,000 volts, pero actualmente ha sido desplazado por cables de aislamiento sintético, que resultan más económicos.

4.2 Clasificación Del Conductor

A este tipo de conductores lo podemos clasificar por su tipo de aislamiento, ya que el conductor que tenga un aislamiento que le permita operar en voltajes de hasta 1000 volts en condiciones apropiadas de seguridad, se considera como de baja tensión.

- Conductores con aislamiento termoplástico.
- Conductores con aislamiento termofijo.

4.2.1 Conductor con aislamiento Termoplástico.

Los termoplásticos son materiales orgánicos sintéticos, obtenidos por polimerización. Se vuelven plásticos al aumentar la temperatura, lo que permite aplicarlos por extrusión en caliente sobre los conductores, solidificándolos después al hacer pasar el cable por un baño de agua fría.

Los termoplásticos más usados como aislamientos de cables eléctricos son el cloruro de polivinilo (PVC) y el polietileno.

El cloruro de polivinilo, mezclado con otras sustancias, se utiliza extensamente como aislante, sobre todo en cables de baja tensión, debido a su bajo costo, a su mayor resistencia a las descargas parciales (ionización), temperaturas de operación que van desde 60°C a 150°C.

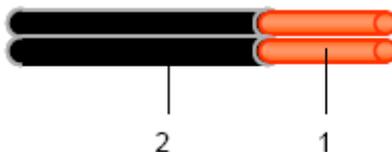


Figura 4.2.1.1 Recubrimiento de cloruro de polivinilo.

1. Alambres de cobre suave, cableado clase B
2. Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC), resistente a los rayos solares e intemperismo en color negro.

El polietileno, que se obtiene por polimerización del gas etileno, tiene excelentes características como aislante eléctrico: rigidez dieléctrica comparable a la del papel impregnado y pérdidas dieléctricas menores. Tiene una conductividad térmica mayor que

la del papel impregnado, lo que facilita la disipación de calor. Sin embargo, debido a las imperfecciones producidas en el aislamiento durante el proceso de aplicación por extrusión, que en el caso del polietileno se agravan por su alto coeficiente de expansión térmica, puede producirse deterioro del aislamiento debido a descargas parciales producidas por ionización.

Otra desventaja del polietileno es su punto de fusión bastante bajo, del orden de 110°, lo que limita la temperatura de operación de los cables aislados con polietileno a 75°C. Para mejorar las características térmicas se han desarrollado el polietileno de alta densidad y el polietileno vulcanizado o de cadena cruzada.

El polietileno de alta densidad tiene un punto de fusión de 130°, mejores cualidades mecánicas y un costo menor; sus cualidades eléctricas son similares a las del polietileno de baja densidad.

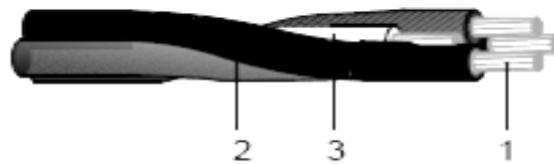


Figura 4.2.1.2 Recubrimiento de polietileno

1. Conductores de aluminio cableado clase B
2. aislamiento de polietileno de alta densidad en color negro para las fases.
3. aislamiento de polietileno de alta densidad en color blanco para el neutro.

Tabla 4.2.1.1 Conductores con aislamiento termoplástico.

De la NOM-001-SEDE(Tabla 310-13, página139)tenemos que:

Nombre Comercial	Tipo	Temp. Max. En °C.	Material Aislante.	Cubierta Exterior.	Utilización.
Termoplástico.	T	60	Compuesto termoplástico retardador de la flama.	Ninguna.	Locales secos.
Termoplástico resistente a la humedad.	TW	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama.	Ninguno.	Locales secos y húmedos.
Termoplástico resistente al calor.	THHN	90	Termoplástico resistente al calor, retardador de la flama.	Nylon o equivalente	Locales secos.
Termoplástico resistente al calor y a la humedad	THW(5)	75 90	Termoplástico resistente al calor y a la humedad, retardador de flama.	Ninguna.	Locales secos y húmedos. Aplicaciones especiales dentro de equipos de alumbrado de destello. Limita a

					1000V o menos en un circuito abierto.
Termoplástico resistente al calor y a la humedad	THWN	75	Termoplástico resistente al calor y a la humedad, retardador de flama.	Nylon o equivalente	Locales húmedos o secos.
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y al aceite	MTW	60 90	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y al aceite retardador de flama.	Ninguna o nylon.	Alambrado de maquinas herramientas en locales húmedos. Alambrados de maquinas herramientas en locales secos.
Termoplástico y asbesto	TA	90	Termoplástico y asbesto	No metálica y retardador de flama.	Alambrado de tableros solamente.
Termoplástico y malla exterior fibrosa	TBS	90	Termoplástico	No metálica y retardador de flama.	Alambrado de tableros solamente.
Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	THW-LS(4)	75 90	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	Ninguna	Lugares secos y mojados. Para la alimentación de equipos de iluminación por descarga eléctrica véase Artículo 410-31
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de Incendios.	THHW	75 90	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de Incendios	Ninguna	Para la alimentación de equipos de iluminación por descarga eléctrica véase artículo 410-31
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THHW-LS(4)	75 90	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	Ninguna	Lugares mojados Lugares secos
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. Entrada de acometida aérea. Véase el artículo 338

4.2.2 Conductores Con Aislamiento Termofijo.

Los aislantes agrupados bajo el nombre de termofijos están constituidos por materiales que se caracterizan porque, mediante un proceso de vulcanización, se hace desaparecer su plasticidad y se aumenta la elasticidad y la consistencia mecánica.

Estos aislamientos se aplican generalmente por extrusión y se someten después a un proceso de vulcanización elevando la temperatura a los valores requeridos.

Los aislamientos termofijos que se utilizan o se han utilizado más extensamente son el hule natural y los hules sintéticos, conocidos con el nombre genérico de elastómeros y más recientemente algunos derivados del polietileno.

El hule natural fue, con el papel, uno de los primeros materiales usados para el aislamiento de cables. Se obtiene de látex de un árbol tropical originario de Brasil.

Los hules sintéticos más utilizados como aislamientos de cables son el **estireno-butadieno (SBR)**, el **butileno**, el **neopreno** y el **etileno-propileno (EPR)**.

El **estireno-butadieno**, conocido comercialmente con las iniciales SBR (styrene butadine rubber), Sus cualidades eléctricas y mecánicas son similares, aunque ligeramente inferiores, a las del hule natural; en cambio sus cualidades de resistencia a los agentes químicos y al envejecimiento son algo superiores. Por sus características y bajo precio se han utilizado principalmente en el aislamiento de cables de baja tensión.

El **butilo** es un hule sintético cuya propiedad principal es poder trabajar temperaturas más elevadas que el hule natural; su temperatura de operación es de 85°C. También ofrece una mayor resistencia a la ionización lo que permite usarlos para tensiones más altas, una gran flexibilidad y resistencia a la humedad natural. Tiene aplicación en cables de corta longitud, para aplicaciones especiales.

El **neopreno**, que es el nombre comercial del **policloropreno**, es un hule sintético de bajas propiedades dieléctricas pero superior a los elastómeros antes citados en lo que respecta a la resistencia a los aceites, a la flama, a la abrasión y a la intemperie. Por esta razón y por su gran flexibilidad se usa principalmente en forros o cubiertas de cables aislados con otros elastómeros.

El **etileno-propileno**, conocido comercialmente con las iniciales EPR (ethylene propileno rubber), es un hule sintético de desarrollo reciente, que tiene cualidades dieléctricas próximas a las del polietileno pero mayor resistencia a la ionización y una temperatura de operación del orden de 90°C. Los cables aislados con etileno-propileno se aplican especialmente a circuitos de alta tensión en instalaciones industriales. Actualmente se fabrican cables con este tipo de aislamiento para tensiones de hasta 60,00 volts entre fases.

El otro grupo de aislamientos termofijos está constituido por aislamientos derivados del polietileno.

El **polietileno sulfoclorado** se obtiene sometiendo el polietileno a la acción simultánea del cloro y del anhídrido sulfuroso. Sus propiedades químicas son intermedias entre el hule natural y el neopreno y puede trabajar a temperaturas más altas, del orden de 90°C. Su aplicación principal es en cubiertas de cables.

El **polietileno vulcanizado**, también llamado **polietileno de cadena cruzada** o **polietileno reticulado**, se obtiene mediante la adición de un peroxido que a la temperatura elevada del proceso de vulcanización reacciona con el polietileno. El polietileno puede trabajar en forma continua a 90°C. En cambio la vulcanización aumenta la rigidez del polietileno y esa pérdida de flexibilidad dificulta el manejo, del cable.

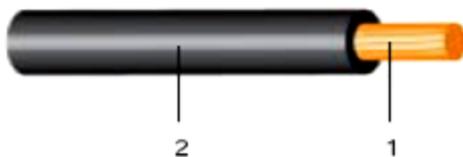


Figura 4.2.2.1. Recubrimiento de polietileno vulcanizado.

1. Conductor del cobre
2. Aislamiento de XLP negro

Tabla. 4.2.2.1 Conductores con aislamiento termofijo.

Nombre Comercial	Tipo	Temp. Max. En °C.	Material Aislante.	Cubierta Exterior.	Utilización.
Hule resistente al calor.	RH	75	Hule resistente al calor.	Resistente a la humedad, retardadora de la flama, no metálica.	Locales secos.
Hule resistente al calor.	RHH	90	Hule resistente al calor.	Resistente a la humedad, retardadora de la flama, no metálica.(1)	Locales secos.
Hule resistente al calor y la humedad.	RHW(5)	75	Hule resistente al calor y la humedad	resistente a la humedad, retardadora de la flama, no metálica.(1)	Locales secos y húmedos.
Hule látex, resistente al calor.	RUH	75	90% de hule no molido, sin grano.	Resistente a la humedad, retardadora de la flama, no metálica.	Locales secos.
Hule látex, resistente a la humedad.	RUW	60	90% de hule no molido, sin grano.	Resistente a la humedad, retardadora de la flama, no metálica	Locales secos y húmedos.
Polietileno Vulcanizado resistente a la humedad y al calor.	XHHW	75	Polietileno Vulcanizado retardador de flama.	Ninguno.	Locales húmedos.
		90			Locales secos
Sintético resistente al calor.	SIS	90	Hule resistente al calor.	Ninguna.	Alambrado de tableros solamente.
Etileno propileno fluorinado.	FEP	90	Etileno Propileno fluorinado	Ninguna.	Locales secos.
	FEPB	200			Aplicaciones especiales

				Malla de fibra de vidrio ó de asbesto.	
Aislamiento mineral (con cubierta metálica)	MI	90 200	Oxido de magnesio	Cobre Cobre	Lugares secos o húmedos. Lugares secos(aplicaciones especiales) (2)
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHHW(4)(5)	90 75	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	Ninguna	Lugares secos y húmedos Lugares mojados
Cable monoconductor para acometida subterránea	BTC	90	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	Ninguna	Lugares secos y mojados Entrada de acometida subterránea. Véase Art. 338
Cable monoconductor y multiconductor para acometida subterránea.	DRS	90	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	Ninguna	Lugares secos y mojados Entrada de acometida subterránea. Véase Art. 338

NOM-001SEDE2005

Nomenclatura según NOM-001-SEDE- aislamientos y usos. (4.21 y 4.22).

Notas:

1. Algunos aislamientos no requieren de cubierta exterior.
2. Cuando las condiciones de diseño requieren temperaturas de operación del conductor de mas de 90°C.
3. Para circuitos de señalización que permiten aislamiento de 300V.
4. Los cables tipo THW-LS y THHW-LS, cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducidas y de gas acido, de acuerdo con las normas nacionales. Otros tipos de cables que lleven el sufijo “LS” deben de cumplir con las mismas pruebas. Por ejemplo XHHW-LS.
5. Se permite que los tipos de cables para utilizarse en temperaturas de operación 90°C en lugares secos y mojados, se marque con el sufijo “-2” por ejemplo: THW-2, XHHW-2, etc.
6. Cuando los tipos de cables sean sin contenido de halógeno pueden marcarse: LS0H.

4.3 Marcas En Los Conductores.

NOM-001SEDE2005

310-11 Mercado

a) Información necesaria. Todos los conductores y cables deben ir marcados con la información necesaria siguiente, según el método de marcado aplicable descrito en 310-11(b) y de acuerdo con las normas nacionales de producto existentes:

- 1) La tensión eléctrica nominal máxima.
- 2) La letra o letras que indican el tipo de alambres o cables, tal como se especifica en otros lugares de esta Norma.
- 3) El nombre del fabricante, marca comercial u otra marca que permita identificar fácilmente a la organización responsable del producto.
- 4) El tamaño nominal en mm² (AWG o kcmil).
- 5) En los ensambles de cables debe marcarse cuando el tamaño del conductor neutro es menor que los de los cables de fase.

b) Métodos de marcado

1) Marcado en la superficie. Los siguientes conductores y cables se deben marcar en su superficie de modo indeleble. El tamaño nominal se debe repetir a intervalos no mayores a 60 cm. Todas las demás marcas deben repetirse a intervalos no mayores a 1 m.

- a. Cables y alambres de uno o varios conductores, con aislamiento de hule o termoplástico.
- b. Cables con recubrimiento no metálico.
- c. Cables de entrada de acometida.
- d. Cables subterráneos de circuitos alimentadores y derivados.
- e. Cables para usarse en soportes tipo charola para cables.
- f. Cables para riego.
- g. Cables de energía limitada para su uso en soportes tipo charola para cables.
- h. Cables de instrumentos para uso en soportes tipo charola para cables.

2) Cinta de marcar. Para marcar los cables multiconductores con recubrimiento metálico se debe emplear una cinta de marcar situada dentro del cable y a todo lo largo del mismo.

Excepción 1: Los cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral.

Excepción 2: Los cables tipo AC.

Excepción 3: Se permite que la información requerida en 310-11(a) se marque de modo indeleble en el recubrimiento externo no metálico de los cables tipos MC, ITC o PLTC, a intervalos no mayores a 1 m.

NOTA: Los cables con recubrimiento metálico son del tipo AC (artículo 333), tipo MC (artículo 334) y cables con cubierta de plomo.

3) Marcado mediante etiquetas. En el empaque de todos los cables y conductores se deben marcar mediante una etiqueta impresa sujeta al rollo, bobina o caja del cable, conforme con las normas de producto correspondientes.

4) *Indicación opcional del tamaño nominal del cable.* Se permite que la información exigida en el párrafo anterior 310-11(a)(4) esté marcada en la superficie de cada conductor aislado de los siguientes cables multiconductores:

- a. Cables de tipo MC.
- b. Cables para uso en soportes tipo charola.
- c. Cables para equipo de riego.
- d. Cables de potencia limitada para uso en soportes tipo charola.
- e. Cables de sistemas de alarma contra incendios.
- f. Cables de instrumentos para uso en soportes tipo charola.

c) Sufijos que indican el número de conductores. Una letra o letras solas indican un solo conductor aislado. Las siguientes letras utilizadas como sufijo indican lo que se expresa en cada una:

D: Dos conductores aislados en paralelo, dentro de un recubrimiento exterior no metálico.
M: Conjunto de dos o más conductores aislados y cableados en espiral, dentro de un recubrimiento exterior no metálico.

d) Marcas opcionales. Se permite que los conductores de los tipos aprobados indicados en las Tablas 310-13 y 310-61 lleven en su superficie marcas que indiquen características especiales o el material de los cables.

NOTA: Ejemplos de estas marcas son, entre otros, la “LS” (no propagador de incendios, baja emisión de humos y de gas ácido) o “resistente a la luz solar”.

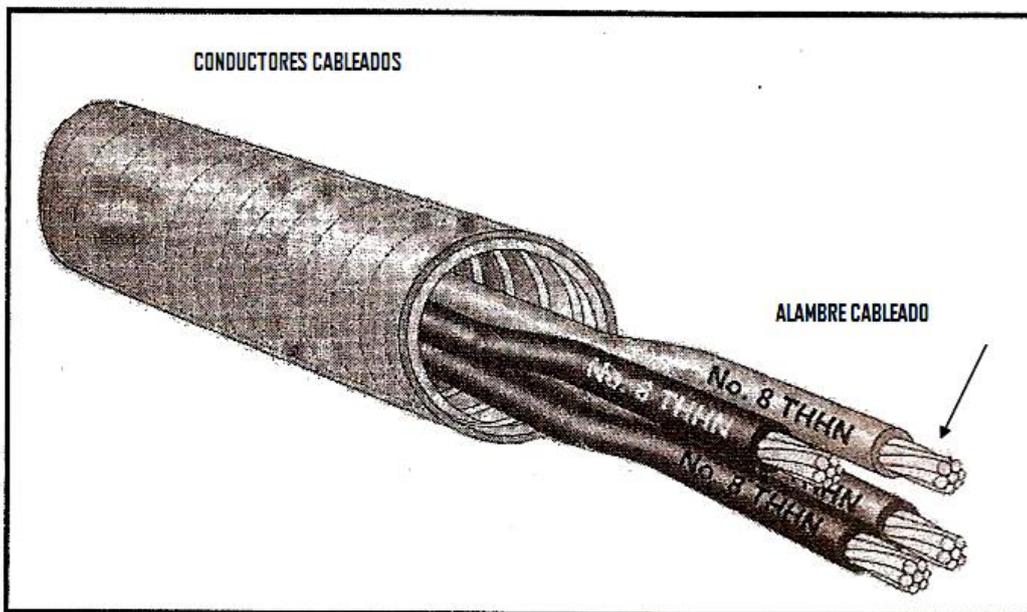


Figura 4.3.1. Marcas en el conductor.

4.4 Significado De Las Letras.

Aislamiento de los conductores.

La variedad de aislamientos empleados en los conductores eléctricos es amplia para poder satisfacer las diferentes necesidades. A manera de resumen se cita el significado de las letras en los conductores eléctricos, lo cual se desglosa en la tabla 4.4.1:

Tabla 4.4.1 Significado de las letras en los conductores eléctricos.

NOMBRE GENERICO	TIPO
Etileno Propileno Fluorado	FEP o FEPB
Aislamiento Mineral(con cubierta metálica)	MI
Termoplástico o resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de flama.	MTW
Perfluoroalcoxi	PFAH
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor.	RHH
Polímero sintético de cadena cruzada resistente al calor.	RHW(5)
Silicón-FV	SF
Polímero sintético resistente al calor.	SIS
Termoplástico para tableros	TT
Politetra-fluoroetileno extendido.	TFE
Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio.	TW
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	THW
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	THW-LS ⁽⁴⁾
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios.	THHW
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	THHW-LS ⁽⁴⁾
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	THWN
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama.	THHN
Cable plano para acometida aérea y sistema fotovoltaicos	TWD-UV
Cable monoconductor para acometida subterránea.	BTC
Cable monoconductor y multiconductor para acometida subterránea.	DRS
Cable para acometida aérea.	CCE
Cable para acometida aérea.	BM-AL
Cable para acometida subterránea un solo conductor.	USE(5)
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHHW(4)(5)
Tetrafluoroetileno modificado con etileno	Z

4.5 Ubicaciones Secas Y Mojadas.

De la NOM 001 sede 2005

310-8 Lugares.

- a) Lugares secos. Los conductores y cables aislados utilizados en lugares secos, deben ser de cualquiera de los tipos identificados en esta Norma, como se ve en la fig. 4.5.a

CABLE DE NYLON THHN

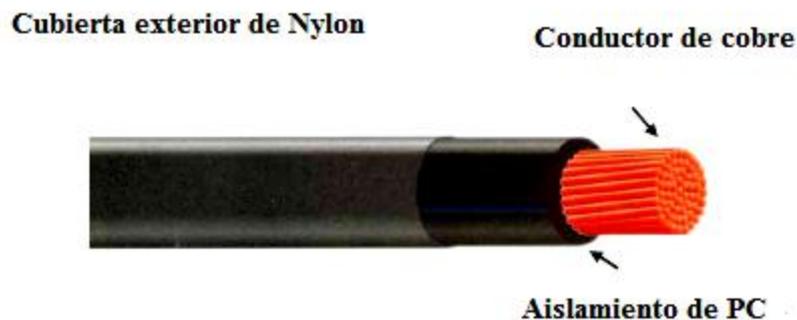


Figura. 4.5.a) Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de flama.

- b) Lugares secos y húmedos. Los conductores y cables aislados utilizados en lugares secos y húmedos deben ser de los tipos FEP, FEPB, MTW, RHH, RHW, RHW-2, THHN, THW, THW-LS, THW-2, THHW, THHW-LS, THHW-2, THWN, THWN-2, TW, XHHW o XHHW-2., como se mira en la fig. 4.5.b

CABLES XLP Y XLPE 600 V TIPO XHHW 90°C

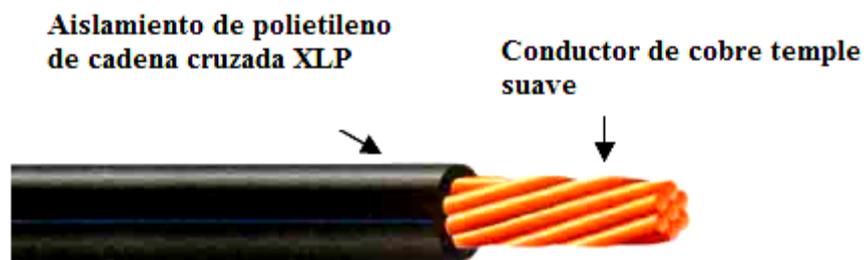


Figura. 4.5.b) Polímero sintético de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor. Alta resistencia a la penetración de humedad.

- c) Lugares mojados. Los conductores y cables aislados utilizados en lugares mojados deben ser:

- Con cubierta metálica hermética a la humedad.
- De los tipos MTW, RHW, RHW-2, TW, THW, THW-LS, THW-2, THHW, THHW-LS, THHW-2, THWN, THWN-2, XHHW, XHHW-2, como se muestra en la fig. 4.5.c
- De otro tipo certificado para uso en lugares mojados

Ubicación en lugares mojados.

THW, THHW/LS 75°C



Figura. 4.5.c) Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios. Ubicación en lugares mojados.

4.6 Conductores Flexibles De Cobre.

Los cables flexibles se denominan así por ser fácilmente maniobrables, en espacios reducidos y poderse movilizar, enrollar y transportar con facilidad. Generalmente se utilizan para conectar equipos y aparatos móviles. Su característica de flexibilidad los faculta para soportar movimientos y vibraciones, los cuales se presentan en algunas aplicaciones específicas.

Básicamente, un cable flexible está compuesto por uno varios conductores de cobre y material que componen el aislamiento o la chaqueta, que generalmente son plásticos.

La flexibilidad de un cable así conformado, es una característica que depende principalmente de la formación o cableado del conductor de cobre y en menor grado, del compuesto de aislamiento y chaqueta según el tipo de cable, como se muestra en la tabla 4.6.

Conductores flexibles de cobre.

Para un calibre dado, la flexibilidad de un conductor de cobre desnudo depende de dos aspectos: el número o cantidad de hilos, alambres o filamentos que lo componen y el temple o dureza de cobre (duro, semiduro y suave).

Material.

En la fabricación de cables flexibles, Centelsa utiliza alambre de cobre electrolítico, con las siguientes características:

Pureza mínima	99.99%
Alargamiento mínimo a ruptura	30% (temple suave)
Conductividad mínima.	100% IACS

Construcción.

Para la construcción de un conductor de cobre se requieren dos procesos básicos: Primero la trefilación o reducción de diámetro del alambre hasta obtener los diámetros de los hilos o alambres, que componen los conductores o cuerdas flexibles, y luego un proceso de cableado o reunido de los alambres o filamentos, de acuerdo con la clase de cableado requerida.

Tabla 4.6.1 Clases de cableado y sus principales aplicaciones.

CLASE	APLICACIÓN
Sólido	Alambres de cobre aislados, conexiones de puesta a tierra y algunas líneas aéreas.
AA	Cable desnudo, generalmente para líneas aéreas.
A	Cable recubierto, tipo intemperie, o cables desnudos que requieren mayor flexibilidad que la de la clase AA.
B	Cable aislado con diversos materiales, termoplásticos o termoestables.
CyD	Cables aislados que requieren mayor flexibilidad que la clase B.
G	Cables portátiles con aislamiento de caucho.
H	Cables y cordones con aislamiento de caucho que requiera mucha flexibilidad.
I	Cables para aparatos especiales.
J	Cordones para artefactos eléctricos.
K	Cordones portátiles y para soldadores.
L	Cordones portátiles y para artefactos pequeños.
M	Cables para soldadoras, para calentadores y lámparas.

Las clases AA, A, B, C y D corresponden a cables con formación concéntrica, es decir que todo los miembros que componen el cable (cada uno un alambre o filamento) están cableados en capas sucesivas alrededor de un hilo central.

Las clases G y H corresponden a cables con formación concéntrica y los miembros que componen el conductor son a su vez cables concéntricos de 7 o 19 alambres.

Los conductores de clases I, K y M con formación indicada como 1 x N, están conformados por N alambres (N depende el calibre de cada uno de los alambres) reunidos en un solo haz, lo que se conoce como “conductor bunchado”. Los demás cables corresponden a cables de formación concéntrica y los miembros que componen el conductor son bunchados o reunidos en haz, con un numero N de alambres.

CONDUCTORES FLEXIBLES DE COBRE

CABLE MULTIPLE PARA DISTRIBUCIÓN AÉREA CON MENSAJERO DE COBRE, 600 V, 75°C

CONDUMEX

DESCRIPCIÓN:

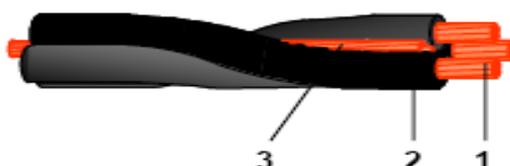


Figura 4.6.1. Conductores flexibles de cobre.

1. Uno, dos ó tres conductores cableados de cobre suave.
2. Aislamiento de polietileno en color negro
3. Cable mensajero de cobre semiduro desnudo.

PROPIEDADES:

- Rápida y fácil instalación.
- El peso del cable es soportado por el mensajero, por lo que no se requieren aisladores ni crucetas.
- El aislamiento de los cables es resistente a la intemperie y rayos solares.

APLICACIONES:

Distribución secundaria en redes aéreas y para acometidas en zonas urbanas y rurales.

TENSION MAXIMA DE OPERACION:

600V

TEMPERATURA MAXIMA CONDUCTOR:

75°C

Tabla 4.6.2 Características constructivas del cable múltiple de cobre.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS CABLE MULTIPLE DE COBRE								
Designación del cable	Conductores de fuerza de cobre suave				Cable mensajero de cobre semiduro			Peso Total kg/km
	Calibre	Diámetro nominal del conductor	Area de sección transversal	Diámetro exterior nominal	Calibre	Diámetro nominal	Area de Sección transversal	
	AWG	mm	mm ²	mm	AWG	mm	mm ²	
(1+1)8C	8	3.70	8.37	6.1	8	3.70	8.37	175
(2+1)8C	8	3.70	8.37	6.1	8	3.70	8.37	274
(3+1)8C	8	3.70	8.37	6.1	8	3.70	8.37	373
(2+1) 4C	4	5.88	21.15	8.3	4	5.88	21.15	648
(3+1) 4C	4	5.88	21.15	8.3	4	5.88	21.15	876
(2+1)1/0-2C	1/0	9.45	53.50	12.6	2	7.41	33.60	1 411
(3+1)1/0-2C	1/0	9.45	53.50	12.6	2	7.41	33.60	1 964
(3+1)3/0-2/0C	3/0	11.95	85.50	15.1	2/0	10.65	67.40	3 186

CABLE CONCENTRICO ESPIRAL CCE PARA ACOMETIDAS AEREAS 60 °C, 600 V

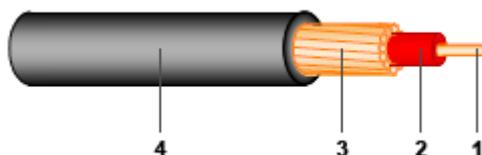


Figura 4.6.2 Cable Concéntrico Espiral CCE para Acometidas Aéreas

DESCRIPCIÓN:

1. Alambre o cable de cobre electrolítico suave
2. Aislamiento de policloruro de vinilo (PVC) en color rojo.
3. Conductor concéntrico externo formado por alambres de cobre suave dispuestos en forma helicoidal.
4. Cubierta de polietileno en color negro o de policloruro de vinilo (PVC) en color negro.

PROPIEDADES:

- El diseño de estos cables tiene por objeto impedir posibles fraudes de energía, mediante derivaciones tomadas antes de la llegada al medidor, pues su construcción dificulta las conexiones fraudulentas.
- La cubierta de polietileno negro es resistente a la acción de la intemperie.
- La alta resistencia a la abrasión de la cubierta, permite instalar estos cables a través de zonas arboladas
- La cubierta de policloruro de vinilo (PVC) es resistente a la propagación de incendios.

APLICACIONES:

Acometidas aéreas de Baja Tensión a medidores y salidas de éstos a los interruptores de los servicios.

TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN:

600 v

TEMPERATURA DE OPERACIÓN:

60 °C

Tabla 4.6.3 Características constructivas del Cable Concéntrico Espiral CCE para Acometidas Aéreas.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS									
Designación	Calibre del conductor central	Area del conductor central	Número de alambres del conductor central	Diámetro del conductor central	Resistencia eléctrica c.c. a 20 °C	Diámetro sobre aislamiento	Diámetro exterior máximo	Longitud por rollo	Peso aproximado por rollo
	AWG	mm ²	No.	mm	ohm/km	mm	mm	m	kg
CCE 12	12	3.31	1	2.1	5.21	4.7	7.0	250	24
CCE 10	10	5.26	1	2.6	3.28	5.2	7.7	250	34
CCE 8	8	8.37	1	3.3	2.06	5.9	9.5	200	42
CCE 6	6	13.30	7	4.7	1.32	8.2	11.8	150	52
CCE 4	4	21.15	7	5.9	0.83	9.5	13.6	100	51

CONDUCTORES DUPLEX TWD DE ACOMETIDA

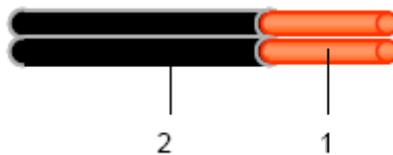


Figura 4.6.3 Conductor Duplex TWD de acometida.

DESCRIPCIÓN:

1. Alambres de cobre suave o cables de cobre suave cableado clase B.
2. Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC) resistente a los rayos solares e intemperismo en color negro.

PROPIEDADES:

- Sus características mecánicas permiten su planchado sobre muros y paredes.
- Fácil de instalar mediante el uso de abrazaderas o grapas.
- Tiene identificación de polaridad a todo lo largo de uno de los conductores mediante un filete en uno de los conductores y grabado en el otro.
- Es resistente a la intemperie y a la propagación de incendios.

APLICACIONES:

Acometidas residenciales y comerciales.

Uso general en instalaciones fijas, visibles, directamente situadas sobre muros o paredes en interiores o exteriores.

TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN:

600 v

TEMPERATURA DE OPERACIÓN:

60 °C

Tabla 4.6.4 Alambre TWD de acometida 60 °C, 600V

ALAMBRE TWD DE ACOMETIDA 60 °C, 600 V									
Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Conductor				Espesor nominal de aislamiento mm	Dimensiones alto por ancho mm	Peso kg/km
			Calibre AWG	Area mm ²	No. de hilos	Diámetro mm			
360481	Rollo	500	12	3.31	1	2.052	1.20	4.452 x 8.664	92
360451	Rollo	250	10	5.26	1	2.588	1.20	4.988 x 9.736	135
360491	Rollo	250	8	8.37	7	3.710	1.58	6.87 x 13.42	226

CONDUCTORES VIAKON



Figura 4.6.4 Cable THW, THH/LS

APLICACIÓN:

La excelente característica de flexibilidad que posee el Cable THW-THHW / LS permite su rápida y fácil instalación en conduits, ductos o charolas, tanto en ambiente seco o húmedo.

La formulación especial del aislamiento le proporciona excelentes características en condiciones de incendio de manera que bajo condiciones del mismo, presenta baja emisión de humos oscuros y gases tóxicos, permitiendo así su instalación en interior de locales en donde hay gran influencia de personas tales como: hospitales, cines, teatros, almacenes, hoteles, sistemas de transporte masivos como el metro y ferrocarril, así como en instalaciones industriales, o en aquellos lugares en donde se requiere máxima seguridad.

CARACTERÍSTICAS

- 600 volts.
- Conductor sólido o cableado flexible clases C ó B
- THHW/THW-LS Según clasificación NOM-J-10 y NEC 1990
- Temperatura de operación 90 C en ambiente seco y 75 C en ambiente húmedo.
- Aislamiento de PVC resistente a la propagación de incendio y bajo condiciones del mismo, tiene:
 - Baja emisión de humos oscuros y
 - Reducida emisión de gases tóxicos

De uso rudo

SJO 300 Volts y SO 600 Volts



Figura 4.6.5 Conductor flexible de cobre suave

- Conductores flexibles de cobre suave.
- Aislamiento de PVC.
- Relleno flexible.
- Cinta reunidora.
- Cubierta de PVC lisa o estriada.

APLICACIÓN

Alimentación de aparatos estacionarios o portátiles para uso industrial, comercial o doméstico tales como refrigeradores, lavadoras, taladros, sierras mecánicas, calculadoras, etc.

CARACTERÍSTICAS:

Gran flexibilidad.

Gran resistencia mecánica.

Resistente a la abrasión, humedad, ácidos y aceites.

Tabla 4.6.5 Cordon de uso rudo, tipo SO de 600V.

Número de conductores	Calibre AWG	Diámetro nominal del conductor mm	Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso Kg/km
2	18	1.22	0.76	7.9	68
2	16	1.55	0.76	8.6	85
2	14	1.96	0.76	9.4	112
2	12	2.46	0.76	11.2	166
2	10	3.1	1.14	14.7	287
3	18	1.19	0.76	8.4	81
3	16	1.55	0.76	9.1	103
3	14	1.96	0.76	10	137
3	12	2.46	0.76	11.8	202
3	10	3.1	1.14	15.6	349

FLEXANEL

Salida de motor 90°C

- Conductor flexible de cobre.
- Aislamiento de PVC.



Figura. 4.6.6 Conductor flexible de cobre.

APLICACIÓN:

Alambrado interno de equipo eléctrico y electrónico. Salida de las puntas de los transformadores y motores. Puede ser utilizado para aplicaciones electrónicas con una tensión de 2500 V pico

CARACTERÍSTICAS:

Resistencia al maltrato mecánico.

Resistente a la humedad.

Flexibilidad.

Tabla 4.6.6 Conductor flexible con aislamiento de PVC 90°C, 600V

Cordón Flexanel^{M.R.} con aislamiento de PVC 90 °C, 600 V,

Calibre AWG	Construcción No. de hilos/ AWG	Diámetro exterior mm	Peso kg/km	Capacidad de conducción de corriente A
10	65/28	4.6	60.41	40
12	41/28	4	41.07	30
14	26/28	3.5	28.47	25
16	16/28	3.1	20.12	18
18	16/30	2.8	14.65	14
20	11/32	2.6	11.05	11

PARA BOMBAS

Sumergibles 600 Volts

- Conductor flexible de cobre suave.
- Aislamiento de polietileno.*
- Cubierta de PVC



Figura. 4.6.7 Conductor para bombas

APLICACIÓN:

Uso general en la alimentación de bombas sumergibles en cárcamos de bombeo.

CARACTERÍSTICAS:

Gran resistencia a la humedad.
Facilidad de instalación debido a su flexibilidad.
Resistente a la abrasión y al ozono.

TEMPERATURA DE OPERACIÓN:

Normal 75°C

Tabla 4.6.7 Cable para alimentación de bombas sumergibles.

Cable para alimentación de bombas sumergibles

Calibre AWG	Diámetro nominal del conductor mm	Diámetro sobre aislamiento mm	Dimensiones nominales		Peso Kg/Km
			Alto	Ancho	
12	2.40	4.80	7.90	17.50	225
10	3.10	5.40	8.70	19.40	295
8	3.90	6.70	11.10	24.50	480
6	4.90	7.70	11.90	27.50	650
4	6.30	9.10	13.30	31.70	950
2	7.90	10.80	14.90	36.60	1,370
1/0	9.80	13.30	18.90	45.60	2,150
2/0	11.60	15.10	20.70	51.00	2,695
3/0	13.20	16.60	22.30	55.70	3,240
4/0	14.90	18.30	24.00	60.80	3,990

CAPÍTULO V

APLICACIÓN Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR ELÉCTRICO.

5.1 Problemas Ocasionados Por Conductores De Mala Calidad.

Es común que se intente por todos los medios de reducir los costos de una instalación eléctrica y generalmente se termina por comprar materiales de mala calidad solo porque son más baratos. A continuación le presento en la figura 5.1 los problemas ocasionados por conductores de mala calidad:

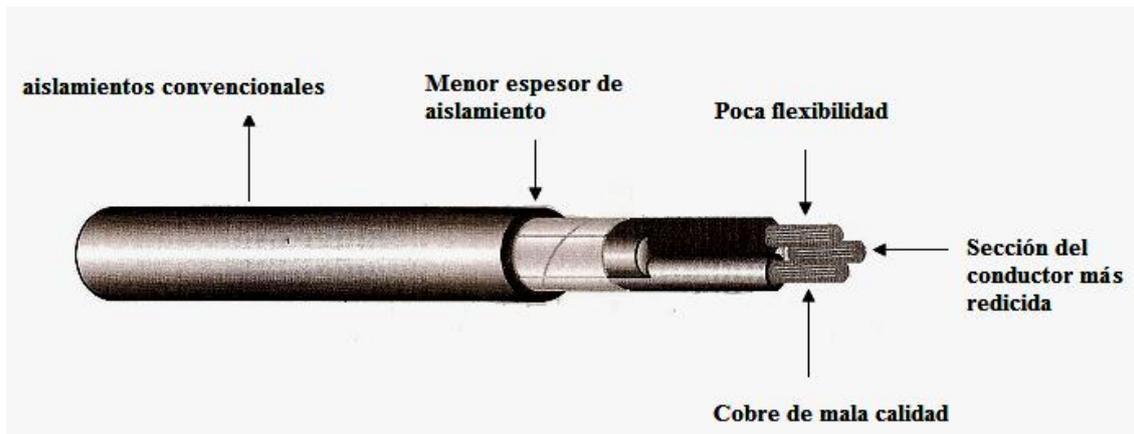


Figura 5.1 Problemas ocasionados por conductores de mala calidad.

- Menor espesor de aislamiento (riesgo de fuga de corriente o de cortocircuito).
- Aislamientos convencionales (Riesgo de pérdidas de vidas humanas e inversiones).
- Cobre con poca flexibilidad (riesgo de peladuras en el aislamiento).
- Sección del conductor más reducida (Mayor resistencia eléctrica).
- Cobre de mala calidad (Mayores pérdidas de energía que incrementan el costo de la energía).
- Temperatura del conductor más alta que puede dañar al aislamiento.

Por eso, emplear conductores de mala calidad no significa un ahorro real, ya que aunque se paga menos por adquirirlos, se pagara mas por utilizarlos puesto que los problemas que ocasionan representan perdidas de dinero(por reparación o reinstalación), de prestigio(por que el trabajo deberá de repetirse en pocos años) y de clientes(por hacer trabajos de mala calidad).

5.2 Agentes Que Afectan La Vida De Un Conductor.

La electricidad nos facilita nuestras labores diarias en el hogar, pero hacer un mal uso de ella o no contar con una buena instalación eléctrica pueden causar accidentes a los miembros de nuestras familias o pérdidas de bienes materiales.

- Temperatura (Cuando la temperatura del conductor fue superada).
- Sobrecargas
- Incremento en el uso de artefactos eléctricos.
- Instalaciones antiguas (No están preparadas para resistir la creciente demanda eléctrica).
- Protección inadecuada.
- Que el cable no esté canalizado adecuadamente.
- El mal estado del material aislante (Puede originar corrientes de fuga y hasta cortocircuitos).

5.3. La Problemática Del Fuego En El Conductor.

En todo tipo de instalación, los cables están sometidos a condiciones adversas, tanto de la propia instalación, como de agentes externos. Ambos casos inciden profusamente en la durabilidad o vida de los mismos. Es por ello que los materiales utilizados en aislamientos y cubiertas deben ser los más adecuados para soportar estas adversidades.

Dentro de estos agentes externos, el que más preocupa es el fuego.

La problemática de los incendios puede ser contemplada bajo dos aspectos diferenciados, que se dan antes y durante la evolución del incendio.

El primer aspecto, el principal, comprende el estudio y aplicación del conjunto de medidas que deben observarse en el proyecto de cualquier obra de construcción, que tiendan a evitar que el incendio se establezca y que faciliten la extinción del incendio si éste llega a producirse. Un debido estudio de la línea debería situar los cables a una distancia normativizada de los conductos de gas y elegir aquellos que imposibilitaran la creación del incendio.

El segundo aspecto es el humo que aparece por la combustión de los materiales sometidos a la acción del fuego. Es pues importante que los cables elegidos para la instalación sean no propagadores de incendio, para así evitar la emisión de gases tóxicos y corrosivos debido a la combustión de los halogenuros contenidos en la materia orgánica que conforma la cubierta de los cables.

Clasificación de los conductores eléctricos:

Según el comportamiento que tengan frente al fuego, los cables se pueden clasificar de la siguiente manera:

- A) No propagadores de la llama.
- B) No propagadores del incendio.
- C) Resistentes al fuego.

A) No propagadores de la llama:

Se denomina así a los cables que incitados a arder en forma vertical con una débil llama (o dos según el diámetro del cable) durante un breve período de tiempo, no colabora en su propagación sino todo lo contrario, se autoextingue al apagarla.

Este es un ensayo de laboratorio poco exigente debido a que los materiales que lo componen, son polímeros cuya molécula contiene halógenos (PVC, PE clorado, policloropreno, etc.; que al desprenderse por efecto del calor sofocan la llama).

Esta característica nos asegura que cualquier accidente de escasa consideración se extinguirá antes de provocar un incendio.

La norma reguladora de este ensayo es IEC 332-1.

En la fig. 5.3a se muestra un conductor no propagador de la llama según catálogo de Viakon.

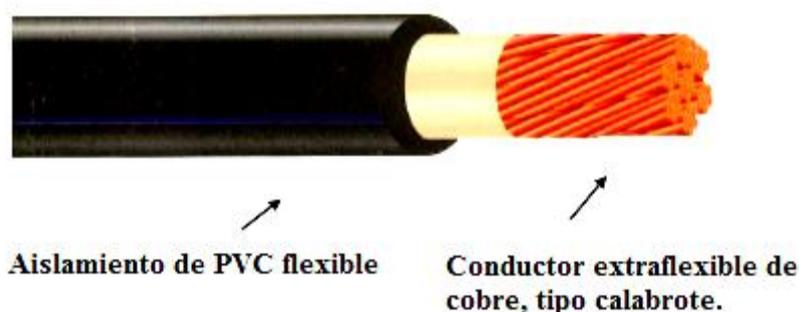


Figura 5.3a Conductor de cobre (Portaelectrodos), no propagador de la llama.

Cable: Portaelectrodos

Usos: máquinas soldadoras eléctricas, extensiones desde la máquina al electrodo.

Temperatura: 60°C máximos

Tensión: 600 V, máximos.

Características:

- Magníficas propiedades dielécticas y mecánicas, con retención de las mismas, aun después de uso prolongado.
- Resistente a la intemperie, ácidos, grasas y abrasión.
- No propaga la flama.
- Extraflexible, facilitando su manejo.
- En colores negro y amarillo.

Aislamiento:

El aislamiento debe ser de cloruro de polivinilo (PVC), especialmente formulado para ser flexible, y pigmentado en colores amarillo y negro. Deber ser aplicado por extorsión y el acabado en forma estriada, para darle mayor resistencia a la abrasión. En general deberá cumplir con las dimensiones mostradas en la tabla

Norma: NOM-J-14; NOM-J 37; ICEA-S-19-81.

B) No propagadores del incendio

Son aquellos cables que sometidos a condiciones simuladas de un incendio, mediante un foco de calor externo, no desprenden productos volátiles inflamables en cantidades suficientes como para provocar un foco de incendio secundario. Se podría definir como “Capacidad de agrupamiento de cables colocados en posición vertical de no propagar un incendio. En la siguiente figura 5.3 b, se muestra un cable no propagador de incendios.

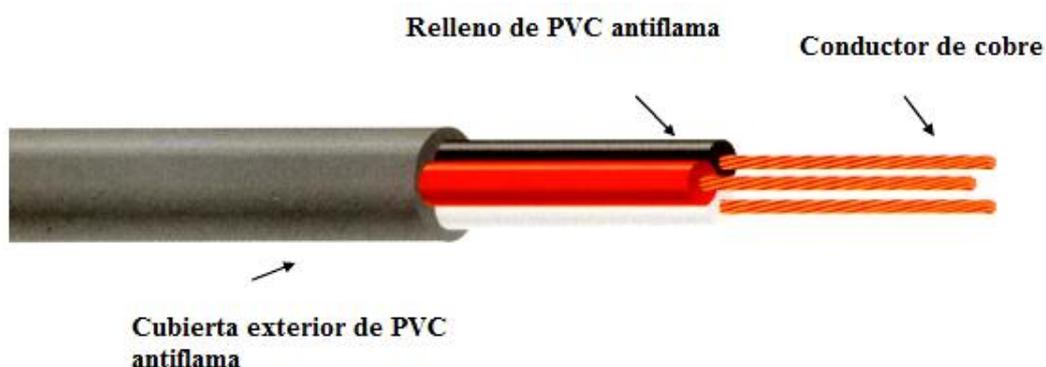


Figura 5.3.b Cable trifásico tipo THW/LS, no propagador del incendio.

Cable trifásico tipo THW/LS

Conductor de cobre, cableado en clase B, con aislamiento termoplástico y no propagador de incendio.

Temperatura máxima de operación: 90°C en ambiente seco y 75°C en ambiente húmedo. Cubierta exterior: Sobre el relleno de PVC se aplica una cubierta exterior de PVC no propagador de incendio color negro para protección mecánica del conjunto y su espesor estará de acuerdo con lo indicado en la tabla de dimensiones. Cumpliendo en general con lo indicado en las normas de referencia.

Normas: Las siguientes especificaciones y normas forman parte de la presente especificación: ASTM: B-8; NOM-J-12; ICEA S-61-402; UL-83; IEEE-383; NF-C-32-070 Y NFPA Standard No. 79 en las partes que corresponda.

C) Resistente al fuego:

Son cables que continúan su funcionamiento normal durante u después de un fuego prolongado, suponiendo que la magnitud del mismo sea suficiente para destruir los materiales orgánicos del cable en la zona donde se inicien las llamas.

Los conductores que cumplen con este requisito, deberán ser sometidos al esfuerzo que regula la norma IEC 331 o UNE 20431, que simula las condiciones de un fuego con una temperatura de 750°C durante 3 horas, soportando entre fases y tierra una tensión para la cual está garantizado.

Doce horas después de haberse extinguido la llama, el cable deberá permitir ser puesto en tensión, sin que se produzca cortocircuitos o derivaciones.

Estos cables están formados con materiales poliméricos combinados con materiales de características inorgánicas (Mica, fibra de vidrio, etc.), permiten ser considerados como de seguridad, y cumplen con la función de mantener un equipo en funcionamiento durante un incendio.

Son usados para iluminación de emergencia, alarmas, dispositivos de seguridad, ventilación, etc.

Los cables resistentes al fuego, también deben ser no propagadores del incendio.

En las siguientes figuras 5.3c y 5.3 d se muestra este tipo de conductores eléctricos.

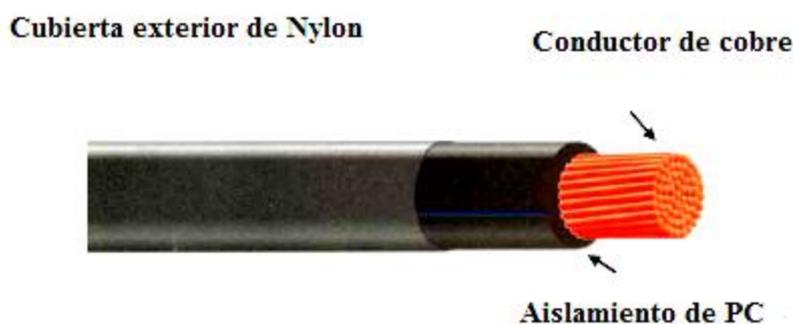


Figura 5.3 c. Cable de nylon, Resistente al fuego.

Cable de nylon. THHN

Uso: industrias, edificios, hoteles, bodegas y en instalaciones donde se requiere gran resistencia a los aceites y gasolinas.

CARACTERISTICAS:

- Retardador de la flama.
- Diámetro reducido.
- Indicado especialmente para instalaciones con sobre carga frecuentes.
- Resistentes a la abrasión, y abuso mecánico, con bajo coeficiente de fricción debido a su cubierta de nylon.
- Resistente a aceites, gasolina y solventes ligeros.

Temperatura máxima de operación: 75 °C en ambientes húmedos (tipo THWN) y 90 °C en ambientes secos Tipo (THHN).

Tensión máxima de operación: 600 Volts.

Aislamiento: Aislamiento de PVC (cloruro de Polivinilo), llevando como cubierta exterior un forro de Nylon, de acuerdo con NOM-J-10.

Normas: Las siguientes normas forman parte de seta especificación: AST B3 ó B8; UL 83; ICEA-S-61 -402; NOM-J-10; NOM-J-38.



Figura 5.3 d Cable resistente al fuego.

Termaflex. 200° C.

Cable salida de motor.

- Conductores flexibles de cobre suave estañado.
- Aislamiento de hule silicón.
- Malla trenzada de fibra de vidrio impregnada.
- Es resistente a la humedad, aceite y a la mayoría de los agentes químicos.
- Es resistente a la flama (prueba VW-1-UL y FV-2-NMX-J-192).

Aplicación: Gran capacidad de conducción de corriente.

En salidas de motores, balastras, generadores, tuberías o fuentes de calor, hornos, fundiciones, y cualquier instalación que opere con altas temperaturas.

Especificación: CONDUMEX P 13031-1.

5.4 Principales Fallas En Los Conductores.

Las fallas según su naturaleza y gravedad se, clasifican en:

Sobrecarga: Se produce cuando la magnitud del voltaje o corriente supera el valor previsto como normal para la instalación (llamado valor nominal). Debido a esta situación de mayor demanda, se produce un calentamiento excesivo de los conductores eléctricos, lo que puede conducir a la destrucción de su aislamiento, provocando incluso, con el consiguiente riesgo para las personas y su propiedad.

Las sobrecargas disminuyen el tiempo de vida del conductor y a la larga pueden ser causa de cortocircuitos.

Cortocircuito: Es la falla de mayor gravedad para la instalación eléctrica. En los cortocircuitos el nivel de corriente alcanza valores tan altos, que los conductores eléctricos se funden en los puntos de falla, produciendo calor, chispas e incluso flamas generando un alto riesgo de incendio del inmueble.

Los cortocircuitos se originan por la unión fortuita de dos líneas eléctricas que han perdido su aislamiento, entre las cuales existe una diferencia de potencial (fase y neutro).

Fallas de aislamiento: Las fallas de aislamiento, no siempre dan origen a un cortocircuito. En muchos casos una falla de aislamiento en algún equipo eléctrico, provoca que la carcasa metálica de dicho equipo se energice, con el consiguiente peligro para la vida de las personas al sufrir una descarga eléctrica.

El origen de la fallas de aislamiento está en el envejecimiento del mismo, los cortes de algún conductor, uniones mal aisladas, mala ejecución de las reparaciones, uso de artefactos en mal estado.

Fallas a tierra: Es cuando se producen flujos de corriente en las partes normalmente no energizadas, esto puede ser causado por fallas en el aislamiento de los conductores o en

los equipos conectados, produciendo choques eléctricos al contacto con los equipos o pérdidas de energía.

5.5 Ejercicios De Selección Del Conductor Eléctrico

CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Para la correcta selección de un conductor eléctrico deben considerarse varios factores:

- El valor máximo del voltaje que se aplicara
- La capacidad de conducción de corriente eléctrica.
- El valor máximo de la caída de tensión.

El cálculo del conductor debe efectuarse de dos maneras:

1. Por corriente y
2. Por caída de tensión.

El resultado de cálculo que arroje el conductor de mayor sección transversal será el que se seleccione.

Calculo por Corriente	Sistema	Calculo por caída de tensión
Formulas a emplearse		
$I = \frac{VA}{En}$	1F- 2H	$S = \frac{4LI}{Ene\%}$
$I = \frac{VA}{2En}$	1F- 3H	$S = \frac{2LI}{Ene\%}$
$I = \frac{VA}{1.72 Ef}$	3F -3H	$S = \frac{2x1.732LI}{Efe\%}$

Donde:

I = corriente eléctrica en Amperes

VA = Potencia aparente en voltamperes de la carga.

En = Voltaje de fase a neutro en volts.

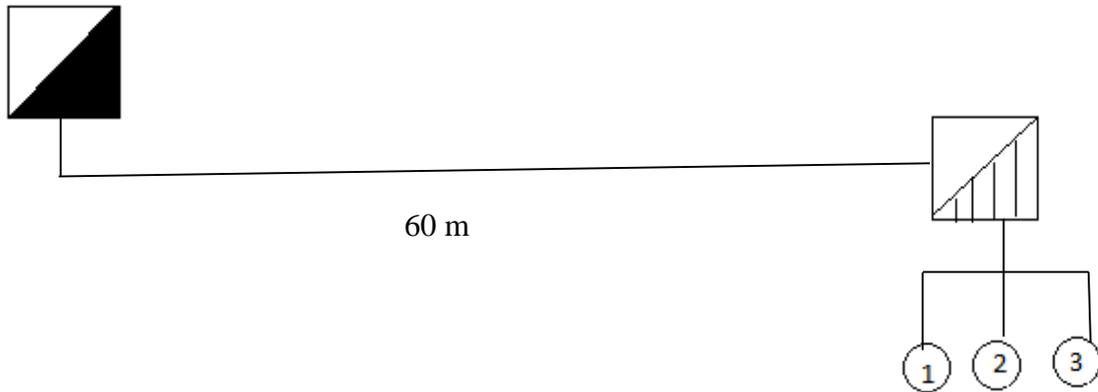
S = sección transversal del conductor en mm²

L = longitud del circuito considerado en metros

Ef = voltaje entre fase en voltios

E% = caída de tensión en porciento.

1. Calcular el calibre del conductor del siguiente circuito:



Datos:

Motor	HP	Voltaje	Fases
1	10	440V	3
2	5	440V	3
3	2	440V	3

Consideremos una temperatura ambiente de 45°C, operación continua y un FP=0.85 y una $\eta = 0.9$ Eficiencia

$$I = \frac{hp \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times fp}$$

$$I_1 = \frac{10hp \times 746W}{\sqrt{3} \times 440V \times 0.9 \times 0.85} = 12.79 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{5 \times 746}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.9 \times 0.85} = 6.37 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{2 \times 746}{\sqrt{3} \times 440V \times 0.9 \times 0.85} = 2.55 \text{ A}$$

$$I_n = 12.79A + 6.37A + 2.55 A = 21.71 \text{ A}$$

$$I_{CP} = 1.25 \times 12.79 \text{ A} + 6.37 \text{ A} + 2.55 \text{ A} = 24.9 \text{ A}$$

Según la tabla 310-16 que se encuentra en el apéndice, para 24.9 A tenemos un calibre #12, (3.307mm²).

Por corrección de temperatura de la tabla 310-16 para un calibre #12 tenemos una corriente a 75°C de 25 A

Factor de corrección por temperatura Ambiente a 45°C.

$$\text{Para } 45^\circ\text{C} \quad F_c = 0.82$$

$$I = 25 \text{ A} \times 0.82 = 20.5$$

12

2. La carga total de una vivienda es de 4200 W, resultado de sumar cargas físicas y monofásicas (dispositivos y aparatos eléctricos fijos que funcionan a 127V ca) y tienen un factor de utilización o de demanda del 70%. Hallar el calibre de los alimentadores principales considerando que la instalación será oculta.

$$P_{TOTAL} = 4200 \text{ W}$$

$$V = 127 \text{ V}$$

$$Fd = 70\%$$

$$I = \frac{4200W}{127V(0.9)} = 36.74 \text{ A}$$

$$I_c = (I \times Fd)$$

$$I_c = (36.74 \text{ A} \times 0.7)$$

$$I_c = 25.71 \text{ A}$$

De la tabla Viakon 310-16

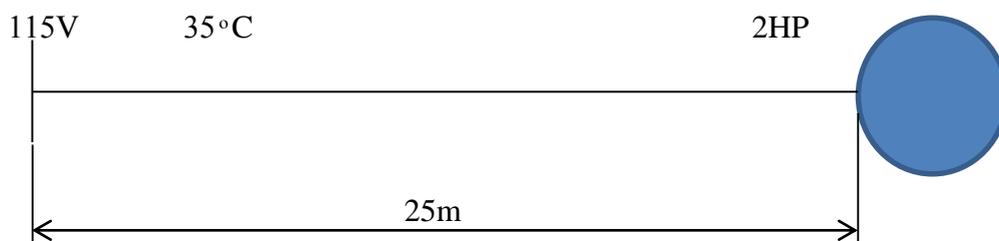
Se utilizara un calibre #10 = 35A

3. Calcular la caída de voltaje en el circuito derivado de un motor de 2hp, monofásico a 115 V con una eficiencia de 55%, que tiene una longitud de conductor del punto de alimentación al punto de conexión del motor de 25m, el alambre es de cobre.

$$W = 2hp \times 746 = 1492W$$

$$I = \frac{hp \times 746}{V \times \eta \times fp}$$

$$I = \frac{2 \text{ hp} \times 746W}{115V \times 0.55} = 23.58 \text{ A}$$



$$I_{cp} = 1.25 \times 23.58 \text{ A} = 29.47 \text{ bA}$$

Según la tabla Viakon 310-16, el conductor es de #10 5.26 mm^2

La Caída de voltaje:

$$S = \frac{4 \times L I}{E n \cdot e\%}$$

$$e\% = \frac{4 \times L I}{S \times E n}$$

$$e\% = \frac{4 \times 25 \text{ m} \times 23.58 \text{ A}}{5.26 \text{ mm}^2 \times 115 \text{ V}} = 3.8 \%$$

La caída de voltaje en porciento es de 4%

$$S = \frac{4 \times 25 \text{ m} \times 23.58 \text{ A}}{115 \text{ V} \times 4} = 5.126 \text{ mm}^2$$

Calibre # 10

GLOSARIO

Ampacidad o Capacidad de conducción de corriente: Indica la máxima corriente que puede conducir un conductor dado su calibre. Esta capacidad es afectada principalmente por los siguientes factores:

- A) Temperatura.
- B) Capacidad de disipación del calor producido por las pérdidas en función del medio en el que se encuentre el conductor.

Antiferromagnetismo: El antiferromagnetismo es el ordenamiento magnético de todos los momentos magnéticos de una muestra, en la misma dirección pero en sentido inverso por pares.

Átomo: Un átomo es la cantidad menor de un elemento químico que tiene existencia propia y que está considerada como indivisible. El átomo está formado por un núcleo con protones y neutrones y por varios electrones orbitales, cuyo número varía según el elemento químico.

Brinell: Se denomina **dureza Brinell** a la medición de la dureza de un material mediante el método de indentación, midiendo la penetración de un objeto en el material a estudiar. Fue propuesto por el ingeniero sueco Johan August Brinell en 1900, siendo el método de dureza más antiguo.

Carga de ruptura: Característica fundamental de los materiales de construcción que expresa el esfuerzo que puede soportar por tracción o compresión una barra de sección conocida. Se expresa en N/m² o, según la costumbre tradicional, en kg/mm².

Cillazamiento: Deformación lateral que se produce por una fuerza externa. También llamado corte, cortadura.

Circular Mil: Unidad para medir la sección transversal de los conductores eléctricos, en el sistema AWG. Un Circular Mil corresponde al área de un círculo que tiene por diámetro una milésima de pulgada.

Coaxial, cable: Cable generalmente usado en radiofrecuencia, consistente en dos conductores cilíndricos con un eje común, separados por un dieléctrico, el segundo conductor generalmente es en forma de malla trenzada y opera conectado a tierra.

Cobre Duro: Cable que se obtiene después de someter a dicho metal a un proceso de trefilado (estirado en frío) + Cu semiduro.

Cobre Suave: Cobre que ha sido sometido a un tratamiento térmico de recocido para eliminar los efectos del procesado en frío.

Coulomb: El culombio o coulomb (símbolo C) es la unidad derivada del sistema internacional para la medida de la magnitud física cantidad de electricidad (carga eléctrica). Nombrada en honor del físico francés Charles-Augustin de Coulomb.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \times \text{s}$$

CP: Chlorosulfonated polyethylene, polietileno Clorosulfonado. Polímero elastomérico vulcanizado generalmente usado como aislamiento de baja tensión o cubierta exterior.

Diamagnético: Materiales que producen un campo magnético en dirección opuesta al aplicado, de tal forma, que repele el campo magnético entrante.

Dieléctrico: Se denomina dieléctrico al material mal conductor de electricidad, por lo que puede ser utilizado como aislante eléctrico.

Efecto Meissner: El **efecto Meissner**, también denominado **efecto Meissner-Ochsenfeld**, consiste en la desaparición total del flujo del campo magnético en el interior de un material superconductor por debajo de su temperatura crítica. Fue descubierto por Walter Meissner y Robert Ochsenfeld en 1933 midiendo la distribución de flujo en el exterior de muestras de plomo y estaño enfriados por debajo de su temperatura crítica en presencia de un campo magnético.

Elastómero: Plásticos con un comportamiento elástico que pueden ser deformados fácilmente sin que se rompan sus enlaces o modifique su estructura.

Electrón: El electrón comúnmente representado por el símbolo: e^- , es una partícula subatómica. En un átomo los electrones rodean el núcleo, compuesto únicamente de protones y neutrones, formando orbitales y enlaces iónicos atómicos dispuestos en sucesivas capas.

Extrusión: La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija.

Ferromagnético: El ferromagnetismo es un fenómeno físico en el que se produce ordenamiento magnético de todos los momentos magnéticos de una muestra, en la misma dirección y sentido.

Fluxones: En el ámbito de los superconductores de tipo II, se forman cuando el campo magnético incide sobre la superficie del superconductor creando una pequeña región no superconductora, en torno a la cual circula una pequeña corriente eléctrica, siendo ésta la que da lugar al fluxón.

IACS: *International Annealed Copper Standard* (Estándar Internacional del Cobre Recocido)

Ion: átomo o molécula que perdió su neutralidad eléctrica por que ha ganado o perdido electrones de su dotación, originalmente neutra, fenómeno que se conoce como ionización.

Monovalente: Se aplica al elemento radical químico que tiene una sola valencia.

Polímero Sintético: Los polímeros sintéticos son macromoléculas formadas por la unión de otras más pequeñas llamadas monómeros. Son obtenidos industrialmente, haciendo reaccionar al monómero correspondiente. Ejemplos de polímeros sintéticos son el polietileno, nylon o poliestireno.

Protón: Un protón es una partícula cargada positivamente que se encuentra dentro del núcleo atómico. El número de protones en el núcleo atómico es el que determina el número atómico de un elemento, como se indica en la tabla periódica de los elementos

Rigidez dieléctrica: el valor límite de la intensidad del campo eléctrico en el cual un material pierde su propiedad aislante y pasa a ser conductor. Se mide en voltios por metro V/m (en el SI).

Rockwell: La dureza Rockwell o ensayo de dureza Rockwell es un método para determinar la dureza, es decir, la resistencia de un material a ser penetrado. El ensayo de dureza Rockwell constituye el método más usado para medir la dureza debido a que es muy simple de llevar a cabo y no requiere conocimientos especiales

Temperatura crítica: Temperatura sobre la cual un gas no puede ser licuado solo con presión. A esta temperatura, no hay distinción entre líquido y vapor, teniendo ambos la misma densidad y constituyendo un sistema homogéneo.

Termoplástico: que fluyen (pasan al estado líquido) al calentarlos y se vuelven a endurecer (vuelven al estado sólido) al enfriarlos. Su estructura molecular presenta pocos (o ningún) entrecruzamientos. Ejemplos: polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo PVC.

Termoestables: que no fluyen, y lo único que conseguimos al calentarlos es que se descompongan químicamente, en vez de fluir. Este comportamiento se debe a una estructura con muchos entrecruzamientos, que impiden los desplazamientos relativos de las moléculas.

Tracción: Acción de una fuerza o un par de fuerzas en un cuerpo para alargarlo.

Vickers: El ensayo Vickers es un prueba de dureza por penetración, en la cual se usa una maquina calibrada para aplicar una carga por medio de un penetrador (identador) piramidal de diamante sobre la superficie del material bajo prueba.

Vórtice: Un vórtice es un flujo turbulento en rotación espiral con trayectorias de corriente cerradas. Como vórtice puede considerarse cualquier tipo de flujo circular o rotatorio que posee vorticidad. La vorticidad es un concepto matemático usado en dinámica de fluidos que se puede relacionar con la cantidad de circulación o rotación de un fluido. La vorticidad se define como la circulación por unidad de área en un punto del flujo.

Vulcanización: La vulcanización es un proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo en presencia de azufre, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío.

APÉNDICE

ALAMBRE DE COBRE DESNUDO



ALAMBRE DE COBRE DESNUDO

Calibre	Área nominal de la sección transversal		Diámetro nominal	
	mm ²	kcml	mm	puq
30	0,050 67	0,100	0,254	0,010
29	0,064 69	0,180	0,287	0,011
28	0,080 42	0,159	0,320	0,013
27	0,102 4	0,202	0,361	0,014
26	0,128 2	0,253	0,404	0,016
25	0,162 6	0,320	0,455	0,018
24	0,205 1	0,404	0,511	0,020
23	0,258 8	0,511	0,574	0,023
22	0,324 7	0,640	0,643	0,025
21	0,411 7	0,812	0,724	0,028
20	0,519 1	1,020	0,813	0,032
19	0,653 3	1,290	0,912	0,036
18	0,823 5	1,620	1,024	0,040
17	1,040	2,050	1,151	0,045
16	1,307	2,580	1,290	0,051
15	1,651	3,260	1,450	0,057
14	2,082	4,110	1,628	0,064
13	2,627	5,180	1,829	0,072
12	3,307	6,530	2,052	0,081
11	4,169	8,230	2,304	0,091
10	5,260	10,380	2,588	0,102
9	6,633	13,090	2,906	0,114
8	8,367	16,510	3,264	0,129
7	10,55	20,820	3,665	0,144
6	13,30	26,240	4,115	0,162
5	16,76	33,090	4,620	0,182
4	21,15	41,740	5,189	0,204
3	26,57	52,620	5,827	0,229
2	33,62	66,360	6,543	0,258
1	42,41	83,690	7,348	0,289
1/0	53,48	105,600	8,252	0,325
2/0	67,43	133,100	9,266	0,365
3/0	85,01	167,800	10,40	0,410
4/0	107,2	211,800	11,68	0,460

(1) Calculada para un conductor desnudo, expuesto al sol, operando a una temperatura de 75°C. Temperatura ambiente: 25°C, velocidad del viento: 0,61 m/s, y emisividad térmica relativa de la superficie del conductor: 0,5
 (2) Estos valores se dan como información ya que la NOM-063 no los especifica.



ALAMBRE DE COBRE DESNUDO

Calibre AWG	Peso nominal kg / km	Capacidad de conducción de corriente (1) Ampere	Temple Duro	
			Carga promedio mínima de ruptura por tensión kg	Resistencia eléctrica CD a 20°C Ohm / km
30	0,450			
29	0,575			
28	0,715			
27	0,908			
26	1,14			
25	1,44			
24	1,82			
23	2,30			
22	2,88			
21	3,66			
20	4,61			
19	5,81			
18	7,32		39	21,8
17	9,24		49	17,3
16	11,62		61	13,7
15	14,69		77	10,9
14	18,51		97	8,63
13	23,35		122	6,82
12	29,41		153	5,41
11	37,06		192	4,30
10	46,77		240	3,41
9	58,95		300	2,70
8	74,38	90	375	2,14
7	93,80	110	468	1,70
6	118,2	120	581	1,35
5	149,0	140	722	1,07
4	188,0	170	894	0,848
3	237,1	190	1 107	0,673
2	298,9	220	1 363	0,533
1	377,0	270	1 674	0,423
1/0	475,5	310	2 051	0,335
2/0	599,5	360	2 506	0,263
3/0	755,8	420	3 051	0,209
4/0	953,2	480	3 697	0,166

(1) Calculada para un conductor desnudo, expuesto al sol, operando a una temperatura de 75°C. Temperatura ambiente: 25°C, velocidad del viento: 0,61 m/s y emisividad térmica relativa de la superficie del conductor: 0,5

CONDUCTORES ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN 600 V 90/75°C DIMENSIONES Y PESOS

VIKON

Alambres y Cables VIKON LS.
tipo THHW-LS 600 Volt, 90°C / 75°C con aislamiento de PVC
Conductor de cobre suave

Calibre AWG/kcmil	Área mm ²	Número de alambres	Diámetro conductor		Espesor nominal del aislamiento		Diámetro exterior		Peso aprox. kg/100m
			pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	
14	2,082	1	0,064	1,6	0,030	0,76	0,1240	3,1	2,7
12	3,307	1	0,081	2,1	0,030	0,76	0,1410	3,6	3,9
10	5,26	1	0,102	2,6	0,030	0,76	0,1620	4,1	5,8
8	8,367	1	0,129	3,3	0,045	1,14	0,2190	5,6	9,8
6	13,3	1	0,162	4,1	0,060	1,52	0,2820	7,2	15,8
14	2,082	19	0,073	1,8	0,030	0,76	0,1300	3,3	2,9
12	3,307	19	0,090	2,3	0,030	0,76	0,1500	3,8	4,2
10	5,26	19	0,113	2,9	0,030	0,76	0,1700	4,3	6,2
8	8,367	19	0,144	3,6	0,045	1,14	0,2300	5,8	10,4
6	13,3	19	0,180	4,6	0,060	1,52	0,3000	7,6	16,8
4	21,115	19	0,228	5,8	0,060	1,52	0,3500	8,9	25,0
3	26,67	19	0,255	6,5	0,060	1,52	0,3700	9,4	30,7
2	33,62	19	0,287	7,3	0,060	1,52	0,4000	10,2	37,8
1	42,41	19	0,322	8,2	0,080	2,03	0,4800	12,2	50,0
1/0	53,48	19	0,362	9,2	0,080	2,03	0,5200	13,2	61,0
2/0	67,43	19	0,406	10,3	0,080	2,03	0,5700	14,5	75,0
3/0	85,01	19	0,456	11,6	0,080	2,03	0,6200	15,7	93,0
4/0	107,2	19	0,512	13,0	0,080	2,03	0,6700	17,0	115,0
250	126,7	37	0,558	14,2	0,095	2,41	0,7500	19,1	138,0
300	152	37	0,611	15,5	0,095	2,41	0,8000	20,3	163,0
350	177,3	37	0,661	16,8	0,095	2,41	0,8500	21,6	188,0
400	202,7	37	0,706	17,9	0,095	2,41	0,9000	22,9	214,0
500	253,4	37	0,789	20,0	0,095	2,41	0,9900	25,1	264,0
600	304	61	0,866	22,0	0,110	2,79	1,0900	27,7	318,0
750	380	61	0,968	24,6	0,110	2,79	1,1900	30,2	393,0
1000	506,7	61	1,117	28,4	0,110	2,79	1,3400	34,0	517,0

Alambres y Cables VIKON tipo XHHW-2
con aislamiento de XLPE negro 600 Volt, 90°C en seco y mojado con conductor de cobre suave

Calibre AWG/kcmil	Área mm ²	Alambres	Diámetro conductor		Espesor nominal		Diámetro exterior		Peso aprox. kg/100m
			pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	
14	2,08	1	0,064	1,63	0,030	0,76	0,120	3,05	2,5
12	3,31	1	0,081	2,06	0,030	0,76	0,140	3,56	3,7
10	5,26	1	0,102	2,59	0,030	0,76	0,160	4,06	5,8
14	2,08	7	0,071	1,80	0,030	0,76	0,130	3,30	2,7
12	3,31	7	0,089	2,27	0,030	0,76	0,150	3,81	3,9
10	5,26	7	0,113	2,86	0,030	0,76	0,180	4,57	6,0
8	8,37	7	0,142	3,60	0,045	1,14	0,240	6,10	9,2
6	13,30	7	0,178	4,53	0,045	1,14	0,270	6,86	14,0
4	21,15	7	0,225	5,72	0,045	1,14	0,320	8,13	21,4
2	33,62	7	0,283	7,19	0,045	1,14	0,380	9,65	33,3
1	42,41	19	0,322	8,18	0,055	1,40	0,450	11,43	42,7
1/0	53,48	19	0,362	9,19	0,055	1,40	0,480	12,19	53,0
2/0	67,43	19	0,406	10,32	0,055	1,40	0,520	13,21	66,0
3/0	85,01	19	0,456	11,58	0,055	1,40	0,570	14,48	83,0
4/0	107,2	19	0,512	13,01	0,055	1,40	0,630	16,00	104,0
250	126,8	19	0,558	14,17	0,065	1,65	0,690	17,53	123,0
300	152,20	37	0,611	15,52	0,065	1,65	0,750	19,05	147,0
350	177,60	37	0,661	16,78	0,065	1,65	0,800	20,32	170,0
400	202,60	37	0,706	17,94	0,065	1,65	0,860	21,84	194,0
500	253,10	37	0,789	20,03	0,065	1,65	0,920	23,37	241,0
600	303,70	61	0,866	22,00	0,080	2,03	1,030	26,16	291,0
750	379,30	61	0,968	24,59	0,080	2,03	1,130	28,70	362,0
1000	506,70	61	1,117	28,38	0,080	2,03	1,300	33,02	479,0

VIKON

Cables VIAKON tipo RHH / RHW / USE
 Con aislamiento de XLPE negro 600 Volt, 90°C / 75°C conductor de cobre suave

Calibre AWG/kcmil	Area mm ²	Alambres	Diámetro conductor		Espesor nominal		Diámetro exterior		Peso aprox. kg/100m
			pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	
14	2,08	7	0,071	1,80	0,045	1,14	0,160	4,1	2,9
12	3,31	7	0,089	2,27	0,045	1,14	0,180	4,6	4,3
10	5,26	7	0,113	2,86	0,045	1,14	0,210	5,3	6,3
8	8,37	7	0,142	3,60	0,045	1,14	0,270	6,9	10,1
6	13,30	7	0,178	4,53	0,060	1,52	0,300	7,6	15,2
4	21,15	7	0,225	5,72	0,060	1,52	0,350	8,9	23,1
2	33,62	7	0,283	7,19	0,060	1,52	0,410	10,4	35,4
1	42,41	10	0,322	8,10	0,060	2,03	0,500	12,7	45,2
1/0	53,48	19	0,362	9,19	0,080	2,03	0,530	13,5	56,0
2/0	67,43	19	0,406	10,32	0,080	2,03	0,570	14,5	69,0
3/0	85,01	19	0,456	11,58	0,080	2,03	0,620	15,7	86,0
4/0	107,2	19	0,512	13,01	0,080	2,03	0,680	17,3	107,0
250	126,8	19	0,558	14,17	0,095	2,41	0,750	19,1	129,0
300	152,20	37	0,611	15,52	0,095	2,41	0,810	20,6	152,0
350	177,60	37	0,661	16,78	0,095	2,41	0,860	21,8	176,0
400	202,60	37	0,706	17,94	0,095	2,41	0,910	23,1	200,0
500	253,10	37	0,789	20,03	0,095	2,41	1,000	25,4	247,0
600	303,70	61	0,866	22,00	0,110	2,79	1,100	27,9	298,0
750	379,30	61	0,968	24,59	0,110	2,79	1,200	30,5	369,0
1000	506,70	61	1,117	28,38	0,110	2,79	1,380	35,1	487,0

❖ **CONCLUSIONES.**

Los conductores eléctricos juegan un papel importante en la seguridad de la instalación eléctrica por su impacto en la presencia de accidentes eléctricos.

El correcto dimensionamiento de las secciones y la adecuada selección de los tipos de conductores eléctricos a usar previenen accidentes eléctricos como por ejemplo incendios y electrocuciones.

La seguridad de la instalación eléctrica depende de numerosos factores como la tensión, intensidad de corriente, temperatura, etc. Sin embargo un factor a considerar es proteger la seguridad del entorno y de las personas que deban manipular los tendidos eléctricos.

Las propiedades que diferencian al aluminio y al cobre los hacen tener áreas de aplicación diferentes para la transmisión de la energía. El cobre es mejor conductor, por lo que se requiere menor sección transversal para transmitir energía, lo que redundaría en conductores más delgados. Además el cobre posee alta resistencia a la corrosión. El aluminio por su parte, es más liviano, por lo que es ideal en instalaciones aéreas.

Tomando en cuenta lo escrito anteriormente, y el uso de normas eléctricas se puede ahorrar dinero y gozar de una instalación segura y confiable.

❖ BIBLIOGRAFÍA BÁSICA.

- Autor: Donald R. Askeland; 1998, Editorial; International Thomson.
Ciencia e ingeniería de los materiales.
- Autor: Flinn Trojan; 1979, Ed. Mc Graw Hill
Materiales para ingeniería y sus aplicaciones.
- Autor: Enríquez Harper Gilberto; 2000, Ed. Limusa
Manual de Instalaciones Electromecánicas.
- Autor: Lawrence H. Van Vlack; 1984, Ed. Alfaomega.
Tecnología de los Materiales.
- Autor: Héctor Pérez Montiel; 2000, Ed. Publicaciones Culturales.
Física General.
- Autor: Enríquez Harper Gilberto; 2004, Ed. Limusa.
Diseño de Sistemas eléctricos
- Autor: Jacinto Viqueira Landa; 1993, Ed. Alfaomega
Redes Eléctricas I
- Autor: José Roldán Viloria; 2004, Ed. Creaciones Copyright
Instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Autor: Carl A. Keyser; 1988, Ed. Limusa.
Ciencia de materiales para ingeniería
- Autor: Paúl A. Tripler
Física.
- Autor: Harry Mileaf; 1983 y 1984, Ed. Limusa
Electricidad I, II.
Autor: Francisco L. Singer; 1984, Ed. Continental.
Electricidad.
- NOM 001 sede 2005
- WWW.Viakon.com
- WWW.Condumex.com.mx
- WWW.Procobre.com