



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ARAGÓN

**“TÍTULO”
“GENERALIDADES DEL DISEÑO DE
INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES E
INDUSTRIALES”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO
MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A:
NOMBRE(S):**

**GARCIA GOMEZ MIGUEL ANGEL.
ROBLES RIOS JUAN CARLOS.**

ASESOR: ING. VERDE CRUZ ABEL.



México

2010



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.

AGRADECIMIENTOS.

***HA SIDO EL OMNIPOTENTE,
QUIEN HA PERMITIDO QUE LA SABIDURÍA
DIRIJA Y GUÍE NUESTROS PASOS.
HA SIDO EL TODOPODEROSO,
QUIEN HA ILUMINADO NUESTRO SENDERO
CUANDO MÁS OSCURO HA ESTADO,
HA SIDO EL CREADOR DE TODAS LAS COSAS,
EL QUE NOS HA DADO FORTALEZA PARA CONTINUAR
CUANDO A PUNTO DE CAER HEMOS ESTADO;
POR ELLO, CON TODA LA HUMILDAD
QUE DE NUESTRO CORAZÓN PUEDE EMANAR,
DEDICAMOS PRIMERAMENTE NUESTRO TRABAJO A DIOS.***

***PERO SIN LUGAR A DUDA ESTA TESIS NO PUDO HABERSE REALIZADO SIN LA FORMACIÓN QUE
RECIBÍMOS DURANTE CINCO AÑOS EN LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES “ARAGÓN”
(U.N.A.M.). GRACIAS A TODOS LOS MAESTROS QUE CONTRIBUYERON REALMENTE EN NUESTRA
FORMACIÓN, EN ESPECIAL A NUESTRO ASESOR ABEL VERDE CRUZ.***

***A NUESTROS PADRES Y HERMANOS POR EL APOYO RECIBIDO DURANTE LA CARRERA, LA
CONFIANZA BRINDADA AUN EN MOMENTOS DIFÍCILES Y EN ESPECIAL POR SU CARÍÑO PARA EL
CUAL NO EXISTEN PALABRAS QUE EXPRESEN LO QUE HAN SIGNIFICADO EN EL TRANCURSO
DE NUESTROS ESTUDIOS.
POR ESTO Y POR MUCHO MAS NUESTRO MAS PROFUNDO AGRADECIMIENTO.***

Índice	1
--------	---

Introducción	4
--------------	---

CAPITULO I.

CONCEPTOS BASICOS PARA UNA INSTALACION ELECTRICA.

1.1 DEFINICION DE INSTALACION ELECTRICA.	5
1.2 FINALIDADES DE UNA INSTALACION ELECTRICA.	5
1.3 TIPOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS.	6
1.4 IMPORTANCIA DE LAS NORMAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS.	6
1.5 ANTECEDENTES HISTORICOS DE ELECTRICIDAD.	8
1.6 CARGA ELECTRICA Y FORMAS DE ELECTRIZAR A LOS CUERPOS.	10
1.7 CORRIENTE ELECTRICA.	12
1.8 FUERZA ELECTROMOTRIZ.	13
1.9 RESISTENCIA ELECTRICA.	14
1.10 CIRCUITO BASICO ELEMENTAL.	15
1.11 LEY DE OHM.	16
1.12 POTENCIA Y ENERGIA ELECTRICA.	18
1.13 CIRCUITO SERIE, PARALELO Y MIXTO (LEYES DE KIRCHHOFF).	20
1.14 LEY DE OHM PARA C.A.	26
1.15 RESISTENCIA, INDUCTANCIA Y CAPACITANCIA EN LOS CIRCUITOS DE C.A.	27
1.16 REACTANCIA CAPACITIVA E INDUCTIVA.	30
1.17 CIRCUITO RL, RC EN SERIE Y PARALELO.	32
1.18 CIRCUITO RLC EN SERIE Y PARALELO.	39
1.19 CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.	43
1.20 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN DE LAMPARAS INCANDESCENTES QUE SON CONTROLADAS CON APAGADORES DE DOS, TRES Y CUATRO VIAS.	47
1.21 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN DE CONTACTOS Y RECOMENDACIONES EN DONDE COLOCARLOS SEGÚN EL LUGAR DONDE SE UTILIZEN.	52
1.22 CONEXIÓN DE UN TIMBRE.	55
1.23 TIPOS DE AMARRES.	56
1.24 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS.	60
1.25 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	65
1.26 INSTALACION DE LAMPARAS FLUORESCENTES.	77
1.27 CONSEJOS EN LA ELABORACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS.	80
1.28 SEGURIDAD INDUSTRIAL.	84
1.29 PRIMEROS AUXILIOS.	87

CAPITULO 2.

ELEMENTOS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION.

2.1 TUBO CONDUIT METALICO DE PARED GRUESA.	91
--	----

2.2 TUBO CONDUIT METALICO SEMIPESADO.	92
2.3 TUBO CONDUIT METALICO DE PARED DELGADA (THIN WALL).	92
2.4 TUBO CONDUIT METALICO FLEXIBLE.	93
2.5 TUBOS CONDUIT NO METALICOS.	94
2.6 DUCTOS.	99
2.7 CHAROLAS.	100
2.8 ELECTRODUCTO.	101
2.9 TIPOS DE CAJAS DE CONEXIÓN.	102
2.10 QUE ES UNA SOBRECORRIENTE.	105
2.11 QUE ES UN FUSIBLE.	108
2.12 TIPOS Y CAPACIDADES DE FUSIBLES.	108
2.13 QUE ES UN INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO.	110
2.14 TIPOS Y CAPACIDADES DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.	111
2.15 APLICACIONES NEMA PARA GABINETES.	114
2.16 QUE ES UN CONDUCTOR ELECTRICO.	116
2.17 TIPOS DE CONDUCTORES ELECTRICOS.	118
2.18 DEFINICION DE CALIBRE.	119
2.19 CARACTERISTICAS DE CONDUCTORES CON DIFERENTE AISLAMIENTO.	121
2.20 REPRESENTACION DE TABLAS CON CARACTERISTICAS DE CONDUCTORES ELECTRICOS.	125
2.21 TIPOS Y CARACTERISTICAS DE MOTORES ELECTRICOS.	137
2.22 CONTROL DE MOTORES DE C.A.	146
2.23 PROTECCION DE MOTORES ELECTRICOS.	155
2.24 DIAGRAMA DE CONEXIÓN PARA EL CONTROL DE UN MOTOR TRIFASICO A TRES HILOS A TENSION PLENA.	160
2.25 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN PARA EL CONTROL DE MOTORES TRIFASICOS A TENSION REDUCIDA.	161
2.26 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN PARA MOTORES TRIFASICOS CON ARRANCADORES REVERSIBLES.	163

CAPITULO 3.

METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACION ELECTRICA.

3.1 APLICACIÓN Y ANALISIS PARA SISTEMAS MONOFASICOS A DOS HILOS Y TRES HILOS.	166
3.2 APLICACIÓN Y ANALISIS PARA SISTEMAS TRIFASICOS A TRES HILOS Y CUATRO HILOS.	169
3.3 RESOLUCION DE PROBLEMAS PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES ELECTRICOS POR CORRIENTE.	174
3.4 QUE ES CENTRO DE CARGA Y RESOLUCION DE PROBLEMAS PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES ELECTRICOS POR CAIDA DE TENSION.	181
3.5 QUE ES UN CIRCUITO DERIVADO.	190

3.6 CALCULO DE LA CARGA EN LOS CIRCUITOS DERIVADOS REPRESENTANDOLO A TRAVES DE UN CUADRO DE CARGAS Y SU DIAGRAMA UNIFILAR.	196
3.7 CARACTERISTICAS DE PLANOS EN BAJA TENSION.	199
3.8 PROYECTO DE UNA INSTALACION ELECTRICA RESIDENCIAL CON EL USO DE CIRCUITOS DERIVADOS.	211
CONCLUSIONES.	226
ANEXO	
SIMBOLOS ELECTRICOS QUE SON UTILIZADOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS	227
BIBLIOGRAFÍA.	243

INTRODUCCION:

Considerando que la electricidad es la forma energética más utilizable por el ser humano y si no se utiliza de manera correcta a nuestras necesidades esto hace que sea una causa importante de accidentes, causando lesiones de gravedad que pueden variar, desde un ligero cosquilleo hasta la muerte por paro cardíaco, asfixia o grandes quemaduras.

La gravedad de las lesiones se incrementa de acuerdo a la intensidad de la corriente durante el contacto eléctrico, es decir la corriente que circula por el cuerpo de una persona es mayor cuando aumenta el voltaje al que es expuesto el accidentado y menor cuando aumenta la resistencia de paso por el cuerpo.

Es por eso que en el presente trabajo se mostrara la gran importancia que tienen las instalaciones eléctricas, ya que es significativo entender desde como se lleva a cabo, así como conocer el funcionamiento de cada uno de sus elementos que la integran.

Las instalaciones eléctricas por muy simples o complicadas que parezcan, es el medio por el cual los hogares y las industrias se proveen de energía eléctrica para el funcionamiento de los aparatos domésticos o industriales, que requieran de ella.

Por lo tanto es indispensable tomar en cuenta normas y reglamentos que debemos cumplir para garantizar un buen y duradero funcionamiento todo lo anterior con el propósito de que ofrezcan condiciones apropiadas de seguridad para las personas y sus elementos que la componen, en este trabajo se utilizaran datos de la Norma Oficial Mexicana NOM – 001-SEDE 2005.

Primeramente se abordaran conceptos indispensables, conexiones básicas, etc., que son esenciales para la comprensión de la realización de una instalación eléctrica.

Por consiguiente también se mostrarán elementos que son utilizados en dichas instalaciones, así como algunos principios para entender el control de motores eléctricos.

Y que con la ayuda de lo teórico poder llegar a lo práctico a través de una metodología entendible.

Por lo cual se espera que el contenido de esta obra lo puedan usar personas que requieran hacer instalaciones eléctricas sin importar su nivel de preparación en el tema.

CAPITULO I.

CONCEPTOS BASICOS PARA UNA INSTALACION ELECTRICA.

1.1 DEFINICION DE INSTALACION ELECTRICA.

Se denomina instalación eléctrica a la unión de elementos que nos permiten conducir y repartir la energía eléctrica, desde el suministro hasta los dispositivos o receptores que la utilicen. Entre los elementos a mencionar son los siguientes: cajas de conexión, tuberías y componentes de unión entre estas, conductores eléctricos, accesorios de control y protección.

En cuanto a los receptores de una instalación que pueden ser diversos hacemos referencia a los siguientes:

Televisores, radios, licuadoras, refrigeradores, aspiradoras, planchas, lámparas, etc., dicho de otra manera cualquier tipo de electrodoméstico, elevadores, aparatos de calefacción, motores y equipos eléctricos en general.

1.2 FINALIDADES DE UNA INSTALACION ELECTRICA.

En una instalación eléctrica la energía eléctrica debe de distribuirse a sus elementos conectados de una manera segura y eficiente. Por consiguiente algunas de las peculiaridades que deben de tener son las siguientes:

Eficientes.- Tomando en cuenta a una buena construcción y cuando se termina la instalación eléctrica, la energía se transmite con la mayor eficiencia que sin duda es aprovechada por todos los receptores.

Seguras.- Que proporcionen la seguridad a las personas y elementos durante su funcionamiento, de esta manera se previenen accidentes e incendios.

Económicas.- Que su costo sea adecuado a las necesidades que se requieran, tomando en consideración que los materiales utilizados y la mano de obra sea de calidad.

Flexibles.- Es decir que se pueda ampliar, disminuir o bien modificarse con gran facilidad de acuerdo a posibles necesidades futuras.

Simples.- Que faciliten el mantenimiento sin tener que recurrir a métodos o personas altamente calificadas, por ejemplo cuando se necesite cambiar dispositivos o ampliar dicha instalación.

Distribución.- Una buena distribución hace que la instalación sea agradable a la vista, como es el caso de una buena repartición de iluminación hace que haya un buen nivel lumínico uniforme. En cuanto en la industria por ejemplo al tratarse de motores o cualquier otro equipo deben de colocarse a modo de que puedan dejar espacio libre para la circulación del personal que trabaje ahí.

1.3 TIPOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS.

Debido a la forma de su construcción, lugar donde se ubiquen y dependiendo de cual sea su uso las podemos definir de la siguiente manera:

Totalmente Visible.- En la que se pueden ver directamente todos sus componentes y por ende no tienen protección alguna en cuanto se refiere a esfuerzos mecánicos y al medio en el que se encuentran.

Totalmente Oculta.- La que no se puede ver por estar dentro de muros, pisos, losas, etc. Como por ejemplo en nuestros hogares la parte oculta del entubado está en ranuras que posteriormente son tapadas, por consiguiente mediante cajas de conexión que están unidas a la tubería en estas se hacen las conexiones necesarias y así quedando únicamente los elementos de protección y control con el frente al exterior.

Temporales.- Son instalaciones en las cuales la energía eléctrica es aprovechada en determinado tiempo, como por ejemplo en las ferias, exposiciones, así como en obras en proceso, etc.

Visibles entubadas.- En este tipo de instalaciones se utiliza tubería, canaletas, cajas de conexión, dispositivos de control y protección por encima de muros, techos, etc., con el fin de protegerla a esfuerzos mecánicos o bien al medio en el que se encuentran. Todo lo anterior se hace debido a que muchas veces el material de las construcciones como por ejemplo en los muros es imposible ranurar.

A prueba de explosión.- Se consideran instalaciones especiales ya que se encuentran en áreas con ambiente peligroso como es en lugares en donde utilizan sustancias químicas que son corrosivas o en donde hay peligro de incendio debido a gases inflamables. En este tipo de instalaciones quedan herméticamente cerrados sus elementos ya sean cajas de conexión, elementos de unión, etc., todo con el fin de que si por algún motivo llegara haber un corto circuito las chispas no salgan al exterior, por lo cual esto evitara que se llegaran a producir incendios por fallas en la instalación.

1.4 IMPORTANCIA DE LAS NORMAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS.

Es de suma importancia tener en cuenta las normas que debemos cumplir al pie de la letra para garantizar un buen funcionamiento, con la finalidad de actuar adecuadamente a la hora de hacer una instalación y por ende cuidar nuestra integridad física. En pocas palabras una buena instalación eléctrica depende del cumplimiento de las normas y reglamentos.

El diseño de las instalaciones eléctricas se hace con respecto a un marco legal. Un buen proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente apropiada, que respeta las normas y códigos aplicables. En México las NTIE (Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas) publicadas por la dirección General de Normas, constituyen el marco legal que menciono anteriormente.

En este trabajo se utilizarán datos de la Norma Oficial Mexicana NOM – 001- SEDE 2005 la cual fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE), con el apoyo de la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía y la Coordinación de la Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE).

Esta Norma Oficial Mexicana (NOM), tiene como objeto dar a conocer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que tienen que cumplir las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, con la finalidad de que ofrezcan una buena seguridad para las personas y el patrimonio de estas.

El saber cumplir una norma de acuerdo a sus lineamientos, nos permitirá el uso de la energía eléctrica en forma segura; tomando en cuenta de que esta norma no es un manual con instrucciones para personas no calificadas es por eso el motivo de la realización de este trabajo.

Esta NOM es aplicable en instalaciones de propiedades industriales, comerciales, y residenciales, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Así como en instalaciones para edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación. Pero también para casas móviles, vehículos de recreo, construcciones flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres de servicio automotor, estaciones de servicio, lugares de reunión, teatros, salas y estudios de cinematografía, hangares de aviación, clínicas y hospitales, construcciones agrícolas, marinas y muelles, entre otros.

Podemos describir lo que cubre esta norma en forma general de la siguiente manera:

- En cuanto a la tensión para alimentar circuitos su criterio es hasta 600 V de corriente alterna y 1 500 V de corriente continua. Y considerando que para corriente alterna, la frecuencia tomada en esta norma es de 60 Hz, sin embargo no se excluye el uso de otras frecuencias para aplicaciones especiales.
- A circuitos, que no sean los circuitos internos de aparatos, operando a una tensión superior a 600 V y que se derivan de una instalación con una tensión que no exceda de 600 V de C.A., por ejemplo: los circuitos de lámparas a descarga, precipitadores electrostáticos.
- Para alambrado fijo de telecomunicaciones, señalización, control y similares (sin considerar el alambrado interno de aparatos).
- Las ampliaciones o modificaciones a las instalaciones, así como a las partes de instalaciones existentes afectadas por estas ampliaciones o modificaciones.

Así como es aplicable en algunos criterios ya mencionados anteriormente también existen otros que no son tomados por esta norma como son:

- Para instalaciones eléctricas en barcos y embarcaciones.
- Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.

- Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico en lo relativo a la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación del equipo rodante o de señalización y comunicación.
- Instalaciones eléctricas en áreas subterráneas de minas, así como en la maquinaria móvil autopropulsada de minería superficial y el cable de alimentación de dicha maquinaria.
- Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones donde se localice.

1.5 ANTECEDENTES HISTORICOS DE ELECTRICIDAD.

Hoy en día sabemos que la electricidad es indispensable puesto que gracias a ella es posible el funcionamiento de dispositivos, maquinas y equipos que ayudan en las actividades cotidianas del hombre. Y debido a que hay una amplia variedad de aportaciones de grandes científicos a través de la historia se trataran de describir los estudios de algunos ellos.

Los primeros fenómenos relacionados con la electricidad fueron descritos por el griego Tales de Mileto, cerca del año 600 a. C., quien observo que al frotar el ámbar este adquiría la cualidad de atraer objetos ligeros. Por esta razón la palabra electricidad proviene del vocablo griego elektron, que significa ámbar. Sin embargo tres siglos después otro filósofo griego llamado Theophrastus dio a conocer que otras sustancias poseen esta propiedad.

Sin embargo en el año 1600 d. C. William Gilbert fue el primer científico que aplico el termino eléctrico a la fuerza que ejercen ciertas sustancias al ser frotadas y que atraen cuerpos ligeros.

Además realizo experimentos de electrostática y magnetismo, y quizás su aportación más importante a la ciencia fue la de demostrar experimentalmente el magnetismo terrestre. También fue el primero en emplear los términos "energía eléctrica", "atracción eléctrica" o "polo magnético".

En 1733 el francés Charles Francois de Cisternay Du Fay fue el primero en identificar la existencia de dos tipos de cargas eléctricas, lo que hoy en día conocemos como carga positiva y negativa, que él denomino carga vitria y carga resinosa, debido a que ambas se manifestaban al frotar el vidrio (+) y algunas substancias resinosa como el ámbar (-).

El estadounidense Benjamín Franklin (1706-1790), observo que cuando un conductor con carga negativa terminaba en punta., los electrones se acumulan ahí y por repulsión abandonan dicho extremo deteniéndose en las moléculas de aire o un conductor cercano con carga positiva, así como también un conductor cargado positivamente atrae a los electrones por la punta, arrancándolos de las moléculas de aire cercanas, estos fenómenos hacen referencia al llamado poder de puntas. En base al fenómeno descrito anteriormente, Franklin propuso aplicarlo en la protección de edificios con la ayuda del pararrayos el cual consiste en una larga barra metálica que termina en punta que se coloca en la parte más alta de las construcciones y con la ayuda de un cable de cobre se conecta a una plancha metálica enterrada en el suelo.

El francés Charles Agustín de Coulomb (1736-1806), estudio las leyes de atracción y repulsión eléctrica. En el año de 1777 invento la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción o repulsión que ejercen entre sí dos cargas eléctricas, esto lo logro colocando una pequeña esfera con carga eléctrica a variadas distancias de otras con carga, así de esta manera pudo medir la fuerza de atracción o repulsión mediante la torsión observada en la balanza. Con ese aparato demostró que la fuerza entre dos cargas también es proporcional al producto de las cargas individuales.

El italiano Alessandro Volta (1745-1827), construyo la primera pila eléctrica hecha con la combinación de dos metales distintos con un líquido que servía de conductor. En 1775 inventó el electróforo, un instrumento que producía y almacenaba cargas de electricidad estática.

El alemán Georg Simón Ohm (1787-1854), conocido principalmente por su estudio en la relación que existe entre la intensidad de una corriente eléctrica, su fuerza electromotriz y la resistencia, formulando en 1827 la ley fundamental de las corrientes eléctricas que lleva su nombre.

El francés André Marie Ampere (1775-1836), hizo importantes aportaciones al estudio de la corriente eléctrica y el magnetismo, que constituyeron, junto con los trabajos del danés Hans Christian Oesterd, al desarrollo del electromagnetismo. Descubrió las leyes que hacen posible el movimiento de una aguja magnética por una corriente eléctrica, lo que hizo posible el funcionamiento de los actuales aparatos de medida. Demostró que dos conductores paralelos por los que circula una corriente en el mismo sentido, se atraen, mientras que si los sentidos de la corriente son opuestos, se repelen. Por otro lado la unidad de la intensidad de corriente eléctrica definida por el amperio en honor a su nombre.

El ingles Michael Faraday (1791-1867), se dio cuenta de cómo utilizar un imán para generar una corriente eléctrica en un espiral de hierro. Por otro lado propuso la teoría sobre la electrización por influencia, al indicar que un conductor hueco forma una pantalla para las acciones eléctricas y a partir del descubrimiento de la inducción electromagnética logro inventar el generador eléctrico.

El británico Joseph John Thompson (1856-1940), quien baso sus estudios en la estructura de la materia y de los electrones. El descubrimiento del electrón lo realizó al comprobar que los rayos catódicos estaban formados por partículas cargadas negativamente determinando posteriormente la relación entre su carga y su masa.

El ingles James Prescott Joule (1818-1889), hizo estudios sobre los fenómenos producidos por la corriente eléctrica y el calor emitido en los circuitos eléctricos. En donde se dio cuenta que el calor que se origina por una corriente eléctrica que fluye a través de un conductor, es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y el tiempo que esta dure en pasar.

Entre otras grandes contribuciones a la electricidad encontramos la del alemán Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), por haber formulado las dos leyes o reglas, que llevan su nombre, sobre la distribución de corrientes y tensiones en un circuito; el estadounidense

Joseph Henry (1797-1878), constructor del primer electroimán; el ruso Heinrich Lenz (1804-1865), quien dio a conocer la ley relativa al sentido de la corriente inducida; el escocés James Maxwell (1831-1879), quien propuso la teoría electromagnética de la luz y las ecuaciones generales del campo electromagnético y el yugoslavo Nikolas Tesla (1856-1943), invento el motor asíncrono y realizó estudios sobre las corrientes polifásicas.

1.6 CARGA ELECTRICA Y FORMAS DE ELECTRIZAR A LOS CUERPOS.

Todos los cuerpos que nos rodean están formados por átomos y estos a su vez de partículas muy importantes conocidos por el nombre de protones, electrones y neutrones. En donde los protones y electrones tienen una carga eléctrica, los primeros tienen carga positiva y los otros negativa, mientras que los neutrones son conocidos eléctricamente como neutros, lo cual quiere decir que no tienen carga.

El átomo está compuesto por un núcleo, en el que se localizan los protones y neutrones, y a su alrededor giran los electrones. Un átomo es neutro cuando se dice que tienen el mismo número de protones y electrones, sin embargo un átomo puede ganar electrones y quedar cargado negativamente, o también puede perderlos y obtener carga positiva. Aunque el protón tiene una masa superior a la del electrón la magnitud de sus cargas es la misma, es por eso que la carga del electrón neutraliza a la del protón.

Para entender mejor lo anteriormente escrito se puede corroborar con el siguiente ejemplo: El frotamiento es una forma de cargar eléctricamente un cuerpo, algo muy común es cuando nos peinamos con vigor nuestro cabello pierde electrones, entonces se dice que este ha adquirido una carga positiva; mientras que el peine que ha ganado los electrones perdidos tendrá una carga negativa. De lo anterior podemos concluir que no se producen nuevos electrones lo único que sucede es que circulan de un cuerpo a otro.

Algo establecido en la electricidad es que cargas del mismo signo se repelen y cargas de signo contrario se atraen. Cuando dos objetos tienen la misma carga, es decir, que ambos son positivos o negativos se dice que tienen cargas iguales y cuando un objeto tiene carga positiva y el otro tiene carga negativa se dice que tienen cargas diferentes u opuestas.

Como ya se ha mencionado anteriormente un cuerpo se puede electrizar al perder o ganar electrones. No confundir cuando se dice que un cuerpo está cargado positivamente diciendo que tiene exceso de protones, puesto que los protones no tienen la propiedad de los electrones de moverse fácilmente. Por lo cual se dice que un cuerpo está cargado positivamente si pierde electrones y negativamente cuando los gana.

Los cuerpos se pueden electrizar de la siguiente manera:

Un cuerpo electrizado por *frotamiento* produce pequeñas chispas eléctricas, como por ejemplo es común observar que cuando nos quitamos algún suéter de lana en un cuarto oscuro las chispas pueden observarse y oírse a la vez.

Otra forma es cuando al electrizar un cuerpo por *contacto* se dice que un cuerpo saturado de electrones da algunos a otro al estar en contacto con el, pero si un cuerpo cargado positivamente se une con otro atraerá electrones de este.

Así como también la electrización por *inducción* sucede cuando un cuerpo se carga eléctricamente al acercarse a otro ya electrizado. Por ejemplo una regla con carga negativa se acerca a un pedazo de papel descargado, conforme la regla se aproxima pone a los electrones hasta el lado más alejado del átomo y así la superficie más cercana del papel a la regla tiene el lado positivo de los átomos. Como el espacio positivo del papel está más cerca al espacio negativo de la regla lo puede atraer, pero aunque no haya contacto la superficie del papel se carga a distancia o mejor dicho por inducción y cuando la regla se quita la carga inducida desaparece.

Debido a que el electrón nos permite dar a conocer que carga tienen un cuerpo, la unidad para medir carga eléctrica es el electrón, pero como es una unidad muy pequeña para cálculos se usan unidades prácticas, como lo es en el Sistema Internacional que utiliza el coulomb.

La equivalencia es la siguiente:

$$1 \text{ coulomb (C)} = 6.24 \times 10^{18} \text{ electrones}$$

$$1 \text{ electrón} = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ protón} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Por tanto, si decimos que un cuerpo tiene una carga negativa de un coulomb establecemos que tiene un exceso de 6.24×10^{18} electrones; o bien una carencia de igual cantidad de electrones, si su carga fuera positiva.

Es también común utilizar submúltiplos debido a que el coulomb es una unidad de carga eléctrica muy grande como son: El milicoulomb (mC), el microcoulomb (μC) y el nanocoulomb (nC).

$$1 \text{ mC} = 1 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$1 \mu\text{C} = 1 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$1 \text{ nC} = 1 \times 10^{-9} \text{ C}$$

1.7 CORRIENTE ELECTRICA.

Se define como el flujo de electrones a través de un material conductor. La unidad básica de medida de la corriente eléctrica es el Amper (A) y se representa con la letra I. La podemos medir en un circuito eléctrico si se utiliza un instrumento conocido como amperímetro el cual se conecta en serie, es decir, extremo con extremo entre los componentes del circuito (Observe Figura a).

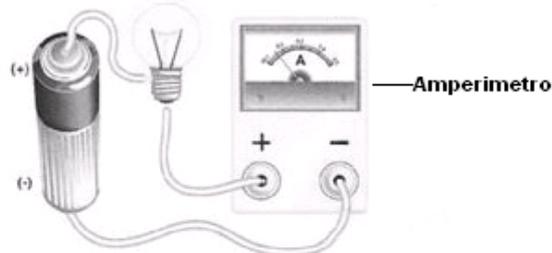


Figura a.

Tomando en cuenta el interés de este trabajo la cantidad de corriente que circula a través de un circuito eléctrico, determina el calibre de los conductores que se van a utilizar en este, lo cual quiere decir que no podemos utilizar un cable delgado en un circuito por donde fluye una corriente muy alta, pues el conductor se calentaría y produciría que se derritiera el aislante que lo protege, lo cual originaría un riesgo de incendio. Así como también la corriente determina los dispositivos de control y de protección, estos últimos, deben de elegirse de modo que puedan mantener la máxima corriente que demande el circuito.

Tipos de Corriente:

Corriente Continua (C.C.): Se denomina también corriente directa (C.D.) y ambos términos pueden emplearse para la identificación o marcado de equipos, aunque debe tenderse al empleo de C.C., que es el normalizado nacional e internacionalmente. En este tipo de corriente, los electrones circulan en el mismo sentido en un circuito eléctrico, desplazándose del polo negativo al positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM), como es el caso de una batería utilizada por los autos o pilas de uso común en nuestros hogares (Figura b).



Figura b.

Gráficamente se representa de la siguiente manera:



Este tipo de corriente es muy utilizada en los aparatos electrónicos que utilizan un voltaje relativamente pequeño.

Corriente Alterna (CA): Se caracteriza por tener cambios de sentido y magnitud, se representan como ondulaciones en la corriente, por lo que los electrones se mueven a uno y otro lado del conductor, así en un instante el polo positivo cambia a negativo y viceversa; repitiéndose el mismo proceso en forma constante. Cuando un electrón cambia de sentido, se produce una alternancia, en donde dos alternancias consecutivas constituyen un ciclo y el número de ciclos por segundo recibe el nombre de frecuencia la cual se mide en Hertz, en el sistema eléctrico mexicano la frecuencia es de 60 Hz, por lo que cambia de sentido 120 veces por segundo.

Este tipo de corriente es la que comúnmente utilizamos en nuestros hogares (Observe Figura c).

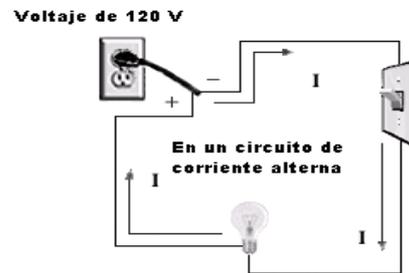
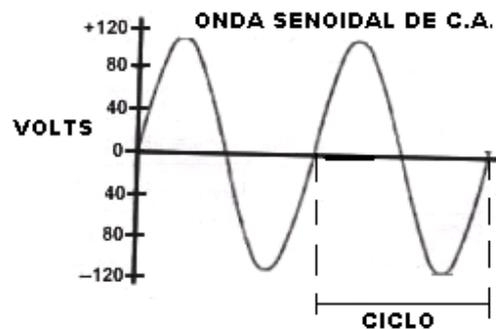


Figura c.

Gráficamente se representa como una onda senoidal:



1.8 FUERZA ELECTROMOTRIZ.

Como su nombre lo indica no es más que una fuerza que hace posible el movimiento de electrones a través de un circuito eléctrico. La palabra voltaje es la que utilizamos comúnmente al hablar de este concepto, pero sin embargo también recibe otros nombres como son, diferencia de potencial, fuerza electromotriz (FEM) y vulgarmente hablando tensión.

Cuando decimos que existe una diferencia de potencial nos referimos que al conectar una fuente de energía eléctrica en un circuito eléctrico, existe un exceso de electrones en una

terminal, en este caso la terminal que tiene el exceso se dice que tiene carga negativa y la que tiene deficiencia carga positiva.

Por lo que en la terminal que tiene carga positiva los electrones se encuentran mas separados de lo normal y es evidente que la energía potencial es menor que la de la terminal negativa, por lo tanto existe una diferencia de potencial la cual crea la presión necesaria para hacer que circule la corriente.

Para entender mejor se describe el siguiente ejemplo, si se tienen 2 esferas fijas y a una la cargamos positivamente, es decir quitándole electrones e introducirlos en la otra esfera esta quedara cargada negativamente, en donde las cargas en la esfera negativa son las que originan la fuerza electromotriz, esta fuerza tiende a mover los electrones de la esfera negativa hacia la esfera positiva. La magnitud de esta fuerza electromotriz que actúa entre ambas esferas dependerá de la cantidad de carga de cada una de ellas y la distancia que las separe. La energía de la esfera negativa es almacenada como energía potencial que en realidad es la energía de los electrones que la carga tiene en exceso, los cuales efectuaran un trabajo cuando estos regresen a la esfera cargada positivamente.

Su unidad básica de medida es el Volt y se representa con la letra V o E y se puede medir con la ayuda de un aparato conocido como voltímetro el cual se debe conectar en paralelo con el elemento que se quiera medir. La Figura (d) nos muestra la forma de cómo medir el voltaje en un contacto de nuestros hogares.

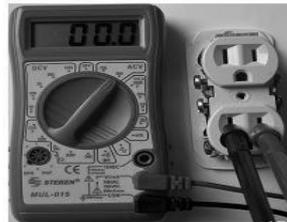


Figura d.

1.9 RESISTENCIA ELECTRICA.

Es la oposición que presenta un circuito eléctrico al paso de la corriente eléctrica o movimiento de electrones. En un circuito eléctrico la resistencia comúnmente la puede representar un simple foco o lámpara incandescente.

Debemos de saber que la corriente eléctrica circula con mayor facilidad en los metales, en cambio existen otros materiales que presentan gran dificultad para permitir el paso de corriente como es el caso de la madera, vidrio, plástico, etc.

Por otra parte existen algunos factores que influyen en la resistencia eléctrica de un conductor como son:

La longitud del conductor.- A mayor longitud mayor es la resistencia, es decir, si se duplica la longitud de un conductor, también lo hace su resistencia. La razón de esto se debe a que los electrones han de desplazarse a mayor distancia por el material conductor.

Naturaleza del conductor.- Si tomáramos conductores de la misma longitud pero de diferente material, como por ejemplo plata, cobre, aluminio y hierro, podemos verificar que de los cuatro el que tiene menor resistencia es la plata y que el hierro tiene el mayor valor.

Área transversal.- Esta es determinada por el diámetro del conductor, a medida que el conductor tiene mayor área el valor de su resistencia disminuye. El motivo es que un conductor con mayor diámetro tiene más electrones libres por unidad de longitud que un conductor de menor diámetro del mismo material.

Temperatura.- En un conductor de metal su resistencia aumenta casi en forma proporcional a su temperatura, más sin en cambio en otro tipo de material como es el carbón disminuye su resistencia al incrementarse la temperatura, porque la energía que produce la elevación de temperatura libera más electrones. La resistencia que corresponde a cada material se le da el nombre de resistencia específica o resistividad (ρ), en donde la resistividad de una sustancia a una determinada temperatura está definida como la resistencia de un alambre de dicha sustancia de 1m de largo y de 1 m² de sección transversal. A medida que la resistividad de un alambre aumenta disminuye su capacidad de conducir corriente eléctrica. Por consiguiente la conductividad (σ) se emplea para especificar la capacidad de un material para conducir la corriente y se define como la inversa de la resistividad.

$$\text{Conductividad} = \frac{1}{\text{Resistividad}}$$

Por otra parte la unidad de medida para la resistencia es el Ohm (Ω), normalmente las resistencias se representan con la letra R. Para la medición de la resistencia se utilizan aparatos llamados óhmetros, en donde estos se conectan al circuito que se va a medir la resistencia, cuando el circuito está desenergizado. Así como también el valor de la resistencia se puede obtener por un método indirecto al conocer el valor del voltaje y la corriente.

1.10 CIRCUITO BASICO ELEMENTAL.

Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos unidos de una forma adecuada y que a su vez permiten el paso de electrones. El sentido real de la corriente va del polo negativo al positivo. Sin embargo, en los primeros estudios se consideró al revés. Por lo que hoy en día se consideran las siguientes teorías:

Teoría convencional: La corriente fluye de positivo a negativo.

Teoría electrónica: La corriente fluye de negativo a positivo.

Independientemente de que se hable de circuitos elementales o complejos, debemos de tener en cuenta que requieren de cuatro partes básicas:

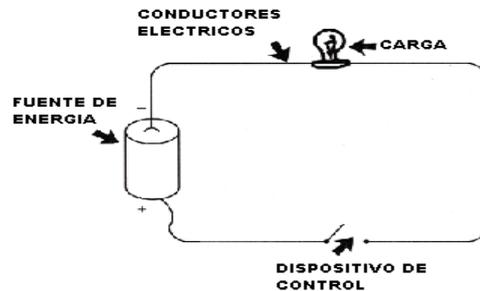
Fuente de energía: Son aquellos elementos capaces de mantener una diferencia de potencial entre los extremos de un circuito. Una fuente de energía puede ser desde un contacto de la instalación eléctrica de nuestros hogares o bien una batería de auto.

Conductores eléctricos: Son los que dan el paso a la corriente o movimiento de electrones, como por ejemplo en nuestra vivienda se usan cables o alambres de cobre como conductores.

Dispositivos de control: Como su nombre lo indica son interruptores que nos permiten controlar, es decir, abrir o cerrar el circuito cuando lo necesitemos y a su vez que este permanezca en la misma posición hasta que volvamos a actuar sobre él.

Carga: Son aquellos elementos capaces de aprovechar el paso de la corriente eléctrica, como pueden ser motores, focos, tostadores, horno de microondas, televisores, planchas, etc.

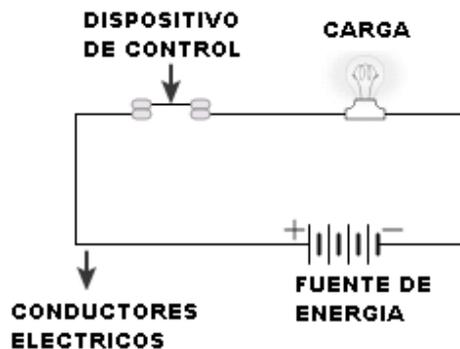
La siguiente Figura nos muestra la representación de un circuito eléctrico básico elemental:



1.11 LEY DE OHM.

Esta ley nos dice que si se incrementa la diferencia de potencial en un circuito eléctrico cerrado la intensidad de corriente es mayor, pero al incrementarse la resistencia en los conductores la corriente tiende a disminuir.

Circuito Eléctrico Cerrado: Se considera circuito cerrado cuando la corriente fluye por todo el circuito sin tener alguna interrupción, como lo es en la siguiente ilustración:



Más sin en cambio si accionamos o abrimos nuestro dispositivo de control estamos interrumpiendo el flujo de electrones por lo cual ahora se considera circuito eléctrico abierto.

Matemáticamente la Ley de Ohm se expresa de la siguiente manera:

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

Donde:

E= Diferencia de potencial aplicado a los extremos del circuito eléctrico expresado en Volts (V).

R = Resistencia en el circuito eléctrico expresado en Ohms (Ω).

I = Intensidad de la corriente que circula por el circuito eléctrico expresado en Amperes (A).

Nota: Esta formula se aplica cuando la carga es exclusivamente resistiva como por ejemplo alumbrado incandescente.

Considerando la formula anterior podemos obtener otras dos formulas al despejar el voltaje y la resistencia de la siguiente manera:

$$R = \frac{E}{I} \text{ ----- } (\Omega) \quad ; \quad E = RI \text{ ----- } (V)$$

Los siguientes ejemplos ayudaran a entender mucho mejor esta ley:

Un tostador eléctrico tiene una resistencia de 20 Ω . ¿Cual será la intensidad de la corriente que pasara al conectarlo a una línea de 120V?

Analizamos el problema de la siguiente manera, primero observamos que valores tenemos y cual es la incógnita a obtener:

$$R = 20 \Omega$$

$$E = 120 V$$

$$I = ?$$

Verificamos que formula es la correcta para su resolución y sustituimos valores:

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

$$I = \frac{120V}{20 \Omega} = 6A$$

Un alambre conductor deja pasar 5 A al aplicarle una diferencia de potencial de 115 V. ¿Cuál es el valor de su resistencia?

Siguiendo el procedimiento escrito anteriormente:

$$I = 5 A$$

$$E = 115V$$

$$R = ?$$

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

$$R = \frac{115V}{5A} = 23 \Omega$$

Calcular la diferencia de potencial aplicada a una resistencia de 12Ω , si por ella fluye una corriente de 6A.

$$R = 12 \Omega$$

$$I = 6A$$

$$E = ?$$

$$E = RI$$

$$E = (12 \Omega) (6A) = 72 V$$

1.12 POTENCIA Y ENERGIA ELECTRICA.

Cuando se mueve una carga eléctrica en un circuito eléctrico a través de sus conductores se dice que se esta realizando un trabajo, el cual es demandado o consumido, por ejemplo cuando gira un motor o al conectar una plancha. Si deseamos conocer la rapidez con que se realiza un trabajo, se determina la potencia eléctrica. Entonces podemos definir que la potencia eléctrica es la rapidez con que se realiza un trabajo, o bien también se puede establecer como la energía que consume una maquina o cualquier dispositivo eléctrico en un segundo. Se denota con la letra P y su unidad es el Watt (W).

Para calcular la potencia en un circuito eléctrico se usa la siguiente formula:

$$P = EI$$

Donde:

P = Potencia en Watts (W)

E = Voltaje o Fuerza Electromotriz en Volts (V)

I = Corriente en Amperes (A)

Así como en la ley de Ohm, tomando en cuenta la formula anterior podemos obtener otras dos formulas al despejar el voltaje y la corriente de la siguiente manera:

$$I = \frac{P}{E} \text{ (A)} \quad ; \quad E = \frac{P}{I} \text{ (V)}$$

Ejemplo:

Si se tiene un foco conectado a 127 Volts y toma una corriente de 0.5 A, el valor de su potencia es la siguiente:

Usando la formula antes mencionada:

$$P = EI$$

$$P = (127V) (0.5A) = 63.5 \text{ Watts}$$

Debido a que la potencia es disipada por la resistencia de cualquier circuito eléctrico, es necesario deducirla en términos de la resistencia.

Entonces de la ley de ohm:

$$E = IR$$

Y si sustituimos esta formula en la expresión de la potencia ($P = EI$), se obtiene:

$$P = (IR) (I) = I^2R$$

Pero también se puede obtener otra ecuación para la potencia, sustituyendo $I = E/R$ en la formula de la potencia ($P = EI$), quedando de la siguiente manera:

$$P = E (E/R) = E^2/R$$

Ejemplos prácticos:

¿Cual seria el valor de la potencia que consume y la corriente que circula por un foco que tiene una resistencia de 94.9 Ohms y que a su vez se conecta a una alimentación de 127 Volts?

Primero observamos que valores tenemos y cuales son las incógnitas a obtener:

$$R = 94.9 \Omega$$

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

$$I = ?$$

$$P = ?$$

Por lo tanto la potencia consumida es:

$$P = E^2 / R = 127^2 / 94.9 \Omega = 169.96 \text{ Watts}$$

Y la corriente que circula es de:

$$I = E / R = 127 / 94.9 = 1.34 \text{ Amperes}$$

Cuando la potencia es consumida por un cierto tiempo se le conoce como energía eléctrica y se expresa como Watts-Hora o Kilowatts-Hora y la formula empleada para esto es la siguiente:

$$P = (E) (I) (t)$$

Nota: 1 KW = 1000W

En donde t es el tiempo que por lo regular es expresado en horas.

Para poder medir la energía eléctrica consumida por ciertos dispositivos conectados en un circuito eléctrico, es necesario saber que potencia ha sido consumida y durante que tiempo, por ejemplo una lámpara de 180 Watts que trabaja durante 10 horas la energía consumida es de:

$$(180\text{Watts})(10\text{Horas}) = 1800 \text{ Watts-Hora} = 1.8 \text{ KWH}$$

En nuestros hogares el Kilowatt-Hora es lo que se paga como consumo de energía eléctrica. Para poder entender esto, se puede suponer lo siguiente:

Si en una casa se tienen 8 lámparas, cada una de 70 Watts que están funcionando 9 Horas por día, esto durante 30 días y si el costo de energía es de \$ 0.50 centavos por cada Kilowatt-Hora. Por lo tanto el costo de estas lámparas es:

$$\text{Potencia total: } 8 \times 70 = 560 \text{ watts}$$

$$\text{La energía consumida durante un día es de: } (560\text{Watts}) (9\text{Horas}) = 5040\text{W-H} = 5.04 \text{ KW-H}$$

$$\text{Para 30 días: } (5.04 \text{ KW-H}) (30\text{Días}) = 151.2 \text{ KW-H}$$

$$\text{Por lo que el costo es de: } (151.2 \text{ KW-H}) (\$ 0.50 \text{ Centavos}) = \$ 75.6$$

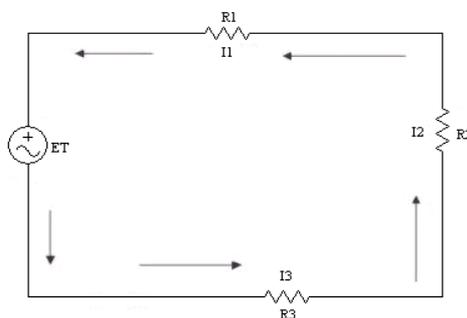
El dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica en nuestros hogares es el Kilowatt-horímetro y del cual representantes de la empresa eléctrica de suministro, toman lecturas mensual o bimestralmente. En donde el cobro de energía se hace sobre la base de la diferencia entre cada dos periodos de lectura, por ejemplo que la lectura actual fue de 2750 KW-H y en la lectura anterior se tomo la lectura de 1759 KW-H, entonces el cargo por consumo de energía eléctrica se hace sobre la diferencia de las dos lecturas, es decir:

$$\text{Consumo: } 2750 - 1759 = 991 \text{ KW-H.}$$

1.13 CIRCUITO SERIE, PARALELO Y MIXTO (LEYES DE KIRCHHOFF).

-Circuito Serie:

La siguiente figura nos muestra un circuito en serie:



Estableciendo las siguientes igualdades:

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3$$

En la última igualdad se puede definir la segunda Ley de Kirchhoff que dice:
La suma de las caídas de voltaje en un circuito cerrado es igual al voltaje total aplicado.

Por lo que las características de un circuito serie son las siguientes:

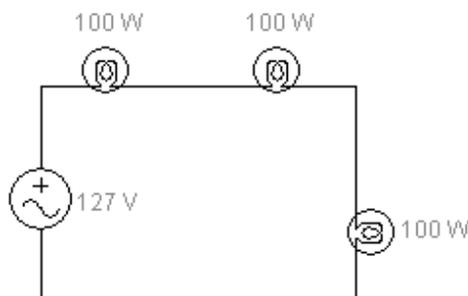
1.- La corriente eléctrica que circula es la misma en todos los elementos, esto lo podemos corroborar conectando un amperímetro en cualquier parte del circuito y observando que los valores medidos son los mismos.

2.- Se forma un solo camino por donde circula la corriente, por lo que si se interrumpe el flujo de electrones en cualquier punto del circuito se suspende la corriente en todo el circuito. Como sucede regularmente con las series de focos de navidad ya que al fundirse un foco se apagan los demás que pertenecen a ese camino, regularmente los caminos se diferencian unos de otros porque están por colores.

3.- El valor de la corriente que circula por el circuito disminuye conforme aumenta la resistencia de los elementos conectados y la resistencia total del circuito es igual a la suma de las resistencias de cada uno de los componentes, ya que cada uno de ellos opone cierta resistencia al paso de la corriente.

Ejemplo:

Calcular la corriente que circula por tres focos de 100 Watts que están conectados en serie y que a su vez están alimentados por 127 Volts, cada foco tiene una resistencia de 161.29 Ohms.



La corriente se calcula utilizando la Ley de Ohm:

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

En donde la resistencia total (R_T) del circuito se calcula de acuerdo a la característica número 3 antes mencionada de la siguiente manera:

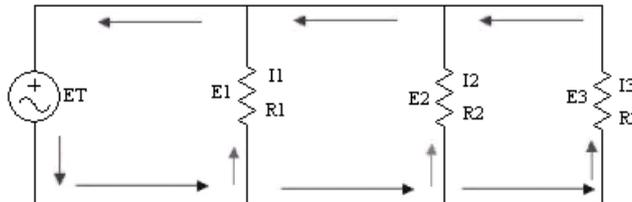
$$R_T = 161.29 \Omega + 161.29 \Omega + 161.29 \Omega = 483.87 \Omega$$

Y sustituyendo en la Ley de Ohm queda:

$$I = \frac{127V}{483.87\Omega} = 0.26 \text{ Amperes (A)}$$

- Circuito Paralelo:

La mayoría de las instalaciones eléctricas tienen sus cargas conectadas en paralelo, la siguiente figura nos muestra un circuito en conexión paralelo:



Estableciendo las siguientes igualdades:

$$E_T = E_1 = E_2 = E_3$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

De la segunda igualdad se puede definir la primera Ley de Kirchhoff que dice:

La suma de las corrientes que entran en un nodo o empalme de un circuito eléctrico es igual a la suma de las corrientes que salen de él. Por lo cual la suma algebraica de todas las intensidades de corriente en cualquier unión de un circuito es igual a cero.

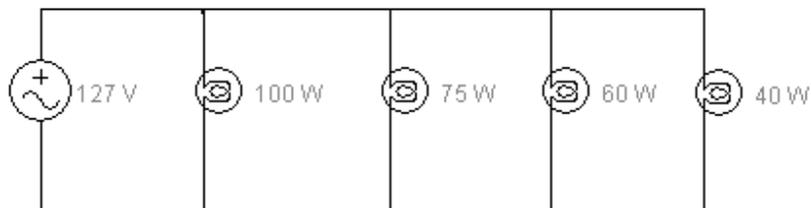
Nota: Un nodo es un punto de una red eléctrica en el cual se unen tres o más conductores

Por lo que las características de un circuito paralelo son las siguientes:

- 1.- La corriente total que circula por todo el circuito, es igual a la suma de las corrientes de los elementos en derivación, también llamadas ramas en paralelo.
- 2.- En comparación con los circuitos conectados en serie, si llegamos a quitar alguno de sus elementos conectados en paralelo, no afecta a los otros, por lo que se dice que no se interrumpe el flujo de electrones. Es por esta razón el uso de esta conexión en las instalaciones eléctricas.
- 3.- Toda la carga esta conectada a la misma tensión.
- 4.- La resistencia total del circuito, va a ser siempre menor que cualquiera de la resistencia de la carga. Matemáticamente se dice que la resistencia total del circuito es igual a la inversa de la suma de las inversas de cada una de las resistencias.

Ejemplo:

En la siguiente figura se tienen 4 lámparas conectadas en paralelo. ¿Calcular la resistencia total equivalente y la corriente total del circuito?



Las resistencias de las lámparas se calculan haciendo uso de una formula vista en el cálculo de la potencia de la siguiente manera:

$$P = E^2/R$$

Despejando R de la formula anterior queda de la siguiente manera:

$$R = E^2/P$$

Por lo tanto la resistencia de la lámpara de 100 Watts es:

$$R_1 = E^2/P = (127 \text{ V})^2 / (100 \text{ W}) = 161.29 \Omega$$

Lámpara de 75 Watts:

$$R_2 = E^2/P = (127 \text{ V})^2 / (75 \text{ W}) = 215.05 \Omega$$

Lámpara de 60 Watts:

$$R_3 = E^2/P = (127 \text{ V})^2 / (60 \text{ W}) = 268.82 \Omega$$

Lámpara de 40 Watts:

$$R_4 = E^2/P = (127 \text{ V})^2 / (40 \text{ W}) = 403.23 \Omega$$

Por lo que la resistencia total equivalente es:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{161.29 \Omega} + \frac{1}{215.05 \Omega} + \frac{1}{268.82 \Omega} + \frac{1}{403.23 \Omega}}$$

$$R_T = 58.6509 \Omega$$

La corriente total del circuito se calcula utilizando la Ley de Ohm:

$$I_T = \frac{E}{R_T}$$

$$I_T = \frac{127 \text{ V}}{58.6509 \Omega} = 2.17 \text{ A}$$

Así como también se puede calcular la corriente total, obteniendo la corriente de cada lámpara y posteriormente sumarlas:

La corriente en la lámpara 1:

$$I_1 = P_1/E = (100\text{W}) / (127\text{V}) = 0.7874 \text{ A}$$

La corriente en la lámpara 2:

$$I_2 = P_2/E = (75\text{W}) / (127\text{V}) = 0.5906 \text{ A}$$

La corriente en la lámpara 3:

$$I_3 = P_3/E = (60 \text{ W}) / (127\text{V}) = 0.4724 \text{ A}$$

La corriente en la lámpara 4:

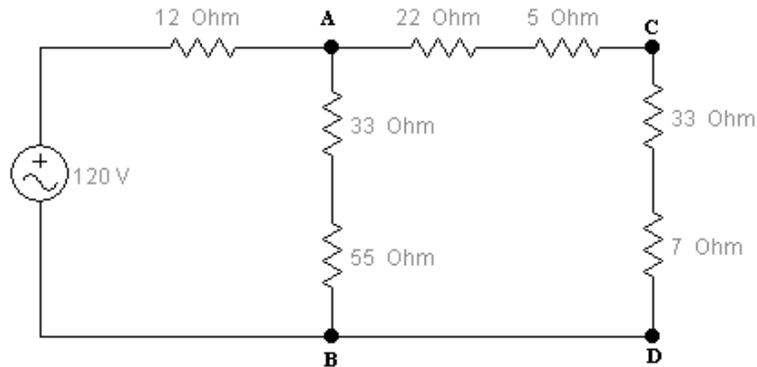
$$I_4 = P_4/E = (40 \text{ W}) / (127\text{V}) = 0.3150 \text{ A}$$

Por lo tanto la I_T es:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0.7874 \text{ A} + 0.5906 \text{ A} + 0.4724 \text{ A} + 0.3150 \text{ A} = 2.17 \text{ A}$$

- Circuito Mixto:

En estos circuitos se hace una combinación entre serie y paralelo como se muestra a continuación:



¿Calcular la resistencia total equivalente y la corriente total del circuito en base a la figura anterior?

Para poder resolver este tipo de circuitos lo primero que tenemos que hacer es reducir el circuito localizando todos los dispositivos en serie, en este caso entre las letras A y C, C y D, A y B encontramos resistencias en serie.

Entre A y C:

$$R_1 = 22 \Omega + 5 \Omega = 27 \Omega$$

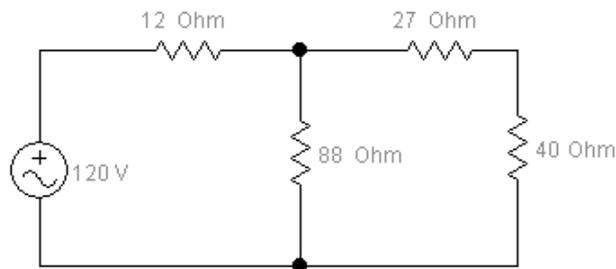
Entre A y B:

$$R_2 = 33 \Omega + 55 \Omega = 88 \Omega$$

Entre C y D:

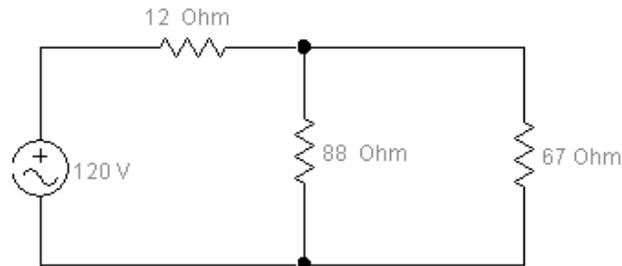
$$R_3 = 33 \Omega + 7 \Omega = 40 \Omega$$

Quedando de la siguiente manera el circuito, observando que ahora las resistencias R_1 y R_3 están en serie.



$$R_{1-3} = 27 \Omega + 40 \Omega = 67 \Omega$$

Obteniendo el circuito siguiente:

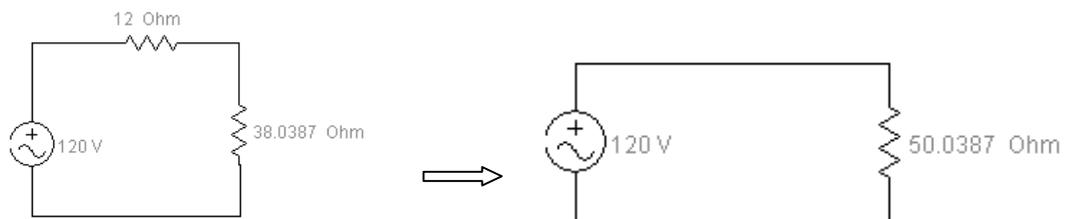


Ahora tenemos R_2 y R_{1-3} en paralelo y resolviendo este arreglo obtenemos:

$$R_p = \frac{1}{\frac{1}{88 \Omega} + \frac{1}{67 \Omega}} = 38.0387 \Omega$$

Por ultimo observamos que tenemos dos resistencias en serie:

$$R_T = 38.0387 \Omega + 12 \Omega = 50.0387 \Omega$$



Por lo tanto la corriente total del circuito es:

$$I_T = \frac{E}{R_T}$$

$$I_T = \frac{120 \text{ V}}{50.0387 \Omega} = 2.40 \text{ A}$$

1.14 LEY DE OHM PARA C.A.

Se dice que es Ley de Ohm para corriente alterna cuando tenemos en un circuito conectadas cargas resistivas, inductivas, capacitivas o bien una combinación de dos o de las tres que a su vez esta recibe el nombre de impedancia que se representa con la letra Z y su unidad es el Ohm (Ω).

Matemáticamente se representa:

$$I = E/Z$$

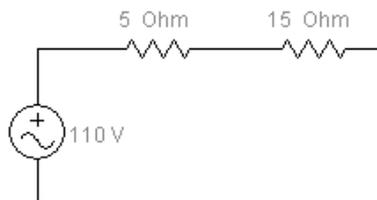
Al igual que en el apartado 1.11 la formula anterior se lee: La corriente aumenta conforme aumenta el voltaje pero si existe una impedancia alta la corriente tiende a disminuir.

1. 15 RESISTENCIA, INDUCTANCIA Y CAPACITANCIA EN LOS CIRCUITOS DE C.A.

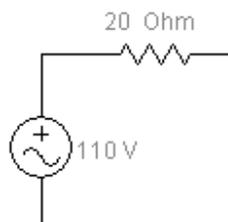
Resistencia:

Cuando tenemos un circuito resistivo de corriente alterna las variaciones de corriente están en fase con el voltaje aplicado, esta relación que existe de fase entre corriente y voltaje significa que dicho circuito de corriente alterna puede analizarse con la misma Ley de Ohm utilizada por los circuitos de corriente continua resistivos ($I = E/R$).

Por ejemplo si se aplica un voltaje de corriente alterna de 110 Volts a dos resistencias conectadas en serie $R_1 = 5\Omega$ y $R_2 = 15\Omega$. ¿Cuál será la corriente y caída de voltaje de cada una de ellas y como se representa mediante diagrama de fasores la corriente y el voltaje?



Antes de poder utilizar la ley de ohm para obtener la corriente que circula en el circuito, observamos que hay dos resistencias en serie, por lo cual reducimos el circuito y procedemos a hacer nuestro cálculo de interés.



$$I = E / R \implies I = 110V / 20\Omega = 5.5 \text{ A}$$

Como sabemos que en un circuito serie la corriente es la misma en todos los elementos:

$$I_1 = 5.5 \text{ A}$$

$$I_2 = 5.5 \text{ A}$$

Por lo que la caída de voltaje en cada elemento es el siguiente:

$$E_1 = I_1 R_1 = (5.5A) (5 \Omega) = 27.5 \text{ V}$$

$$E_2 = I_2 R_2 = (5.5A) (15 \Omega) = 82.5 \text{ V}$$

Por lo cual nos podemos dar cuenta que de la segunda Ley de Kirchhoff el voltaje total aplicado al circuito es igual a la suma de las caídas de tensión de cada uno de los elementos.

$$E_T = E_1 + E_2 \Longrightarrow 110 \text{ V} = 27.5 \text{ V} + 82.5 \text{ V} \Longrightarrow 110 \text{ V} = 110 \text{ V}$$

Quedando el diagrama de fasores de la siguiente manera:



Es decir que la corriente esta en fase con el voltaje pues no existe un ángulo entre ellos, recordando que los valores son eficazes o RMS.

Inductancia:

La inductancia es la propiedad de generar una fuerza contra electromotriz autoinducida provocada por las variaciones de corriente en un circuito; en donde dicha fuerza contra electromotriz se opone a las variaciones de la corriente en el circuito. Este fenómeno ocurre en cualquier circuito de corriente alterna ya que en un circuito de corriente directa la corriente fluye en un solo sentido por lo que es constante y por lo cual el campo magnético generado también es constante. Como sabemos en la C.A. la corriente varía de cero a un máximo luego decrece a cero y cambia de dirección para variar nuevamente de cero a un máximo y a cero otra vez; esto se repite mientras el circuito este energizado; lo anterior da como resultado que el campo magnético generado alrededor de los conductores varía de manera similar cambiando de polaridad conforme la corriente cambia de sentido y así mismo varía de cero a un máximo y a cero, esto nos genera la fuerza contra electromotriz que a su vez nos genera la corriente autoinducida en sentido contrario a la corriente de alimentación.

Nota: Siempre será menor la corriente autoinducida a la corriente de alimentación del circuito.

El fenómeno de la inductancia se observa con mayor intensidad en las bobinas, y siendo más concretos a lo anteriormente descrito se establece que al circular una corriente por una bobina en esta se formara un campo magnético en torno a ella, pero al cambiar el sentido de la corriente también se modificara el campo magnético alrededor de la bobina, por lo cual existirá una variación en las líneas de flujo magnético en ella, esto formara una Fem inducida en la bobina.

Por otra parte se representa con la letra L y su unidad de medida es el Henry (H). Como este fenómeno se debe a un cambio de corriente en una bobina induce una Fem en ella, el Henry se puede definir en términos de la Fem inducida por unidad de rapidez de cambio de la corriente. Por lo que la inductancia equivale a un Henry si la rapidez de cambio de la corriente es de un ampere por segundo e induce una Fem de un volt.

Matemáticamente se expresa:

$$L = - \frac{\epsilon}{\Delta i / \Delta t}$$

O bien si despejamos a la Fem inducida:

$$\epsilon = - L (\Delta i / \Delta t)$$

Donde:

L = Inductancia expresada en (Volts-Segundo) / Ampere = Henry (H)

\mathcal{E} = Fem inducida medida en Volts \rightarrow (V) (*Voltaje en los extremos de la bobina*)

Δi = Cambio de la corriente en amperes (A), la letra i indica que es una corriente inducida

Δt = Tiempo en el que se efectúa el cambio en la corriente medido en segundos (s)

El signo negativo indica que la Fem autoinducida es una fuerza contra electromotriz que se opone al cambio de la corriente.

Ejemplo:

Calcular la fuerza electromotriz inducida en una bobina cuya inductancia es de 0.5 H, si la corriente varía 80 mA cada segundo.

$\mathcal{E} = ?$

L = 0.5 H = 0.5 Vs/A

$\Delta i = 80 \text{ mA} = 80 \times 10^{-3} \text{ A}$

$\Delta t = 1 \text{ segundo}$

Sustituyendo valores en la formula siguiente:

$\mathcal{E} = - L (\Delta i / \Delta t)$

$\mathcal{E} = - \frac{(0.5 \text{ Vs/A}) (80 \times 10^{-3} \text{ A})}{1 \text{ s}}$

$= - 40 \times 10^{-3} \text{ V}$

Capacitancia:

Un capacitor es un dispositivo eléctrico que esta formado de dos placas conductoras de metal separadas por un material aislante llamado dieléctrico, el capacitor almacena carga en este dieléctrico y las placas, en este sus placas son eléctricamente neutras por lo que el capacitor no tiene carga mientras que cuando se conecta a una fuente la carga negativa de la placa negativa es atraída a la terminal positiva y este movimiento proseguido hasta que la diferencia entre las cargas de ambas placas sea igual al voltaje de la fuente, es entonces cuando se dice que el capacitor esta cargado, como casi nada de la carga puede cruzar el espacio entre ambas placas del capacitor este permanecerá cargado aunque este se desconecte de la fuente, sin embargo si se conecta un conductor entre ambas placas los electrones encuentran un camino para regresar a su placa y estas vuelven a quedar eléctricamente neutras y se dice que el capacitor se descarga.

En términos eléctricos la capacitancia es la capacidad de almacenar una carga eléctrica, es decir que la capacitancia es igual a la cantidad de carga que puede almacenar un capacitor dividida por el voltaje aplicado entre las placas.

$C = \frac{Q}{V}$

C = Capacitancia (Faraday)

Q = Carga almacenada o cantidad de carga (Coulombs)

V = Voltaje (Volts)

La unidad de la capacitancia es el faradio y es la capacitancia que almacena un coulomb de carga en el dieléctrico cuando el voltaje aplicado entre las terminales del capacitor es de un volt.

1.16 REACTANCIA CAPACITIVA E INDUCTIVA.

Reactancia Inductiva: Es una oposición debida a una fuerza contra electromotriz generada en un circuito de corriente alterna de naturaleza inductiva por la variación del campo magnético establecido por tal corriente, su símbolo es X_L y su valor se expresa en ohms (Ω)

La X_L tiene dos efectos en estos circuitos:

- 1.- Se opone al paso de la corriente.
- 2.- Hace que la corriente se atrase en 90° aproximadamente con respecto a la tensión aplicada, además varía proporcionalmente a la frecuencia.

Para calcular la reactancia inductiva de una bobina se utiliza la siguiente formula:

$$X_L = 2\pi fL$$

En donde:

f = Frecuencia en Hertz (Hz)

L = Inductancia en Henry (H)

X_L = Reactancia Inductiva en ohms (Ω)

En un circuito que contenga únicamente inductancia se puede usar la Ley de Ohm para encontrar los valores de corriente y de voltaje, únicamente se sustituye la resistencia por la reactancia inductiva.

$$I = V / R$$

$$I_L = V_L / X_L$$

$$V_L = I_L X_L$$

Ejemplo:

Se tienen un circuito de C.A. cuya bobina tienen una inductancia de 20 H y que opera a una frecuencia de 950 Hz, ¿Cuál será el valor de la reactancia inductiva de la bobina?

De acuerdo a la formula $X_L = 2\pi fL$, sustituimos los valores que se dan:

$$X_L = 2\pi (950\text{Hz}) (20\text{H}) = 119380.52 \Omega$$

Reactancia Capacitiva: Es la oposición o resistencia que ofrecen al flujo de la corriente eléctrica los capacitores o condensadores, su símbolo es X_C y su valor se expresa en ohms (Ω).

La X_C tiene dos efectos en estos circuitos:

- 1.- Se opone al paso de la corriente.
- 2.- Hace que la corriente se adelante en 90° con respecto a la tensión aplicada, así esta reactancia varia inversamente proporcional a la frecuencia.

La reactancia capacitiva puede determinarse con la siguiente formula:

$$X_C = 1 / (2\pi fC)$$

En donde:

X_C = Reactancia capacitiva en ohms (Ω)

f = Frecuencia en Hertz (Hz)

C = Capacitancia en Faradios (F)

En un circuito que contenga únicamente capacitancia se puede usar la ley de ohm para encontrar los valores de corriente y de voltaje, únicamente se sustituye la resistencia por la reactancia capacitiva.

$$I = V / R$$

$$I_C = V_C / X_C$$

$$V_C = I_C X_C$$

Ejemplo:

Una fuente de voltaje de C.A. de 110 V se conecta a través de un capacitor de $6 \mu\text{F}$. ¿Cuál es el valor de la reactancia capacitiva y el valor de la corriente en el capacitor, si la frecuencia de la fuente es de 60 Hz?

De acuerdo a los valores que se dan:

$$V = 110 \text{ V}$$

$$C = 6 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$X_C = ?$$

$$I_C = ?$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

Sustituimos en la formula $X_C = 1 / (2\pi fC)$

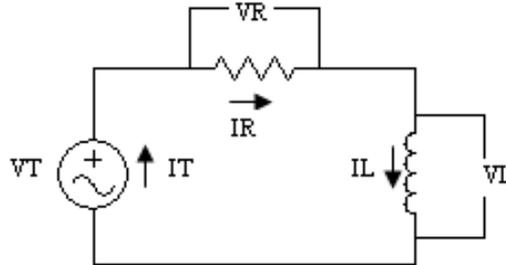
$$X_C = \frac{1}{(2\pi) (60\text{Hz}) (6 \times 10^{-6} \text{ F})} = 442 \Omega$$

Y para $I_C = V_C / X_C$

$$I_C = (110\text{V}) / (442 \Omega) = 0.25\text{A}$$

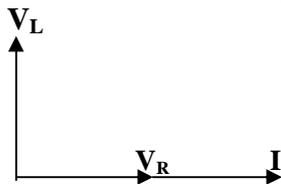
1.17 CIRCUITO RL, RC EN SERIE Y PARALELO.

Representación de un Circuito RL en serie:

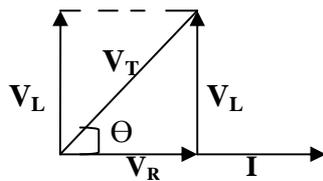


Cuando una bobina tiene una resistencia en serie la corriente es la misma en la reactancia inductiva y en la resistencia por estar en serie, la caída de voltaje en la resistencia es $V_R = IR$, y en la reactancia inductiva es igual a $V_L = IX_L$, por otra parte la corriente que pasa por X_L esta atrasada en 90° con respecto al voltaje inductivo, mientras que la corriente que pasa por la resistencia y su caída de voltaje están en fase.

Lo anterior se puede representar con fasores de la siguiente manera:



Para combinar dos formas de onda fuera de fase se suman sus fasores equivalentes, lo cual consiste en sumar la cola de un fador a la punta del otro, usando un ángulo para indicar su fase relativa, la suma de los fasores es un fador resultante que va del inicio de un fador al final del otro.



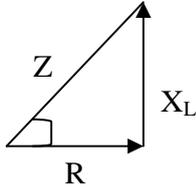
Θ = Angulo de desfasamiento entre las dos tensiones el cual se puede calcular como sigue:

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} \frac{V_R}{V_T}$$

Como los fasores V_R y V_L forman un ángulo recto, el fador resultante es la hipotenusa de un triángulo rectángulo, por lo que utilizamos el Teorema de Pitágoras del modo siguiente:

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

Para obtener la impedancia de un circuito RL en serie también se aplica la suma de fasores de la resistencia y de la reactancia inductiva y a esta resultante se le llama impedancia como se muestra a continuación.



$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Ejemplo:

En un circuito RL serie por el que circula una corriente de 3A a través de una resistencia de 40 Ω y una reactancia inductiva de 60 Ω . ¿Calcular el voltaje resistivo, voltaje inductivo, voltaje e impedancia total del circuito y el ángulo de desfasamiento?

$$I = 3A$$

$$R = 40 \Omega$$

$$X_L = 60 \Omega$$

Como la corriente es la misma en todo el circuito, se procede a calcular el voltaje en cada elemento:

$$I_T = I_R = I_L$$

$$V_R = I_R R = (3A)(40 \Omega) = 120 V$$

$$V_L = I_L X_L = (3A)(60 \Omega) = 180 V$$

Por lo tanto:

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

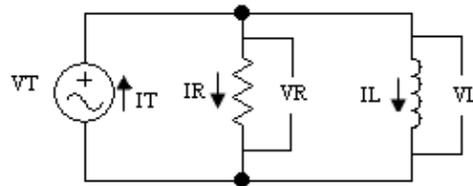
$$V_T = \sqrt{120^2 + 180^2} = 216.33V$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

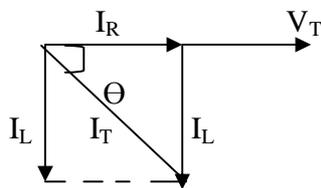
$$Z = \sqrt{40 \Omega^2 + 60 \Omega^2} = 72.11 \Omega$$

$$\Theta = \cos^{-1} \frac{V_R}{V_T} = \cos^{-1} \frac{120 V}{216.33V} = 56.3094^\circ$$

Representación de un Circuito RL en paralelo:



En este circuito el voltaje total aplicado es el mismo para la resistencia que para la reactancia inductiva, por lo que no existirá desfase entre voltajes, es por eso que se toma a V_T como fasor de referencia al representar este circuito por medio de fasores, mientras que la corriente en la rama resistiva es igual a $I_R = (V_T) / (R)$; en donde esta corriente esta en fase con el voltaje total, en la rama inductiva su corriente es igual a $I_L = (V_T) / (X_L)$ y esta corriente esta atrasada en 90° con respecto al voltaje total.



Por lo tanto utilizando el Teorema de Pitágoras I_T se calcula:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

Y para su ángulo:

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} \left(\frac{I_R}{I_T} \right)$$

Ejemplo:

Si en un circuito de corriente alterna se tiene una resistencia de 20Ω y una reactancia inductiva de 50Ω , cuyo voltaje total aplicado es de 100 Volts. ¿Calcular la corriente total del circuito, las corrientes parciales del mismo, la impedancia total del circuito y el ángulo de desfase?

$$V_T = 100 \text{ V}$$

$$R = 20 \Omega$$

$$X_L = 50 \Omega$$

Como el voltaje es el mismo en todos los elementos, se procede a calcular la corriente en cada uno:

$$V_T = V_R = V_L$$

$$I_R = (V_T) / (R) = (100 \text{ V}) / (20 \Omega) = 5 \text{ A}$$

$$I_L = (V_T) / (X_L) = (100 \text{ V}) / (50 \Omega) = 2 \text{ A}$$

Por lo tanto:

$$I_T = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I_T = \underline{\hspace{2cm}} = 5.3852 \text{ A}$$

En esta ocasión la impedancia se puede calcular con la tradicional ley de ohm, solo hay que sustituir R por Z:

$$Z = (V_T) / (I_T) = (100\text{V}) / (5.3852\text{A}) = 18.57 \Omega$$

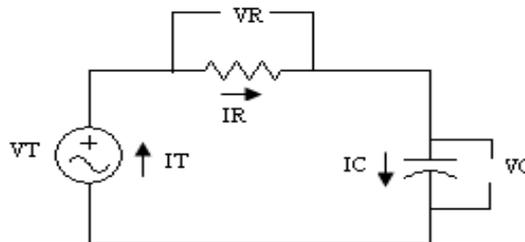
O bien utilizando también la siguiente expresión:

$$Z = \underline{\underline{\frac{1}{\hspace{2cm}}}} =$$

$$Z = \underline{\underline{\frac{1}{\hspace{2cm}}}} = 18.57 \Omega$$

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} - \frac{I_R}{I_T} = \text{Cos}^{-1} - \frac{5}{5.3852} = 158.1976^\circ$$

Representación de un Circuito RC en serie:

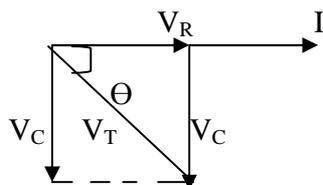


Un circuito que tiene una resistencia y una reactancia capacitiva en serie la corriente que circule por ambos elementos será la misma por lo que la caída de tensión para la resistencia se obtiene multiplicando la corriente por el valor de la resistencia y el voltaje en la reactancia capacitiva de igual manera se calcula multiplicando la corriente por la reactancia capacitiva.

$$V_R = I_R R$$

$$V_C = I_C X_C$$

Pero en este caso el voltaje de la reactancia capacitiva se atrasa con respecto a la corriente que pasa por la reactancia capacitiva en 90° y el voltaje en la resistencia se encuentra en fase con la corriente.

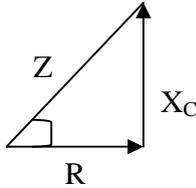


Por lo tanto:

$$V_T = \sqrt{VR^2 + VC^2}$$

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} - \frac{V_R}{V_T}$$

Para obtener la impedancia de un circuito RC en serie también se aplica la suma de fasores de la resistencia y de la reactancia capacitiva y a esta resultante se le llama impedancia.



$$Z = \sqrt{R^2 + XC^2}$$

Ejemplo:

Una reactancia capacitiva de 40 Ω en serie a una resistencia de 30 Ω se encuentran conectadas a una fuente de C.A. de 120 Volts. ¿Calcular la corriente e impedancia total del circuito, el voltaje resistivo, voltaje capacitivo, el ángulo de desfase y comprobar que la suma de las caídas de tensión de la resistencia y la reactancia capacitiva es igual al voltaje total aplicado?

$$V_T = 120 \text{ V}$$

$$R = 30 \Omega$$

$$X_C = 40\Omega$$

Calculamos en primer lugar la impedancia total del circuito con la finalidad de obtener la corriente total con la ayuda de la Ley de Ohm:

$$Z = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \Omega$$

Por lo cual:

$$I_T = (V_T) / (Z)$$

$$I_T = (120 \text{ V}) / (50 \Omega) = 2.4 \text{ A}$$

Como la corriente es la misma en todo el circuito, se procede a calcular el voltaje en cada elemento:

$$I_T = I_R = I_C$$

$$V_R = I_R R = (2.4 \text{ A}) (30 \Omega) = 72 \text{ V}$$

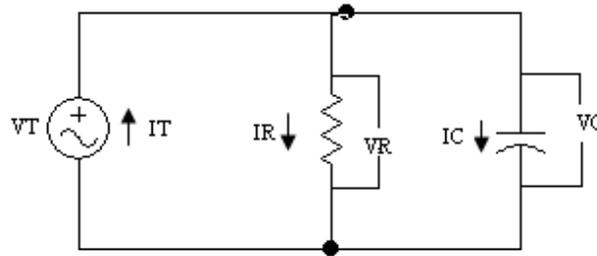
$$V_C = I_C X_C = (2.4 \text{ A}) (40 \Omega) = 96 \text{ V}$$

Por lo tanto:

$$V_T = \underline{\hspace{2cm}} = 120 \text{ V}$$

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} - \frac{V_R}{V_T} = \text{Cos}^{-1} - \frac{72 \text{ V}}{120 \text{ V}} = 126.8699^\circ$$

Representación de un Circuito RC en paralelo:

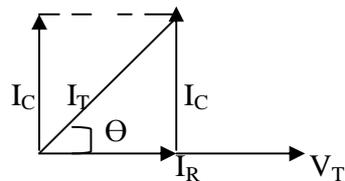


En este circuito el voltaje total aplicado es el mismo tanto en la resistencia como en la reactancia capacitiva, por lo que cada rama tiene su propia corriente:

$$I_R = (V_T) / (R)$$

$$I_C = (V_T) / (X_C)$$

En donde la corriente de la rama capacitiva se adelanta 90° al voltaje total y la corriente en la resistencia esta en fase con este y de esta manera tomamos como fasor de referencia el voltaje ya que este es el mismo en todo el circuito:



Por lo que la corriente total del circuito es igual a la suma de fasores de la corriente resistiva y de la capacitiva:

$$I_T = \underline{\hspace{2cm}}$$

Y el ángulo de desfasamiento se calcula:

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} \frac{I_R}{I_T}$$

Ejemplo:

Se tiene un resistor de 15Ω y una reactancia capacitiva de 40Ω conectados en paralelo a una fuente de C.A.; de 240 Volts. ¿Calcular la impedancia, corriente total del circuito y el ángulo de desfaseamiento?

$$V_T = 240 \text{ V}$$

$$R = 15 \Omega$$

$$X_C = 40 \Omega$$

$$I_R = (V_T) / (R) = (240 \text{ V}) / (15 \Omega) = 16 \text{ A}$$

$$I_C = (V_T) / (X_C) = (240 \text{ V}) / (40 \Omega) = 6 \text{ A}$$

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

$$I_T = \sqrt{16^2 + 6^2} = 17.0880 \text{ A}$$

$$Z = (V_T) / (I_T) = (240\text{V}) / (17.0880 \text{ A}) = 14.0449 \Omega$$

O bien utilizando también la siguiente expresión:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{(1/R)^2 + (1/X_C)^2}} =$$

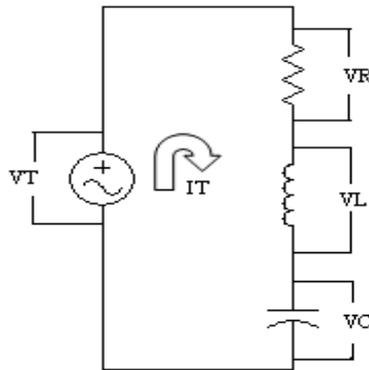
$$Z = \frac{1}{\sqrt{(1/15)^2 + (1/40)^2}} = 14.0449 \Omega$$

Por lo tanto:

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} \frac{I_R}{I_T} = \text{Cos}^{-1} \frac{16}{17.0880} = 20.5560^\circ$$

1.18 CIRCUITO RLC EN SERIE Y PARALELO.

Representación de un Circuito RLC Serie:



La corriente en un circuito serie que contenga resistencia, reactancia inductiva y reactancia capacitiva es la misma en cada uno de ellos y la caída de voltaje en cada elemento se obtiene haciendo uso de la Ley de Ohm en cada elemento por lo que se tiene:

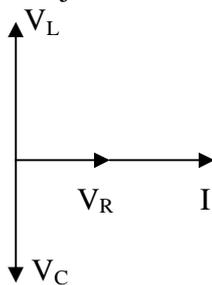
$$V_R = I_R R$$

$$V_C = I_C X_C$$

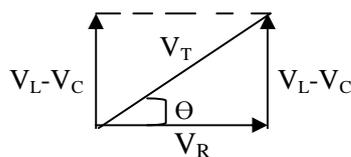
$$V_L = I_L X_L$$

En donde la caída de voltaje en la resistencia esta en fase con la corriente que pasa por esta, el voltaje en la inductancia se adelanta a la corriente que circula por la inductancia en 90° y el voltaje en la capacitancia se atrasa en 90° a la corriente.

Como el voltaje inductivo y el voltaje capacitivo están exactamente 180° fuera de fase y actúan en dirección opuesta en vez de sumarse se restan, cuando la reactancia inductiva es mayor que la reactancia capacitiva se dice que el circuito es inductivo, como el voltaje inductivo es mayor al capacitivo el voltaje total se adelanta a la corriente y para el calculo del voltaje total se utiliza la siguiente formula:



Si V_L es mayor que V_C entonces:



$$V_T = \sqrt{(VR)^2 + (VL - VC)^2}$$

Mientras que cuando ocurre todo lo contrario se dice que el circuito es capacitivo en este caso el voltaje total se atrasa a la corriente.

$$V_T = \sqrt{(VR)^2 + (VC - VL)^2}$$

Y el ángulo de desfaseamiento se calcula:

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} \frac{V_R}{V_T}$$

Para el cálculo de la impedancia se pueden utilizar las siguientes expresiones:

$$Z = (V_T) / (I_T)$$

En la siguiente expresión se debe de tomar en cuenta cual reactancia es mayor en este caso se entiende que la reactancia inductiva es mayor, aunque si los valores se colocaran al revés al momento de elevar al cuadrado el signo negativo desaparece.

$$Z = \sqrt{(R)^2 + (XL - XC)^2}$$

Ejemplo:

En un circuito RLC en serie en el cual se tienen una resistencia de 20 Ω, una reactancia inductiva de 80 Ω y una reactancia capacitiva de 40 Ω conectados a una fuente de C.A. de 240 Volts. ¿Calcular la corriente del circuito, la caída de tensión en cada elemento, la impedancia total y el ángulo de desfaseamiento?

$$V_T = 240 \text{ V}$$

$$R = 20 \text{ } \Omega$$

$$X_L = 80 \text{ } \Omega$$

$$X_C = 40 \text{ } \Omega$$

Calculamos la impedancia total:

$$Z = \sqrt{(R)^2 + (XL - XC)^2}$$

$$Z = \sqrt{(20)^2 + (80 - 40)^2} = 44.72 \text{ } \Omega$$

Por lo que:

$$I_T = (V_T) / (Z) = (240 \text{ V}) / (44.72 \text{ } \Omega) = 5.37 \text{ A}$$

Y las caídas de tensión son:

$$V_R = I_R R = (5.37 \text{ A}) (20 \ \Omega) = 107.4 \text{ V}$$

$$V_C = I_C X_C = (5.37 \text{ A}) (40 \ \Omega) = 214.8 \text{ V}$$

$$V_L = I_L X_L = (5.37 \text{ A}) (80 \ \Omega) = 429.6 \text{ V}$$

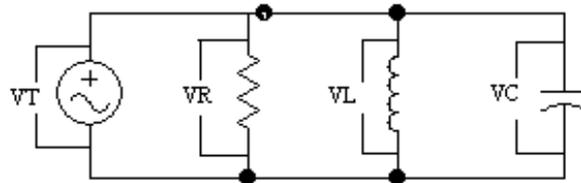
Comprobando con la segunda Ley de Kirchooff el voltaje total es igual a las caídas de voltaje en cada elemento:

$$V_T = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_T = \underline{\hspace{2cm}} = 240 \text{ V}$$

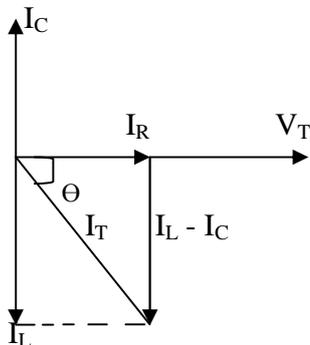
$$\theta = \cos^{-1} \frac{V_R}{V_T} = \cos^{-1} \frac{107.4 \text{ V}}{240 \text{ V}} = 63.4166$$

Representación de un Circuito RLC Paralelo:



En este circuito el voltaje total o de la fuente es igual al de cada elemento, mientras que la corriente total será la suma de los fasores resultantes de la corriente resistiva, inductiva y capacitiva, en este caso se toma como fasor de referencia a el voltaje total, por lo tanto la corriente que circula por la resistencia esta en fase con el voltaje total, la corriente en la inductancia se atrasa 90° con respecto al voltaje total y la corriente en la capacitancia se adelanta en 90° al voltaje total. Por otra parte la corriente capacitiva e inductiva están 180° fuera de fase entre si, pues actúan en direcciones opuestas, cuando la corriente inductiva es mayor que la capacitiva la corriente total se atrasa al voltaje total y el circuito se considera inductivo o viceversa.

Representando lo anteriormente escrito, cuando $I_L > I_C$



En donde:

$$I_R = (V_R) / (R)$$

$$I_C = (V_C) / (X_C)$$

$$I_L = (V_L) / (X_L)$$

Por lo tanto:

$$I_T = \sqrt{(IR)^2 + (IL - IC)^2}$$

Y el ángulo de desfaseamiento se calcula:

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} - \frac{I_R}{I_T}$$

Mientras que si $I_C > I_L$

$$I_T = \sqrt{(IR)^2 + (IC - IL)^2}$$

Para el cálculo de la impedancia se pueden utilizar las siguientes expresiones:

$$Z = (V_T) / (I_T)$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{(1/R)^2 + (\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L})^2}}$$

Ejemplo:

Se tiene un circuito RLC en paralelo en el cual se tienen una resistencia de 20 Ω , una reactancia inductiva de 121 Ω y una reactancia capacitiva de 189 Ω conectados a una fuente de C.A. de 60 Volts. ¿Calcular la corriente, impedancia total del circuito y ángulo de desfaseamiento?

$$V_T = 60 \text{ V}$$

$$R = 20 \Omega$$

$$X_L = 121 \Omega$$

$$X_C = 189 \Omega$$

Como el voltaje es el mismo en todos los elementos, se procede a calcular la corriente en cada uno:

$$V_T = V_R = V_L = V_C$$

$$I_R = (V_R) / (R) = (60 \text{ V}) / (20 \Omega) = 3 \text{ A}$$

$$I_C = (V_C) / (X_C) = (60 \text{ V}) / (189 \Omega) = 0.3175 \text{ A}$$

$$I_L = (V_L) / (X_L) = (60 \text{ V}) / (121 \Omega) = 0.4959 \text{ A}$$

Como $I_L > I_C$ se utiliza la formula:

$$I_T = \sqrt{(IR)^2 + (IL - IC)^2} = \sqrt{3^2 + (0.4959 - 0.3175)^2} = 3.0053 \text{ A}$$

Y el ángulo de desfasamiento:

$$\Theta = \text{Cos}^{-1} - \frac{I_R}{I_T} = \text{Cos}^{-1} - \frac{3}{3.0053} = 176.5967^\circ$$

Por lo que la impedancia total:

$$Z = (V_T) / (I_T) = (60 \text{ V}) / (3.0053 \text{ A}) = 19.9647 \Omega$$

O bien corroborando con la otra expresión:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{(1/R)^2 + (\frac{1}{XC} - \frac{1}{XL})^2}} = \frac{1}{\sqrt{(\frac{1}{20})^2 + (\frac{1}{121} - \frac{1}{189})^2}} = 19.9647 \Omega$$

1.19 CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.

Una vez que hemos establecido los tres tipos de carga que pueden existir en una instalación eléctrica podemos deducir que es imposible tener al 100 % una carga y que solamente en cálculos aproximados se consideran cargas puramente resistivas, más sin embargo como se observo en los apartados anteriores se pueden tener las siguientes combinaciones:

- 1.- Cargas resistivas e inductivas
- 2.- Cargas resistivas y capacitivas
- 3.- Cargas inductivas y capacitivas
- 4.- Cargas inductivas, capacitivas y resistivas

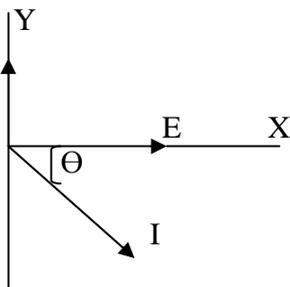
En donde dichas combinaciones el ángulo entre los fasores tensión y corriente podría ser mayor o menor a 45° ($\text{Cos } 45^\circ = 0.7071$) adelantado o atrasado dependiendo del tipo de carga conectada, sin embargo es un ángulo atrasado ya que su valor es cercano a 0° , pues no es permitido tener un factor de potencia o $\text{Cos } \Theta$ menor de 0.85, es decir un ángulo de desfasamiento no mayor a 31° . Ya que de acuerdo a las normas el consumidor esta obligado a tener un factor de potencia o $\text{Cos } \Theta$ tan aproximado a 1 o 100% como sea practico pues de lo contrario hay que pagar un recargo por cada K.V.A extra que se le suministre de una demanda dada, si el factor de potencia es bajo, menor de 0.85.

Los valores recomendados del factor de potencia o $\text{Cos } \Theta$ deben de ser entre 0.9 y 0.95 que corresponden a los ángulos de desfasamiento entre 25 y 18 grados respectivamente.

Por lo regular se tienen cargas resistivas o bien resistivas e inductivas por lo cual existe un ángulo de desfasamiento, el hecho de corregir el factor de potencia, no es más que calcular el banco de capacitores para reducir dicho ángulo a un valor recomendable y de esta manera aprovechar al máximo la potencia de línea o aparente que es proporcionada por la compañía suministradora de energía eléctrica.

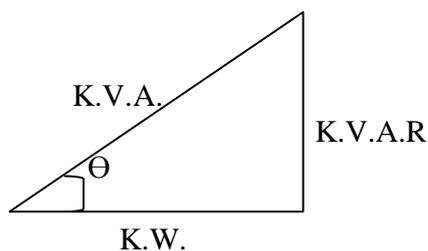
Como se menciona anteriormente cuando tenemos cargas resistivas e inductivas siempre va a existir un ángulo de desfasamiento que es menor a la unidad en donde este valor se puede representar en porcentaje con la finalidad de conocer lo que se aprovecha de la potencia aparente o de línea.

Nos podemos guiar de la siguiente figura para el mejor entendimiento:



La corriente que desarrolla el trabajo efectivo, es solamente la que esta en fase con la tensión ($I \cos \Theta$) y la que se encuentra en el eje de las Y ($I \sin \Theta$), es la que da el campo inductor. Por lo tanto corregir el factor de potencia es reducir el ángulo de desfasamiento y con ello, absorber una corriente menor para una potencia dada, y de esta manera eliminando las pérdidas por efecto Joule y el pago de energía a la compañía suministradora al aprovecharse al máximo dentro de los límites marcados la potencia de línea.

Debido a que en la corrección del factor de potencia se trabaja con potencias muy grandes, se ilustra el siguiente triángulo de potencias:



La potencia aparente o de línea se expresa:

$$S = EI, \text{ en Kilo-Volts-Amperes (K.V.A.)}$$

La potencia útil es:

$$P = EI \cos \Theta, \text{ en Kilo-Watts (K.W.)}$$

La potencia reactiva es:

$Q = EI \text{ Sen } \Theta$, en Kilo-Volts-Amperes-Reactivos (K.V.A.R)

$$\text{Cos } \Theta = \text{F. P.} = \frac{\text{K.W.}}{\text{K.V.A.}} = \frac{P}{S}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{K.V.A.^2 - K.W.^2}$$

Complementando lo anteriormente descrito establecemos que en un circuito eléctrico de corriente alterna se encuentran tres tipos de potencias eléctricas que se definen de la siguiente manera:

La potencia reactiva (Q) es la que consumen los circuitos de corriente alterna que tienen conectadas cargas reactivas como son motores, transformadores de voltaje, es decir cualquier dispositivo que tenga bobinas, en donde estos dispositivos no solo consumen la potencia activa sino también la potencia reactiva la cual no proporciona ningún tipo de trabajo útil, pero los dispositivos que tienen bobinas necesitan de este tipo de potencia para poder producir el campo magnético con el cual funcionan, la unidad de medida de esta potencia es el Kilo-Volts-Amperes-Reactivos (K.V.A.R).

Por otra parte la potencia aparente (S), llamada también potencia total, la cual se obtiene con la suma geométrica de las potencias activa y reactiva. Esta potencia es la que realmente suministra una planta eléctrica cuando se encuentra funcionando al vacío es decir sin ningún tipo de carga conectada, la unidad de medida de esta potencia es el Kilo-Volts-Amperes (K.V.A.).

Mientras que la potencia que consumen las cargas conectadas a una instalación eléctrica se le conoce como potencia activa (P), por ejemplo es la que nos da el eje de un motor eléctrico cuando este le está dando una fuerza a otro dispositivo mecánico para hacerlo funcionar.

Si midiéramos con un voltímetro el voltaje que llega a los bornes de un motor y posteriormente con un amperímetro la intensidad de corriente que fluye por el circuito eléctrico de ese motor y si multiplicamos los dos valores obtenidos este resultado será representativo de la potencia aparente que desarrolla este motor y no precisamente su potencia activa en Watts, en donde este resultado será siempre mayor al que corresponde de la potencia activa todo esto debido a que no se tomó en cuenta el valor del factor de potencia.

Ejemplo:

En una instalación eléctrica cuya demanda máxima de 200 K.W., trabaja con un factor de potencia de 0.80.

¿Calcular la potencia del capacitor para corregir dicho factor de potencia hasta 0.90?

Conociendo que valores tenemos que en este caso son:

$$P = 200 \text{ K.W.}$$

$$F.P. = 0.80$$

Utilizamos la siguiente expresión con la finalidad de obtener la potencia aparente:

$$K.V.A. = \frac{K.W.}{F. P.} = \frac{200 \text{ K.W.}}{0.80} = 250$$

Por lo tanto:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{K.V.A.^2 - K.W.^2}$$

$$Q = \sqrt{250^2 - 200^2} = 150 \text{ K.V.A.R.}$$

Este resultado representa los 150 K.V.A. capacitivos correctivos necesarios para corregir el factor de 0.80 hasta la unidad pero, en nuestro caso lo tenemos que corregir a 0.90, por lo que ahora se calculará con el valor deseado:

$$K.V.A. = \frac{K.W.}{F. P.} = \frac{200 \text{ K.W.}}{0.90} = 222$$

Por lo tanto:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{K.V.A.^2 - K.W.^2}$$

$$Q = \sqrt{222^2 - 200^2} = 96.4 \text{ K.V.A.R.}$$

Al tener estos dos resultados se procede hacer una diferencia de K.V.A. capacitivos correctivos:

$$150 - 96.4 = 53.6$$

En donde este resultado representa la capacidad del capacitor que se necesita para corregir el factor de potencia.

Por lo tanto cuando en la red de suministro eléctrico de una industria existen muchos motores y transformadores funcionando, y se quiere mejorar el factor de potencia, será necesario emplear bancos de capacitores. En algunas empresas grandes se pueden encontrar también motores de corriente alterna del tipo "sincrónicos" funcionando al vacío, es decir, sin carga, para mejorar también el factor de potencia ya que estos tienen la capacidad de producir capacitancia.

De esa forma los capacitores, al actuar sobre la sinusoide de la corriente, produce el efecto contrario al de la inductancia, impidiendo que la corriente (I) se atrase mucho en relación con el voltaje (V). Así se tratará de que las sinusoides se pongan en fase y que el valor del factor de potencia se aproxime lo más posible a "1".

1.20 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN DE LAMPARAS INCANDESCENTES QUE SON CONTROLADAS CON APAGADORES DE DOS, TRES Y CUATRO VIAS.

En este apartado se tratara de interpretar lo más fácil posible las conexiones que se pueden llegar a realizar a la hora de hacer una instalación eléctrica residencial aunque en esta parte omitiremos el conductor de puesta a tierra que establece la Norma Oficial como de uso obligatorio todo esto con la finalidad de que la explicación dada de cada Figura sea muy entendible, más sin en cambio en las secciones 3.6 y 3.8 hacemos referencia a la conexión a tierra como un conductor desnudo (ejemplo 1-12d).

Por otra parte hay que saber que el hecho de controlar una lámpara incandescente con un apagador sencillo es la base para poder entender como se van hacer conexiones posteriores.

Otra cosa muy importante sin dejar de mencionar, es conocer a que distancia colocar nuestras cajas de conexión, las cuales sirven para alojar nuestros dispositivos y realizar las conexiones necesarias:

Por lo general la altura en donde se deben colocar cualquier tipo de apagador con respecto al nivel del piso es de 1.20 a 1.35 m.

En la Figura 1 como se puede ver encontramos la conexión de tres símbolos eléctricos, (salida incandescente de centro, apagador sencillo e interruptor), se han representado las líneas de diferentes colores con la finalidad de que sea fácil de entender nuestro circuito, ya que en circuitos posteriores habrá cruces entre una y otra línea.

Para esto es necesario definir los siguientes conceptos:

Fase: Es el conductor eléctrico por el cual circula la corriente eléctrica que sale de una fuente de alimentación hasta llegar al receptor o carga que la va a utilizar. También se le conoce con el nombre de línea o corriente.

Neutro: Es el conductor eléctrico ya sea cable o alambre por el cual regresa la corriente eléctrica hasta la fuente una vez que ha sido utilizada por la carga o receptor. También se le suele llamar tierra.

Representación de colores según nuestro diagrama:

Negro: Neutro

Rojo: Fase

Azul: Retorno

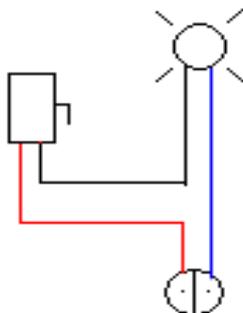


Figura 1.

Como se puede observar es muy fácil de interpretar dicho circuito, una vez entendiendo los dos conceptos anteriores explicamos de la siguiente manera: el color rojo o corriente la cual sale de nuestra fuente de alimentación que en este caso puede ser el interruptor que tenemos en nuestras casas, esta llega directamente a nuestro dispositivo de control o apagador sencillo el cual nos va a permitir si pasa o no la corriente, al accionarlo la corriente sigue fluyendo ahora por el color azul hasta llegar a nuestra carga o foco para después de ser aprovechada por esta, regresa la corriente por el color negro o neutro hasta nuestra fuente.

Podemos definir como **Retorno** al que nos permite que haya una interacción entre nuestros dispositivos de control y cargas. Entonces se deduce que siempre se debe de conectar la fase a un tornillo del apagador sencillo y en el otro el retorno de la línea y de esta forma la línea esta controlada, este es el principio de conectar un apagador sencillo y se debe continuar con esta práctica al momento de conectar también el de escalera o de tres vías.

A veces es indispensable que en nuestros hogares en áreas un poco grandes como puede ser en la sala o el comedor sea importante conectar dos o más lámparas incandescentes que sean controladas por un apagador sencillo (Figura 2).

Negro: Neutro

Rojo: Fase

Azul: Retorno

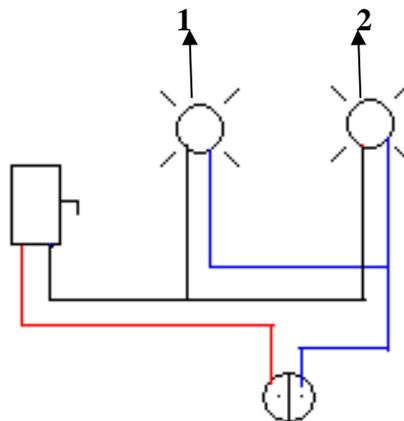


Figura 2.

Como se observa es lo mismo que en la Figura 1 solo que ahora encontramos dos lámparas incandescentes controladas por un apagador sencillo, en este caso las terminales de la segunda lámpara deben de unirse a las de la primera, (negro con negro y azul con azul). Haciendo la misma función, la corriente que viene de la fuente (rojo), hasta llegar al apagador y si lo accionamos la corriente sigue su camino ahora por el color azul, para ser aprovechada por nuestra carga y regresar por el neutro (negro), hasta nuestra fuente.

Lo anterior se puede hacer de forma independiente es decir que cada lámpara sea controlada por su respectivo apagador sencillo (Figura 3) de la siguiente manera:

Negro: Fase

Rojo: Neutro

Azul: Retorno

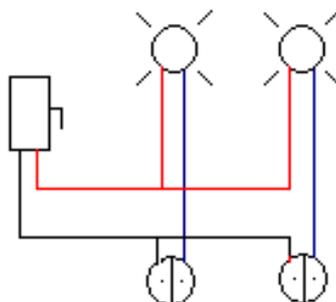


Figura 3.

Como se observa es como si tuviéramos a la vez dos circuitos como el de la Figura 1, lo único que se hizo es hacerle llegar su fase al segundo apagador, así como darle su neutro a la otra lámpara y por último tener entre cada dispositivo su respectivo retorno para poder controlarlas independientemente.

Otra forma de controlar lámparas incandescentes es a través de apagadores de tres vías o de escalera, esta conexión sirve para controlar el paso de la corriente desde dos puntos diferentes como puede ser en escaleras, recamaras, pasillos, comedor, etc.

Existen dos métodos para conectar estos apagadores, la Figura 4 muestra uno de ellos que es la conexión de una lámpara incandescente controlada con dos apagadores de tres vías o de escalera, utilizando puentes comunes.

Negro: Neutro

Rojo: Fase

Azul: Retorno

Café y Verde: Puentes comunes

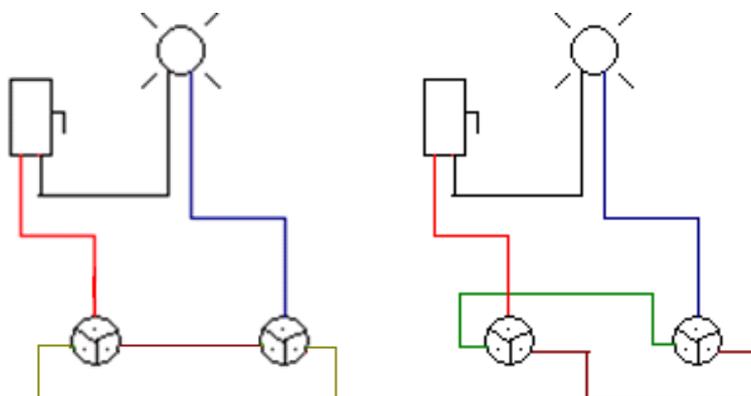


Figura 4.

Como se puede observar se le llama de puentes comunes ya que cada extremo del apagador debe de ir conectado al extremo del otro sin importar si es el derecho con derecho, o derecho con izquierdo, etc., simplemente el funcionamiento es el mismo.

El otro método de conectar dichos apagadores de escalera es el llamado conexión de apagadores de escalera en corto circuito, que consiste en hacerles llegar tanto el neutro como la fase y sacando de los dos apagadores un hilo de retorno o control.

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Azul y Verde: Retornos

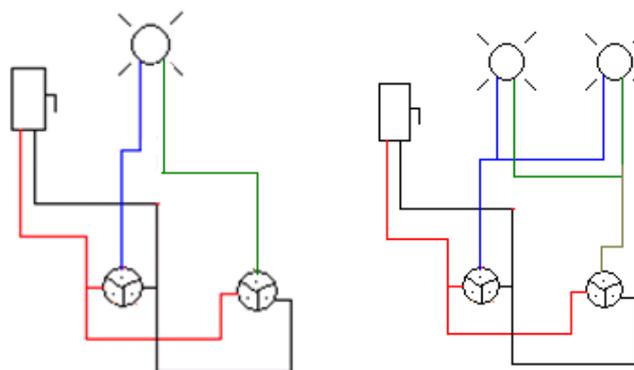


Figura 5.

Como se puede observar en la Figura 5 tanto la fase (rojo) como el neutro (negro) le están llegando a los extremos de los apagadores de la misma manera que en el anterior no importando si es derecho con derecho o derecho con izquierdo, etc., el funcionamiento es el mismo.

Desgraciadamente se tiene la idea errónea de que se ahorran conductores con la conexión llamada cortocircuito, pero si observamos detenidamente deducimos que en ambos métodos de conexión se utiliza la misma cantidad de conductores.

Solo se ahorrarían conductores cuando en la caja de conexión o chalupa se instalan un apagador de tres vías en corto circuito con un contacto en donde ambos pertenecen al mismo circuito derivado, aprovechando de esta manera que en el apagador llega tanto el neutro como la fase que es lo que se debe de conectarse en los tornillos de un contacto, como se ve en la Figura 6, pero al ahorrarse ciertos conductores ponen en riesgo a las personas que quisieran cambiar algún apagador que no sirviera sin que hayan desenergizado el circuito y que no tienen idea de cómo se conectaron.

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Azul y Verde: Retornos
Línea punteada: Chalupa

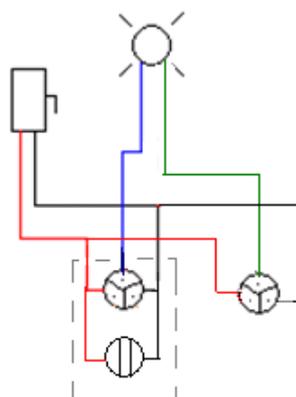


Figura 6.

Así como se puede controlar la corriente desde dos puntos diferentes, también lo podemos hacer desde tres puntos distintos con la ayuda de otro accesorio conocido como apagador de 4 vías, pero esto solo se puede lograr con la combinación de este con dos apagadores de tres vías.

Y también se pueden conectar haciendo uso de los dos métodos antes descritos. El apagador de cuatro vías se fabrica de tal manera que sus contactos puedan alternar sus posiciones y tiene dos posiciones pero ninguna de ellas es encendido o apagado y se conectan sus bornes con respecto a los otros solo si existe continuidad entre sus bornes.

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Verde: Retorno
Naranja: Puentes Comunes

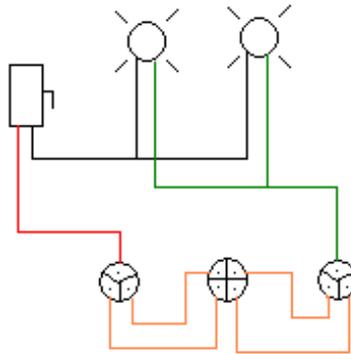


Figura 7.

En la Figura 7 se esta controlando dos lámparas incandescentes a través de tres puntos distintos con la ayuda del método por puentes, como se observa el apagador de cuatro vías solo sirve de paso para la corriente.

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Azul: Retornos

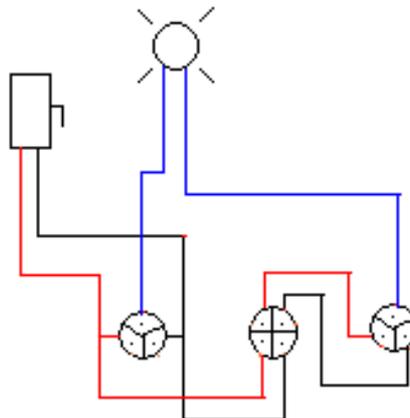


Figura 8.

Ahora en la Figura 8 encontramos que se esta controlando una lámpara incandescente a través de tres puntos distintos con la ayuda del método de corto circuito.

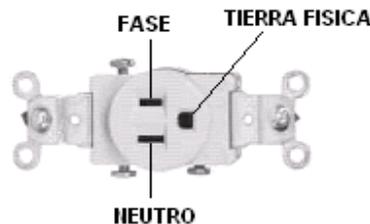
1.21 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN DE CONTACTOS Y RECOMENDACIONES EN DONDE COLOCARLOS SEGÚN EL LUGAR DONDE SE UTILIZEN.

La altura de las cajas de conexión en las que se localizan los contactos, varía de acuerdo al lugar donde se encuentren:

En espacios secos como lo es en salas, comedores, recamaras, salones de juego, pasillos, sala de exposición, bibliotecas, oficinas, salas de belleza, etc., los contactos deben de localizarse a 40 cm con respecto al nivel del piso, con el fin de esconder las extensiones de los aparatos eléctricos, electrónicos, lámparas de buro, etc.

En espacios húmedos como es en los baños se recomienda poner los contactos en la misma chalupa donde se localizan los apagadores. En la cocina también es valido poner los contactos en la misma caja de conexión donde se localizan los apagadores que sirven para alimentar aparatos eléctricos portátiles como licuadoras, extractores, batidoras, tostadores de pan, etc. Así como otros contactos deben de localizarse a 70 o 90 cm con respecto al nivel del piso con el propósito de ocultar extensiones de aparatos eléctricos fijos como estufas, hornos, etc.

En un circuito de alimentación los contactos deben de conectarse tanto al neutro como a la fase tomando en cuenta que el neutro siempre se conecta al tornillo que tiene continuidad con la ranura más grande del contacto y la fase al tornillo que pertenece a la ranura pequeña y el del orificio más pequeño a tierra física como se muestra en la Figura siguiente:



A continuación se representan algunos circuitos de alimentación utilizando contactos:

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Azul: Retornos

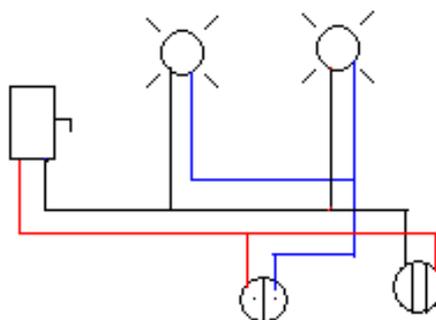


Figura 9.

En la Figura 9 se observa un circuito de alimentación a dos lámparas incandescentes controladas con un apagador sencillo y un contacto sencillo.

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Azul: Retorno
Verde y Café: Puentes Comunes

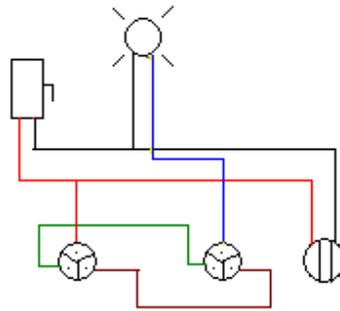


Figura 10.

En la Figura 10 tenemos un circuito de alimentación a una lámpara incandescente controlada con dos apagadores de tres vías utilizando puentes comunes y un contacto sencillo.

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Amarillo y Violeta: Retornos
Verde y Café: Puentes Comunes
Línea punteada: Chalupa

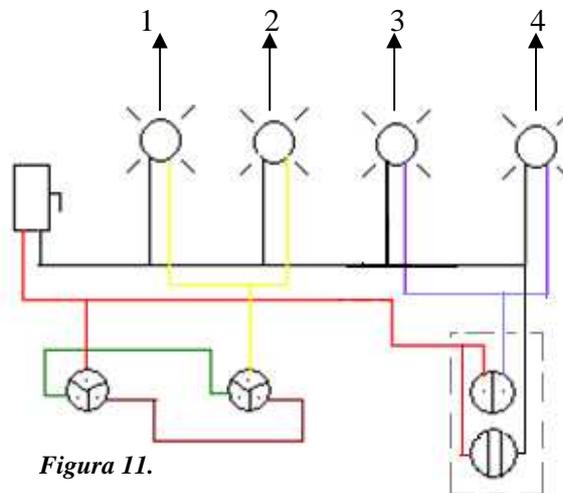


Figura 11.

En la Figura 11 un circuito de alimentación a cuatro lámparas incandescentes, en donde dos de ellas (1 y 2) son controladas con dos apagadores de tres vías utilizando puentes comunes y las otras dos (3 y 4) controladas con un apagador sencillo y en donde el contacto sencillo se encuentra en la misma chalupa del apagador que controla 3 y 4.

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Azul: Retorno
Naranja y Amarillo: Puentes Comunes
Línea punteada: Chalupa

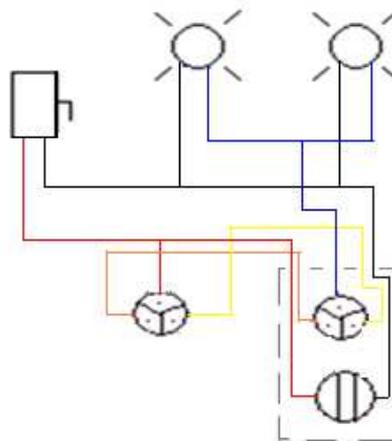


Figura 12.

En la Figura 12 un circuito de alimentación a dos lámparas incandescentes controladas con dos apagadores de tres vías utilizando puentes comunes y un contacto sencillo ubicado en la misma chalupa donde se encuentra uno de los apagadores.

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Azul y Verde: Retornos
Línea punteada: Chalupa

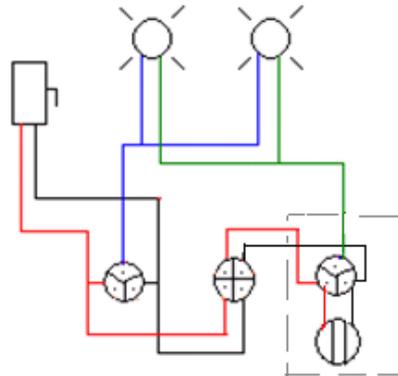


Figura 13.

En la Figura 13 un circuito de alimentación a dos lámparas incandescentes controladas con dos apagadores de tres vías y uno de cuatro vías en corto circuito y un contacto sencillo en la misma chalupa donde se encuentra uno de los apagadores de tres vías.

Cabe mencionar que en cuanto a los apagadores y contactos en el mercado se tienen diferentes marcas a continuación se hace mención de algunas de ellas mostrando su capacidad de corriente y voltaje a los cuales pueden operar.

Para apagadores sencillos:

Marca:	Voltaje en Volts (V):	Capacidad en Amperes (A):
ARROW-HART	127	15
ARROW-HART	127	15
QUINZAÑOS	127	10
OTESA	125	10
EAGLE	250	5
EAGLE	125	10
ROYER	127	10
I.U.S.A.	125	10

Para contactos sencillos:

Marca:	Voltaje en Volts (V):	Capacidad en Amperes (A):
ARROW-HART	125	15
ARROW-HART	250	15
QUINZAÑOS	250	10
OTESA	125	15
OTESA	125	10

EAGLE	250	5
EAGLE	125	10
ROYER	127	10
I.U.S.A.	250	5
I.U.S.A.	127	10

1.22 CONEXIÓN DE UN TIMBRE.

En tiempo atrás, la instalación de timbres o campanas en las casas no se consideraban como parte de una instalación eléctrica ya que estos se alimentaban a través de baterías por su bajo voltaje, pero pasando el tiempo la construcción de transformadores reductores estos fueron utilizados para la conexión de timbres. Pero hoy en día podemos encontrar timbres que ya pueden ser conectados directamente a 127 volts, es por eso que los siguientes diagramas hacen referencia para este tipo de timbres ya que son los que comúnmente suelen utilizarse en la actualidad en nuestros hogares.

Básicamente la conexión de un timbre se hace como si fuéramos a conectar una lámpara incandescente controlada por un apagador sencillo así como se observa en Figura 14:

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Azul: Retorno

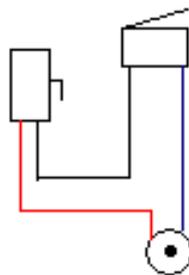


Figura 14.

Como se puede comprobar al botón de timbre le llega la corriente (rojo) y solo esta puede pasar cuando se activa este, solo que a diferencia de otros interruptores es que su contacto es momentáneo ya que al dejar de oprimirlo se regresa automáticamente a su estado original sin dejar pasar la corriente.

Negro: Neutro
Rojo: Fase
Azul: Retorno

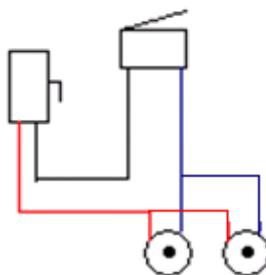


Figura 15.

En la Figura 15 se ilustra un circuito de alimentación a un zumbador controlado por dos botones de timbre.

1.23 TIPOS DE AMARRES.

Un amarre es la unión de cierta cantidad de alambres o cables del mismo o diferente calibre con el fin de hacer una conexión firme y segura a la hora que circula una corriente eléctrica en él, con la menor oposición a su paso.

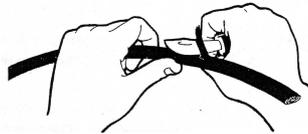
Las conexiones son parte fundamental en el alambrado de instalaciones eléctricas, ya que los problemas que se puedan llegar a presentar en una instalación se originan por las conexiones mal elaboradas, pues estas conexiones de los conductores ya sean solas o con accesorios podrían llegar a formar puntos calientes por la alta resistencia eléctrica, lo que significa un problema en el ahorro de energía así como también podrían llegar a provocar incendios, sin dejar de mencionar el daño que pueda sufrir el aislamiento de los conductores y accesorios.

Algunos ejemplos de amarres son los siguientes:

Amarre cola de rata: Este es el más empleado en las conexiones que se efectúan en las cajas de registro y que además son líneas que no están expuestas a tensiones mecánicas, este amarre puede hacerse con dos o más conductores con igual o diferente calibre lo cual dependería de las necesidades de la instalación.

Para hacer este amarre se procede hacer lo siguiente:

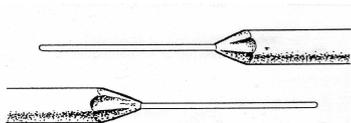
Para quitar el aislante a un alambre o cable de calibres gruesos una forma de hacerlo es agarrando el conductor como si fuéramos a sacarle punta a un lápiz.



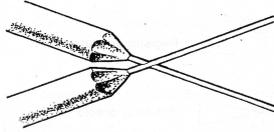
Más sin en cambio para calibres pequeños, se recomienda el uso de un pelador de conductores, pero fijándonos de escoger de manera correcta el diámetro adecuado en la herramienta con el fin de no dañar el conductor.



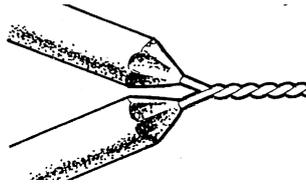
Ya que tenemos nuestros conductores sin aislante en uno de sus extremos como se muestra en la Figura siguiente.



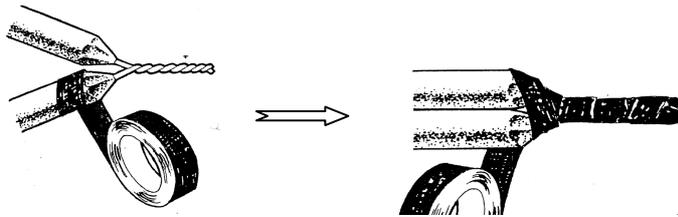
Los cruzamos como se ve a continuación.



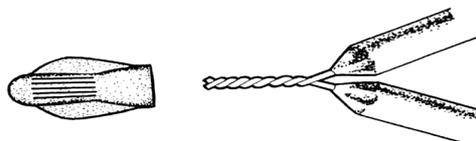
Y con la ayuda de unas pinzas de electricista empezamos a darles vuelta hacia un lado con el fin de obtener nuestro amarre.



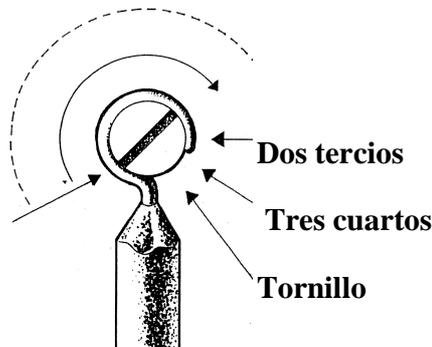
La forma de encintar los conductores es de la siguiente manera con la intención de tratar que no exista un conductor pelado que produzca un roce con otro y por ende producir un corto circuito.



También es factible utilizar conectores como el siguiente en lugar de cinta de aislar, tomando en cuenta que cubra todo el conductor desnudo.

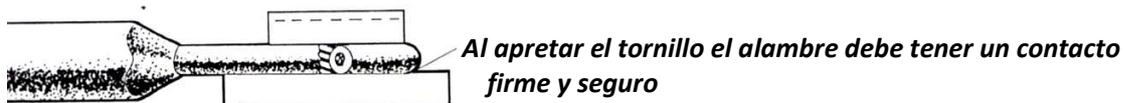


Argolla de conexión en alambre: Esta argolla se hace siempre en el sentido que aprieta el tornillo sobre todo si se utiliza cable, este amarre sirve para conectar las terminales de portalámparas, apagadores, contactos y algunos otros accesorios.

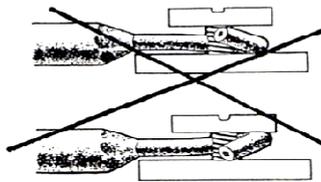


La realización de una buena argolla alrededor de un tornillo es cuando el conductor se enrolla dos tercios o tres cuartos alrededor de el, como se muestra en la Figura anterior, así como tomar en cuenta que la argolla se hace con el objetivo de que al girar el tornillo al apretarlo esta tienda a cerrarse más en lugar de abrirla.

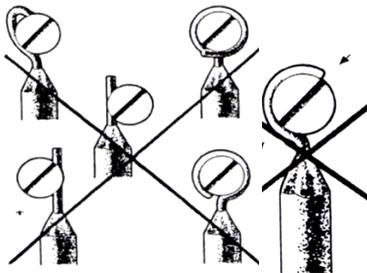
Cuando apretamos el tornillo debemos de fijarnos que el alambre este en perfecto contacto con la parte inferior de la cabeza del tornillo y el otro lado donde tenga contacto, con el fin de asegurar una conexión firme como se ve a continuación:



La siguiente Figura muestra la manera incorrecta a la hora de apretar el tornillo.



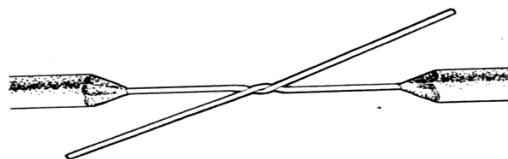
Así como a continuación se ilustran las maneras incorrectas de enrollar un conductor alrededor de un tornillo.



Amarre recto western corto y largo: El corto se utiliza principalmente en líneas abiertas cuando la tensión mecánica a que están sujetas es mínima. Y el largo se utiliza en líneas aéreas y abiertas pero que están sujetas a mayores tensiones mecánicas.

La forma de hacer este amarre es la siguiente:

Primero se les quita cierta cantidad de aislante y se entrecruzan de la siguiente manera.



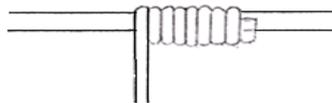
Se empieza a enrollar cada punta de un lado y el otro dejando un pedazo de conductor en cada extremo.



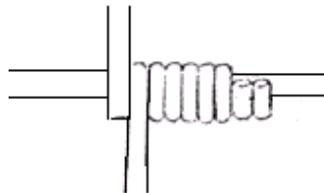
Del pedazo de conductor que dejamos lo enrollamos en forma circular alrededor del otro.



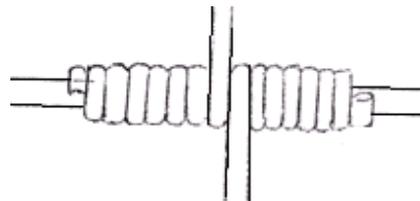
Derivación sencilla: Este tipo de amarre se utiliza en líneas aéreas y abiertas que no están sujetas a grandes tensiones mecánicas, por derivación se entiende que de una línea principal se pueden sacar una o varias líneas secundarias, es decir la línea principal no debe cortarse y el conductor que sirve como línea secundaria debe quedar perfectamente enrollado sobre la línea principal.



Derivación doble tipo 1: También se emplea en líneas aéreas y abiertas, en el cual a partir de una línea principal se pueden sacar dos líneas secundarias.



Derivación doble tipo 2: Empleado en líneas aéreas y abiertas, utilizado principalmente en instalaciones industriales.



Derivación de nudo sencillo: Empleado igualmente en líneas aéreas y abiertas pero utilizadas principalmente en líneas telefónicas, su objetivo es la resistencia mecánica.



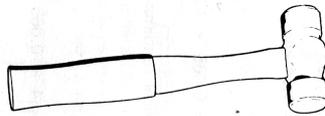
1.24 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS.

Es también indispensable tener conocimiento de las herramientas utilizadas durante la construcción de instalaciones eléctricas con el fin de evitar provocar tanto el deterioro de las herramientas como de los elementos de la instalación por su mal uso de estas.

A continuación se representaran algunas de ellas con su respectiva ilustración para conocer su uso y saber como son físicamente:

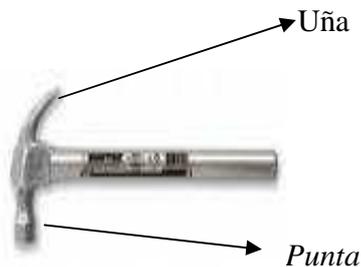
Martillo Blando:

Se emplea para amoldar y colocar conductores o algunos materiales.



Martillo de uña:

La uña se emplea para sacar clavos y la punta se utiliza para clavar o golpear.



La siguiente Figura nos muestra la manera correcta de agarrar un martillo:



Llave Stillson:

Esta llave se emplea para el manejo de tubería conduit, pero debe de tenerse cuidado de no maltratar los tubos con la parte astriada. Esta herramienta se puede ajustar al diámetro del tubo que se va a trabajar.



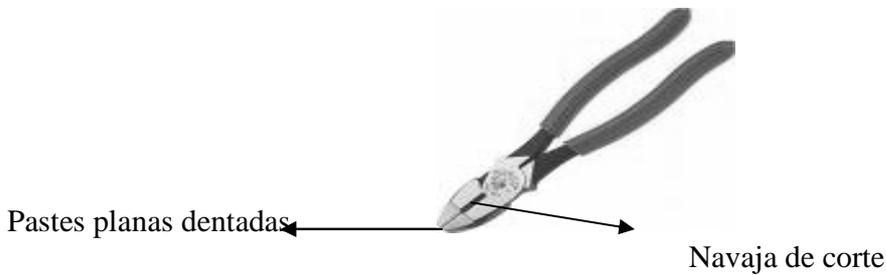
Llave Perico:

Suelen fabricarse de diferentes tamaños, su mordaza móvil ajustable nos permite apretar diferentes tamaños de tuercas.



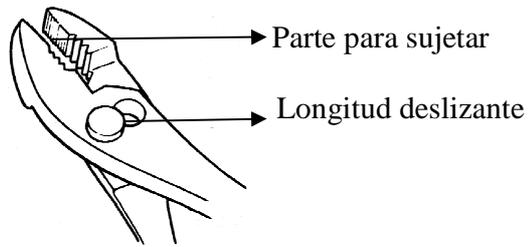
Pinzas de electricista:

Esta tiene navaja para corte de lateral, en la punta tiene unas partes planas dentadas. Se usa para sujetar, jalar y cortar alambre. Debemos de tener cuidado de no cortar alambres arriba de su capacidad mecánica para no deteriorarlas.



Pinzas de chofer:

Tienen una longitud deslizante que nos permite variar el tamaño de sujeción. Es indispensable para sujetar tubos u objetos.



Pinzas de corte diagonal:

Se usan exclusivamente para cortar alambre y quitar aislamiento en los conductores.



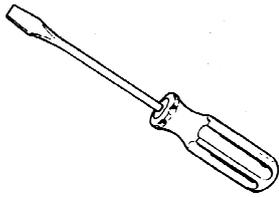
Pinzas de punta:

Se emplean para hacer dobleces pequeños en conductores y llevan además una cuchilla de corte, sus características las hacen recomendables para usarse en espacios estrechos.

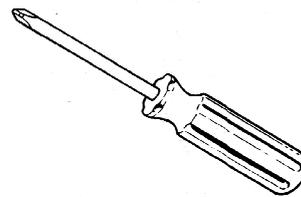


Desarmadores:

Es una de las herramientas más empleadas por los electricistas, sirve para apretar tornillos. Son fabricados de diferentes tamaños, tipos y formas. Debe tenerse cuidado de usar el adecuado según a nuestras necesidades.



Desarmador de punta plana.



Desarmador de punta de cruz.



Desarmador pequeño de punta plana.

Calibrador:

Herramienta empleada para clasificar el tamaño del calibre de los conductores eléctricos.

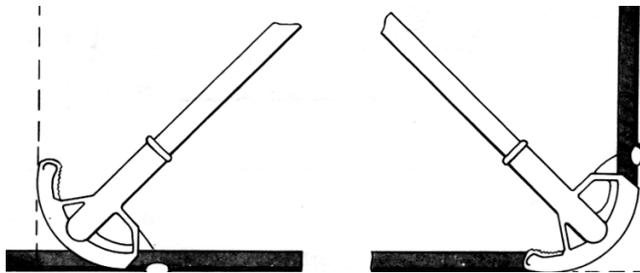


Doblador de tubo conduit:

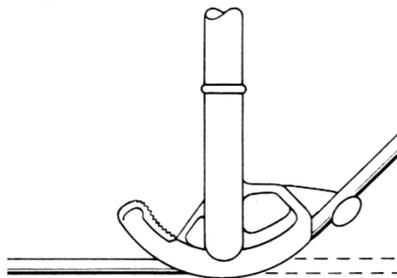
Como su nombre lo indica, esta herramienta sirve para doblar tubo conduit metálico a ciertos ángulos de acuerdo a las necesidades de la instalación eléctrica a realizar.



Las siguientes figuras nos muestran un ejemplo del doblado de tubo conduit a 90° y 45°:



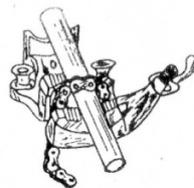
Doblado de tubo conduit a 90°



Doblado de tubo conduit a 45°

Prensa de cadena:

Es una herramienta muy usada para fijar tuberías u otros objetos para trabajarlos. Su fácil montaje sobre una viga la hace muy manuable y eficaz en las obras eléctricas. Su tipo la hace versátil para tuberías pequeñas y grandes.



Prensa de tornillo:

Herramienta empleada para fijar tuberías y otros materiales, tiene una capacidad determinada. Es más fuerte que la prensa de cadena por lo que su montaje requiere mayor cuidado.



Cortador de tubo conduit:

Herramienta usada para cortar tuberías, un solo tamaño sirve para varios diámetros de tubo debido a que tiene una mordaza ajustable para tal fin. No debemos presionar demasiado el tubo para no deteriorarlo.



1.25 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Para este apartado es necesario conocer algunos conceptos como son:

Conductor de puesta a tierra: Este conductor garantiza la conexión física entre las partes metálicas expuestas a alguna falla y la tierra. Por medio de este conductor circula la corriente no deseada hacia la tierra.

Electrodo de puesta a tierra: Es un cuerpo metálico conductor desnudo que va enterrado y su función es establecer el contacto con la tierra física.

Puente de unión: Este puente es un conductor que nos sirve para proporcionar la conductividad eléctrica entre partes de metal que requieren ser conectadas eléctricamente.

Red de tierra: Es la porción metálica subterránea de un sistema aterrizado que disipa hacia la tierra todo flujo de corriente no deseado. Esta red se puede componer de varias mallas interconectadas.

Resistencia de tierra: Es la resistencia que nos ofrece el terreno hacia la corriente en un sistema de puesta a tierra, esta resistencia depende de la resistividad del terreno y área de los conductores.

Resistividad del terreno: Es la propiedad del terreno que se opone al paso de la corriente eléctrica, la resistividad varía de acuerdo a las características del terreno.

Sistema de tierra: Son varios conductores desnudos que se interconectan con una o varias mallas o electrodos enterrados.

Tierra aislada: Es un conductor de tierra con aislamiento que se conecta a algún equipo, este conductor se coloca en la misma soportería donde se encuentran los cables de energía.

- Diferencia entre tierra y neutro:

La diferencia de estos dos elementos es que el neutro lo usamos como regreso de nuestra línea de alimentación o en otras palabras es por donde pasa la corriente de regreso a los postes de suministro eléctrico.

Por otro lado la conexión a tierra, es la conexión que usamos para que circule la corriente no deseada o descargas eléctricas hacia tierra para evitar que dañen a equipos eléctricos, electrónicos e incluso a personas.

- Que se pretende con un sistema de puesta a tierra:

Por razones ya explicadas anteriormente, se recomienda que se realicen las instalaciones de puesta a tierra porque la corriente siempre busca el camino más fácil por donde poder pasar, y al llegar a tierra se disipa por esta, esto si se tiene una resistividad muy baja en el terreno donde se realizó la instalación.

Por lo tanto el objetivo de un sistema de puesta a tierra es:

- El de brindar seguridad a las personas.
- Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección.

- ***Elementos de un sistema de puesta a tierra:***

Electrodos: Estas son varillas (generalmente de cobre) que son resistentes a la corrosión por las sales de la tierra, que van enterradas para servirnos como el elemento que nos disipara la corriente en la tierra en caso de alguna falla de nuestra instalación o de alguna sobrecarga, las varillas más usadas para este tipo de instalaciones son las varillas de marca copperwell ya que son las que cumplen con las mejores características.

Conductor o cable: Es el que nos permitirá hacer la conexión de nuestro electrodo hacia las demás partes dentro de nuestros hogares o industrias. Debe procurarse que este cable no sea seccionado y en caso de ser necesario debe preferentemente ser soldado para poder asegurarse de su contacto y continuidad del sistema de conexión, pero hay que aclarar que no se puede usar cualquier soldadura, ya que al calentar el cobre del conductor este puede dañarse y ya no tendría un buen contacto con la soldadura que se le coloque. Otra cosa importante es que debe procurarse usar un cable desnudo para que todas las partes metálicas de la instalación queden conectadas a tierra. En el caso de que se use un cable con aislante este debe ser de cierto color de acuerdo a la Norma, por ejemplo:

Un conductor aislado puesto a tierra de tamaño nominal mayor al calibre # 6 debe identificarse por medio de un forro exterior continuo blanco o gris claro, que le cubra en toda su longitud, o por tres franjas blancas continuas también en toda su longitud o por una visible marca blanca y permanente en sus extremos, en el momento de la instalación.

- ***Que es la resistividad del terreno:***

La resistividad del terreno se define como la resistencia que presenta 1 m³ de tierra, y resulta de un interés importante para determinar en donde se puede construir un sistema de puesta a tierra.

En la resistividad del terreno influyen varios factores que pueden variarla, entre los cuales se encuentran:

Naturaleza del Terreno: Esta se refiere a que la resistividad varía según el tipo de terreno, es decir se tiene una resistividad más elevada en un terreno rocoso que en uno donde haya arena.

Humedad: Mientras más húmedo sea éste más baja será la resistividad del terreno y mientras más seco este el terreno mayor será la resistividad de éste, es por esta razón que debe procurarse un terreno un poco más húmedo para obtener mejores valores.

Temperatura: Aquí también la temperatura afecta en las mediciones ya que el calor crea una resistencia en el terreno, es como si se tuviera un terreno seco. Y por el contrario a temperaturas muy bajas la poca humedad que hay en el terreno puede congelarse (solo la superficie del agua), y como se sabe el hielo no es un buen conductor por lo que se eleva la resistividad del terreno.

Salinidad: El agua por si sola no conduce electricidad pero con sales se convierte en un excelente conductor, por lo que mientras más sales contenga el terreno y este húmedo más bajos serán los valores de resistividad.

Estratigrafía: Esta afecta por el exceso de rocas y piedras de tamaño considerable en un terreno ya que las rocas y piedras provocan una mayor resistencia en el terreno.

Compactación: Aquí la resistividad disminuye mientras más compactado este un terreno ya que cuando no esta bien compacto hay pequeños espacios de aire los cuales impiden que la corriente eléctrica se pueda esparcir por el terreno.

Variaciones estacionales: Las estaciones también intervienen en el valor de la resistividad de un terreno ya que en una estación calurosa como primavera el terreno estará mas seco que si se tuviera una estación con muchas lluvias y por esto los valores cambiarían según la estación del año en que nos encontremos, por lo tanto se recomienda hacer varias mediciones en diferentes estaciones del año para determinar la resistividad promedio. Debido a la uniformidad del terreno, cuando se mide la resistividad del terreno en un punto, por cualquier método, el valor que se obtiene es llamado resistividad media o aparente. Por eso se recomienda hacer varias mediciones en el terreno en diferentes posiciones y después sacar un promedio de estas para obtener un valor de resistividad más exacto.

- ***Como varia la resistencia a tierra según el área de los conductores:***

Para empezar la resistencia a tierra se puede definir como la resistencia que ofrece un sistema de tierra al paso de la corriente eléctrica. Este valor de resistencia depende de la resistividad del terreno, las características físicas del electrodo a tierra (diámetro, área, longitud, etc.), también de la longitud y el área de los conductores.

Por otra parte la resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

En función a su profundidad del conductor la Norma de Instalaciones Eléctricas especifica que la profundidad mínima de enterrado de una varilla debe ser de 2.4 metros (8 pies).

Además la resistencia de un electrodo de sección circular se reduce al incrementarse su diámetro, sin embargo tiene un límite en el que ya no es recomendable aumentarlo debido a que el valor de la resistencia del terreno permanece prácticamente constante.

- ***Electrodos de puesta a tierra:***

Para realizar un sistema de puesta a tierra se necesitan electrodos de tierra, los cuales existen de muchos tipos, algunos mejores que otros en ciertas características como el costo, entre otras.

Cuando se instala un electrodo de tierra, es común tener un registro. En donde el objetivo de este es para poder ubicar el lugar donde se encuentra con facilidad y para que después de un cierto tiempo se le pueda dar mantenimiento (el uso de un registro es opcional).

A continuación se darán a conocer los tipos de electrodos más comunes:

a) Varilla Copperweld: Esta varilla es una de las más usadas, por su bajo costo. Este tipo de electrodo esta hecho de acero y recubierto de una capa de cobre, su longitud es de 3.05 metros y un diámetro de 16 milímetros. Esta varilla se debe enterrar en forma vertical y a una profundidad de por lo menos 2.4 metros, esto por norma. También por norma se acepta que la varilla vaya enterrada en forma horizontal, siempre y cuando sea en una zanja de mínimo 80 cm de profundidad, pero no es muy recomendable. La varilla copperweld no tiene mucha área de contacto, pero sí una longitud considerable, con la cual es posible un contacto con capas de tierra húmedas, lo cual se obtiene un valor de resistencia bajo.

b) Varilla: Este tipo de electrodo de tierra tiene un área de contacto más grande que la varilla copperweld, por lo que no necesita mucha longitud. Este electrodo se forma por un perfil de acero galvanizado, y puede ser en forma de cruz, de ángulo recto o en T.

c) Rehilete: Este electrodo se forma de dos placas de cobre cruzadas, las cuales van soldadas. Este tipo de electrodo es bueno para terrenos donde es difícil excavar, ya que tiene mucha área de contacto.

d) Placa: Debido a que este electrodo tiene una gran área de contacto es recomendado en terrenos que tengan alta resistividad. Por lo regular debe tener un área de por lo menos 2000 cm² y un espesor mínimo de 6.4 mm en materiales ferrosos y mínimo de 1.52 mm en materiales no ferrosos.

e) Electrodo en estrella: Este tipo de electrodo se puede hacer con cable de cobre desnudo con ramificaciones de 60° de ángulo. Estos electrodos se utilizan en el campo, ya que por la longitud del cable se obtiene un valor de resistencia menor.

f) Electrodo de anillos: Este electrodo consiste en una espira de cable de cobre desnudo, con un diámetro mínimo de 33.6 mm² y una longitud mínima de 6 m en contacto con la tierra, el cual debe tener una profundidad de por lo menos 80 cm, así como también se le pueden conectar electrodos.

g) Malla: La malla se hace armando una red de conductores de cobre desnudos, esta malla se puede mejorar con algunos electrodos. Esta malla es muy utilizada en las subestaciones eléctricas, ya que reduce el riesgo de descargas.

h) Placa estrellada: Este tipo de electrodo es una placa que tiene varias puntas en su contorno, esta se conecta por medio de una barra atornillable. Su principal ventaja es que ayuda a que se disipe la energía a través de sus puntas.

i) Electrodo de varillas de hierro o acero: Prácticamente este electrodo son las varillas que se aprovechan en la construcción de algún edificio, las varillas deben tener por lo menos 16 mm de diámetro.

j) Electrodo de tubo metálico: Este tipo de electrodo puede ser la tubería metálica del agua. El diámetro debe ser de mínimo 19 mm, si el tubo es de acero o hierro tiene que tener una cubierta de otro metal para que lo proteja de la corrosión, la tubería debe estar enterrada por lo menos 3 m.

k) Electrodo empotrado en concreto: Este tipo de electrodo se debe encontrar en una cimentación que este enterrada y tenga una longitud de por lo menos 6 m, con varillas desnudas con 13 mm de diámetro mínimo. El electrodo debe estar incrustado en concreto como mínimo 5 cm.

l) Electrodo horizontal o contra-antena: El electrodo horizontal es un conductor de cobre desnudo enterrado de forma horizontal en una zanja de 50 cm mínimo de profundidad, se pueden hacer varias configuraciones, pero la más utilizada es la línea recta. Su principal inconveniente es que la excavación es muy costosa.

m) Electrodo profundo: Este tipo de electrodo no es más que una varilla copperweld unida a un conductor de cobre desnudo de gran longitud. Este electrodo es utilizado en terrenos donde haya mucha roca, se hace una perforación vertical profunda hasta encontrar las capas húmedas de la tierra, ya que la humedad aumenta la conductividad.

n) Electrodo en espiral: El electrodo en espiral es un cable de cobre desnudo en espiral de diferentes diámetros y enterrados a diferentes profundidades para hacer contacto con las diferentes capas de la tierra.

o) Electrodo químicos: Los electrodos químicos son aquellos electrodos a los que se les adiciona algún compuesto químico para aumentar la conductividad y de esta forma disminuir el valor de resistencia.

De acuerdo a pruebas que se han realizado a los electrodos mencionados anteriormente se puede decir que el más utilizado es la varilla copperweld, gracias a su gran eficiencia y bajo costo de material e instalación.

Por otra parte los electrodos pueden ser artificiales o naturales.

Se entiende por electrodos artificiales los establecidos con el exclusivo objeto de obtener la puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearan principalmente electrodos artificiales. No obstante los electrodos naturales que existirán en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno, pueden utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir de éstos cuando su instalación presente serias dificultades y cuando los electrodos naturales cumplan los requisitos anteriormente señalados con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos sea de un valor adecuado.

Los electrodos artificiales podrán estar constituidos por: Electrodo simple constituido por barras, tubos, placas, cables, pletinas, etc.

En donde:

Los anillos o mallas metálicas constituidas por elementos indicados anteriormente o por combinaciones de ellos. Los electrodos serán de metales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno, tal como el cobre, el hierro galvanizado, hierro sin galvanizar con protección catódica o fundición de hierro. Para este último tipo de electrodos, las secciones mínimas serán el doble de las secciones mínimas de los electrodos de hierro galvanizados.

Sólo se admite los metales ligeros, cuando sus resistencias a la corrosión son netamente superiores a la que presentan, en el terreno que se considere, el cobre o el hierro galvanizado.

La sección de un electrodo no debe ser inferior a la sección del conductor que constituye la línea principal de tierra.

Mientras que los electrodos naturales puedan estar constituidos por:

a) Una red extensa de conducciones metálicas enterradas, siempre que la continuidad de estas conducciones quede perfectamente asegurada, y en el caso de que las conducciones pertenezcan a una distribución pública o privada, haya acuerdo con los distribuidores correspondientes. Se prohíbe utilizar como electrodos las canalizaciones de gas, de calefacción central y las conducciones de desagüe, humos o basuras.

b) Los pilares metálicos de los edificios, si están interconectados, mediante una estructura metálica y enterrados a cierta profundidad.

- *Características en cuanto a la conexión de electrodos:*

En primer lugar la varilla copperweld es el electrodo más utilizado debido a sus características, también ya mencionadas. El objetivo de este electrodo es estar en contacto con las capas húmedas de la tierra, y para lograrlo se recomienda instalarla en forma vertical, enterrada por lo menos 2.4m, con esto se debe obtener un valor de resistencia bajo, si no se logra con una varilla se pueden colocar más varillas conectadas por medio de conductor de cobre desnudo en diferentes configuraciones y un espaciado de por lo menos la longitud del electrodo. Los electrodos que se unan eléctricamente se deben considerar como un solo electrodo. Por norma la separación mínima entre los electrodos debe ser de 1.83 m.

Un anillo de tierra consiste en un conductor de cobre desnudo, de sección transversal no menor al calibre 2 AWG y de longitud no menor a 6 m enterrado a una profundidad de 800 mm y, que rodee al edificio o estructura. Estos anillos de tierra se emplean frecuentemente circundando una fábrica o un sitio de comunicaciones, para proveer un plano equipotencial alrededor de edificios y equipos.

Mallas, en donde de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana de instalaciones eléctricas requiere de un sistema enmallado de tierra con múltiples electrodos y conductores

enterrados, cuando están involucradas tensiones y corrientes eléctricas muy altas, con el fin de minimizar los riesgos al personal en función de la tensión eléctrica de paso y de contacto. La malla consta de una red de conductores enterrados a una profundidad que usualmente varía de 0.30 a 1.0 m, colocados paralela y perpendicularmente con un espaciamiento adecuado a la resistividad del terreno y preferentemente formando retículas cuadradas. El cable que forma el perímetro exterior de la malla debe ser continuo de manera que encierre toda el área en que se encuentra el equipo eléctrico de la subestación o planta generadora. Con ello, se evitan altas concentraciones de corriente y gradientes de potencial en el área y terminales cercanas. En cada cruce de conductores de la malla, éstos deben conectarse rígidamente con soldadura entre sí y en los puntos donde se conectan los equipos que pudieran presentar falla o, en las esquinas de la malla, los conductores deben conectarse a electrodos de varilla o tubo de 2.4 m de longitud mínima, clavados verticalmente.

En cuanto se refiere a compuestos químicos, el problema de lograr una resistencia baja en la roca así como en otros suelos de alta resistividad, está asociada con el material en contacto con el electrodo y la compactación que éste recibe al rellenar el agujero. El relleno ideal debe compactarse fácilmente, ser no corrosivo y a la vez buen conductor eléctrico. La bentonita entre otros compuestos como el sulfato de magnesio o de sulfato de cobre, o de compuestos químicos patentados (THOR GEL, GEM, etc.) cumple con esos requisitos. La bentonita es una arcilla consistente en silicato de aluminio, y tiene la particularidad de absorber hasta cinco veces su peso de agua y de hincharse hasta 13 veces su volumen seco. Y tiene una resistividad de 2.5 ohm-m con humedad del 300%. Aparte del relleno con alguno de los compuestos mencionados, existen otros métodos químicos más. En el primero, en un registro junto a la varilla se colocan unos 30 cm de los compuestos. Este método es efectivo donde hay poco espacio como en banquetas o estacionamientos. El otro método es excavar una zanja alrededor de la varilla y llenarla con unos 20 o 40 kg de los compuestos químicos mencionados arriba, diluyendo con agua.

- ***Medición de la resistividad del terreno y la resistencia de tierra:***

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad de la roca, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, planta generadora o transmisora en radiofrecuencia. Asimismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas.

En general, los lugares con resistividad baja tienden a incrementar la corrosión. En este punto es necesario aclarar que la medición de la resistividad del terreno, no es un requisito para obtener la resistencia de los electrodos a tierra.

Además de lo anteriormente expuesto, las mediciones de puesta a tierra se hacen para:

- Proteger efectivamente los sistemas contra los efectos de las descargas atmosféricas.
- Proporcionar un medio para disipar la corriente eléctrica en la tierra bajo condiciones normales o de corto circuito, sin exceder ningún límite operacional de los equipos o suspender la continuidad del servicio.

Dentro de los propósitos principales para los cuales se determinan los valores de impedancia de puesta a tierra están:

- Determinar la impedancia actual de las conexiones de puesta a tierra.
- Como control y verificación los cálculos en el diseño de sistemas de distribución de puesta a tierra.
- La adecuación de la puesta a tierra para protección contra descargas atmosféricas.
- Asegurar, mediante el diseño apropiado de la puesta a tierra, el buen funcionamiento de los equipos de protección.

La medición de resistencia a tierra de electrodos es una técnica que requiere conocer aparte del método de medición, algunos factores que afectan los resultados de las mediciones, y que son:

Tipo de prueba: Existen dos tipos de pruebas fundamentalmente. Las demás son variaciones de éstas. Aunque muy parecidas, los resultados de las mediciones no son exactamente los mismos.

Los métodos son:

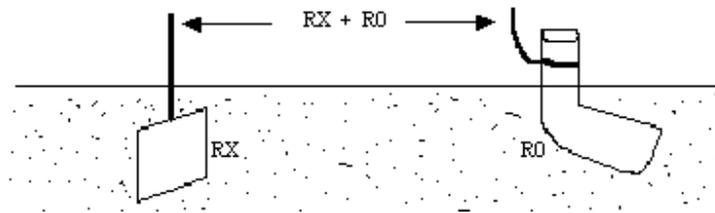
- Método de caída de potencial. (Conocido también como de Tres Puntos, 62%, etc.)
- Método Directo. (También conocido como de Dos Puntos.)

Tipo de aparato: No todos los aparatos de medición de resistencia a tierra trabajan de la misma manera. Existen diferencias muy marcadas en el tipo de corriente empleada. A manera de ilustrar estas diferencias, los aparatos más utilizados son el vibroground y el megger de tierras.

Lugar físico: Las varillas electrodos de los instrumentos de medición pueden ser colocadas en todas direcciones como a una infinidad de distancias entre ellas. Aunque es el mismo punto de medida, las lecturas no son idénticas; a veces ni en terrenos vírgenes debido a la presencia de corrientes de agua o de capas de distinta resistividad. En los terrenos industriales es aún mayor la diferencia debido a la presencia de objetos metálicos enterrados como tuberías, varillas de construcción, rieles, canalizaciones eléctricas, etc. Todos los resultados son aproximados y se requiere cuidado tanto con el equipo de prueba como con la selección de los puntos de referencia de la puesta a tierra. Dentro de los métodos para la medición de las impedancias de puesta a tierra se conocen los siguientes:

- **Método de la tierra conocida.**

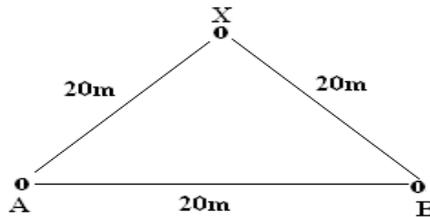
Este método consiste en encontrar la resistencia combinada entre el electrodo a probar y uno de resistencia despreciable.



En este método se hace circular una corriente entre las dos tomas de tierra, esta corriente se distribuye en forma similar a las líneas de fuerza entre polos magnéticos. El inconveniente de este método es encontrar los electrodos de resistencia conocida y los de resistencia despreciable.

- **Método de los tres puntos o triangulación.**

Consiste en enterrar tres electrodos (A, B, X), se disponen en forma de triángulo, tal como se muestra en la figura siguiente, y medir la resistencia combinada de cada par: (X + A), (X + B), (A + B), siendo X la resistencia de puesta a tierra buscada y (A, B) las resistencias de los otros dos electrodos conocidas.



Las resistencias en serie de cada par de puntos de la puesta a tierra en el triángulo serán determinadas por la medida de voltaje y corriente a través de la resistencia. Así quedan determinadas las siguientes ecuaciones:

$$R_1 = X + A$$

$$R_2 = X + B$$

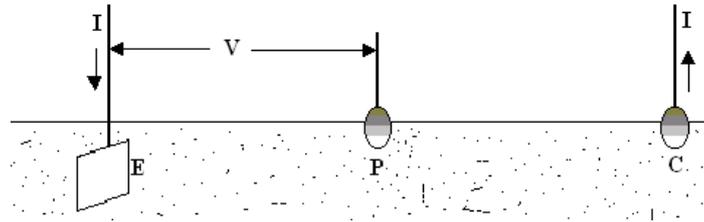
$$R_3 = A + B$$

En donde:

$$X = (R_1 + R_2 - R_3) / 2$$

Este método es conveniente para medidas de resistencias de las bases de las torres, tierras aisladas con varilla o puesta a tierra de pequeñas instalaciones. No es conveniente para medidas de resistencia bajas como las de mallas de puesta a tierra de subestaciones grandes. El principal problema de este método es que A y B pueden ser demasiado grandes comparadas con X (A y B no pueden superar a 5X), resultando poco confiable el cálculo.

- **Método de la caída de potencial.**



Es el método más empleado, los electrodos son dispuestos como lo muestra la figura anterior; E es el electrodo de tierra con resistencia desconocida; P y C son los electrodos auxiliares colocados a una distancia adecuada. Una corriente (I) conocida se hace circular a través de la tierra, entrando por el electrodo E y saliendo por el electrodo C. La medida de potencial entre los electrodos E y P se toma como el voltaje V para hallar la resistencia desconocida por medio de la relación V/I .

La resistencia de los electrodos auxiliares se desprecia, porque la resistencia del electrodo C no tiene determinación de la caída de potencial V. La corriente I una vez determinada se comporta como constante. La resistencia del electrodo P, hace parte de un circuito de alta impedancia y su efecto se puede despreciar.

- ***Determinación del calibre de los conductores del sistema de tierra:***

El conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser capaz de soportar durante un tiempo específico corrientes eléctricas en condiciones anormales como las de un cortocircuito, pero que no se requiere para conducir corriente eléctrica en condiciones normales del circuito eléctrico, la siguiente información es solo una parte de lo que nos brinda la norma por el hecho de ser un tema muy amplio.

Los materiales del conductor del electrodo de puesta a tierra:

a) Conductor del electrodo de puesta a tierra. El conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser de cobre o aluminio. El material elegido debe ser resistente a la corrosión que se pueda producir en la instalación, y debe estar adecuadamente protegido contra la corrosión. El conductor debe ser macizo o cableado, aislado, forrado o desnudo, y debe ser de un solo tramo continuo, sin empalmes ni uniones.

Los conductores de puesta a tierra se deben instalar como se especifica en los siguientes incisos:

a) Conductor del electrodo de puesta a tierra. Un conductor del electrodo de puesta a tierra o su envolvente debe sujetarse firmemente a la superficie sobre la que va instalado. Un conductor de cobre o aluminio de 21.2 mm^2 (4 AWG) o superior se debe proteger si está expuesto a daño físico severo. Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de 13.3 mm^2 (6 AWG) que no esté expuesto a daño físico, a lo largo de la superficie del edificio sin tubería o protección metálica, cuando esté sujeto firmemente al edificio; si no, debe ir en tubo metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo no- metálico tipo pesado, o un cable armado. Los conductores de puesta a tierra de tamaño nominal inferior a 13.3 mm^2 (6

AWG) deben alojarse en tubo metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo no-metálico tipo pesado, o en cable armado

No se deben usar como conductores de puesta a tierra, conductores aislados o desnudos de aluminio que estén en contacto directo con materiales de albañilería o terreno natural, o si están sometidos a condiciones corrosivas.

b) Envoltentes para conductores del electrodo de puesta a tierra. Las envoltentes metálicas del conductor del electrodo de puesta a tierra deben ser eléctricamente continuas desde el punto de conexión a los envoltentes o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, y deben estar sujetas firmemente a las abrazaderas o herrajes de tierra. Las envoltentes metálicas que no sean continuas físicamente desde el envoltente o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, se deben hacer eléctricamente continuas mediante un puente de unión de sus dos extremos al conductor de puesta a tierra.

Tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra en instalaciones de C.A.

El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de C.A. puesta o no puesta a tierra, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla siguiente:

<i>Tamaño nominal del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm² (AWG o kcmil)</i>		<i>Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm² (AWG o kcmil)</i>	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33.6 (2) ó menor	53.5 (1/0) ó menor	8.37 (8)	13.3 (6)
42.4 o 53.5 (1 ó 1/0)	67.4 o 85.0 (2/0 ó 3/0)	13.3 (6)	21.2 (4)
67.4 o 85.0 (2/0 ó 3/0)	4/0 ó 250 kcmil	21.2 (4)	33.6 (2)
Más de 85.0 a 177 (3/0 a 350)	Más de 127 a 253 (250 a 500)	33.6 (2)	53.5 (1/0)
Más de 177 a 304.0 (350 a 600)	Más de 253 a 456 (500 a 900)	53.5 (1/0)	85.0 (3/0)
Más de 304 a 557.38 (600 a 1100)	Más de 456 a 887 (900 a 1750)	67.4 (2/0)	107 (4/0)
Más de 557.38 (1100)	Más de 887 (1750)	85.0 (3/0)	127 (250)

Cuando no haya conductores de entrada a la acometida, la sección transversal del conductor al electrodo de puesta a tierra se debe calcular por la sección transversal equivalente del mayor conductor de entrada a la acometida de acuerdo con la corriente eléctrica de carga calculada.

Cuando el tamaño nominal de los conductores se ajuste para compensar caídas de tensión eléctrica, los conductores de puesta a tierra de equipo, se deberán ajustar proporcionalmente según el área en mm² de su sección transversal.

Cuando solo haya un conductor de puesta a tierra de equipo con varios circuitos en el mismo tubo o cable, su tamaño nominal debe seleccionarse de acuerdo con el dispositivo de sobrecorriente de mayor corriente eléctrica nominal de protección de los conductores en el mismo tubo o cable.

Si el dispositivo de sobrecorriente consiste en un interruptor automático de disparo instantáneo o un protector de motor contra cortocircuitos, el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra de equipo se puede seleccionar de acuerdo con la capacidad nominal del dispositivo de protección del motor contra sobrecorriente, pero no debe ser inferior a lo especificado en la tabla siguiente:

La tabla consecuyente nos muestra el tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos:

<i>Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc.</i>	<i>Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm² (AWG o kcmil)</i>	
	<i>Cable de Cobre</i>	<i>Cable de Aluminio</i>
(A)		
15	2.08 (14)	14
20	3.307 (12)	12
30	5.26 (10)	10
40	5.26 (10)	10
60	5.26 (10)	10
100	8.37 (8)	13.3 (6)
200	13.3 (6)	21.2 (4)
300	21.2 (4)	33.6 (2)
400	33.6 (2)	42.4 (1)
600	33.6 (2)	53.5 (1/0)
800	42.4 (1)	67.4 (2/0)
1000	53.5 (1/0)	85.0 (3/0)
1200	67.4 (2/0)	107 (4/0)
1600	85.0 (3/0)	127 (250)
2000	107 (4/0)	177 (350)
2500	127 (250)	203 (400)
3000	177 (350)	304 (600)
4000	203 (400)	304 (600)
5000	253 (500)	405 (800)
6000	354.7 (700)	608 (1200)
	405 (800)	608 (1200)

1.26 INSTALACION DE LAMPARAS FLUORESCENTES.

El uso de lámparas fluorescentes ofrece ventajas con relación a las incandescentes. Entre otras ventajas se pueden mencionar como más importantes las siguientes; alta eficiencia con 2 o 3 veces más lúmenes por watt (el lumen es la unidad de intensidad luminosa), menor calor producido, luz con menos sombras iluminando una mayor área, en condiciones normales de operación ofrecen un tiempo de vida esperada mayor.

Las desventajas de las lámparas fluorescentes con respecto a las incandescentes son principalmente las siguientes: mayor sensibilidad a la temperatura, en ambientes de alta humedad se puede requerir de medios de protección especiales, tienen alto costo inicial, su tiempo de vida esperado se puede afectar severamente por el número de operaciones de apagado y encendido que se realicen, su factor de potencia es menor que la unidad en comparación con las lámparas incandescentes.

Para los propósitos de las instalaciones eléctricas no es necesario entrar en los detalles del principio de operación de estas lámparas y solo se mencionara el diagrama elemental de operación de las lámparas fluorescentes que se indica en la siguiente Figura:

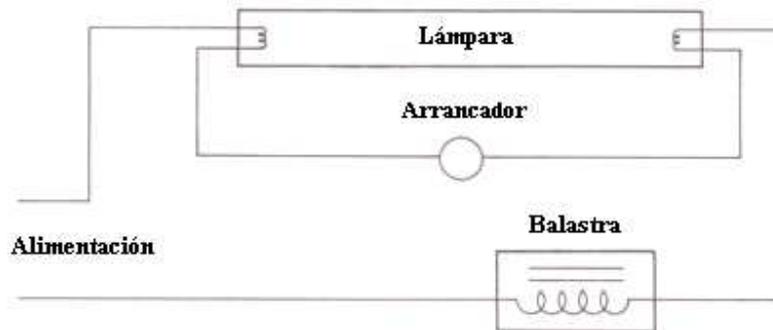


Figura 1. Lámpara con alto factor.

El dispositivo denominado balastra se conecta en serie con la lámpara y el arrancador, la balastra o reactor consiste de muchas vueltas o espiras de alambre delgado arrolladas en un núcleo de hierro; debido a la autoinducción, se genera un alto valor de fuerza contra electromotriz en la balastra en el instante que los contactos del arrancador se separan e interrumpen el circuito. El arrancador tiene un capacitor entre los puntos de contacto que reduce el arqueo entre estos puntos.

Para los fines de su aplicación, las lámparas fluorescentes tienen distinta luminosidad y color, se les conoce como: luz de día que es el más claro de todos los colores en lámparas fluorescentes y por lo general se usan para ornatos y aparadores o aplicaciones similares a estas; tiene la desventaja de que altera los colores, por lo que no se usa en áreas en donde se deba seleccionar colores:

- Color blanco frío: Este color es funcional en aplicaciones como iluminación de oficinas, escuelas, áreas de selección de colores, salas de dibujo, eventualmente en casas habitación en baños y recamaras, en combinación de alumbrado con lámparas incandescentes.

- Color blanco cálido: Tiene prácticamente las mismas aplicaciones que el color blanco frío, pero tiene la desventaja de que altera ligeramente los colores por su tono amarillento.

En aplicaciones industriales es común encontrar el uso de lámparas fluorescentes en talleres, en donde se recomienda que para evitar el parpadeo de estas lámparas que es característico; a este efecto se le conoce como efecto estroboscópico y es conveniente usar lámparas por parejas, es decir, colocando dos tubos en lugar de uno en la luminaria. En la siguiente Figura se muestra el aspecto de una luminaria.

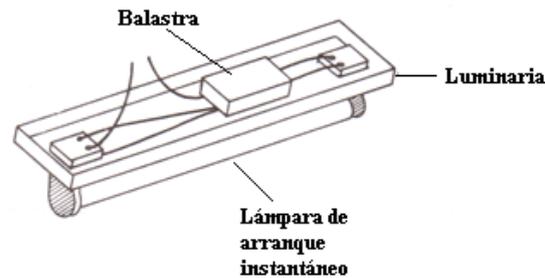


Figura 2. Vista de una luminaria

Existen tubos de lámparas fluorescentes que no requieren arrancador ni precalentamiento de los filamentos y también los hay de arranque rápido con precalentamiento que se pueden usar en las lámparas estándar del tipo arrancador.

Es conveniente mencionar que los tubos de lámparas que no requieren arrancador llevan un porta lámpara especial. También es bueno saber que los tubos llevan un recubrimiento de fósforo que es el que determina el color de la luz, por lo que hay una gran variedad de colores en tubos.

Las lámparas fluorescentes son más caras que las incandescentes y además presentan más problemas en su operación en el orden siguiente: tubos, arrancador y balastro.

Cambiar tubos y arrancadores es relativamente simple; de hecho los tubos se deben reemplazar cuando se empiezan a oscurecer sus extremos. Cambiar la balastro es un poco más laborioso y desde luego, su costo es elevado con respecto a los otros dos componentes de la luminaria.

En las siguientes figuras se muestran los diagramas esquemáticos de un arreglo de dos lámparas fluorescentes conectadas en una luminaria:

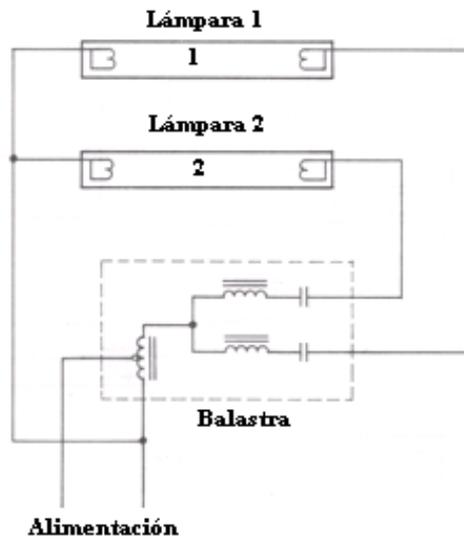


Figura 3. Arreglo de lámparas con arranque instantáneo.

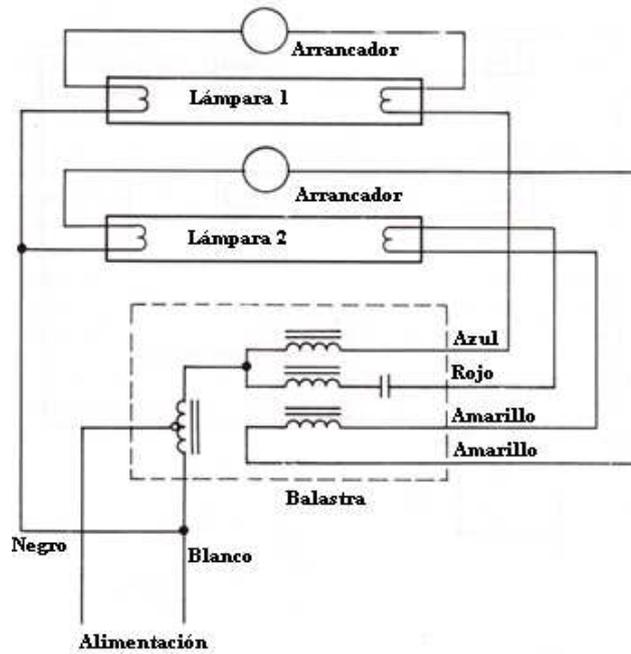


Figura 4. Arreglo típico de dos lámparas.

1.27 CONSEJOS EN LA ELABORACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS.

Uso del portalámparas:

Debemos de conectar de manera correcta este dispositivo ya que si no se hace puede ser peligroso.

Se ha visto anteriormente que a las lámparas incandescentes siempre debe de llegar el neutro a un extremo del tornillo que tiene continuidad con la parte roscada del portalámparas, así como utilizar un dispositivo de control con la finalidad de dejar pasar la corriente cuando sea necesario.

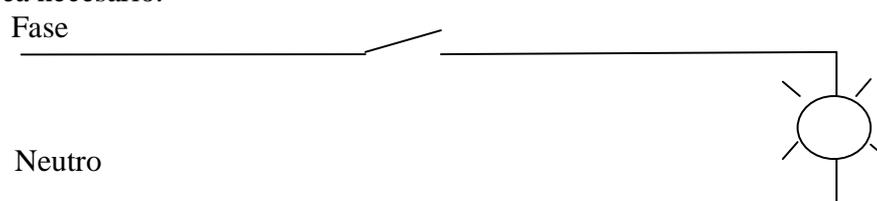


Figura a. Forma correcta de conectar una lámpara.

En caso contrario conectando de manera incorrecta el portalámparas, si se llegara a tocar la parte roscada de la lámpara o del portalámparas, aunque esté apagada, puede transportar corriente.

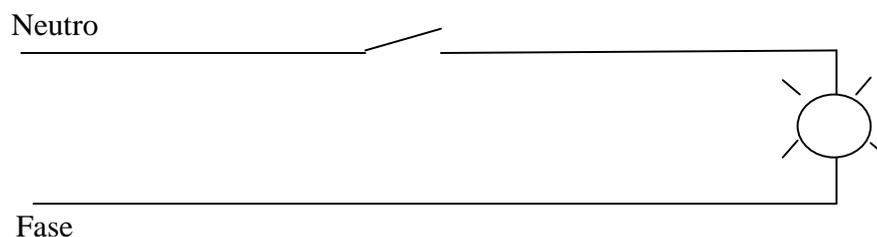


Figura b. Manera incorrecta de conectar una lámpara.

Al conectar un portalámparas debemos de cerciorarnos que:

- Si son metálicos no deben de estar en un lugar húmedo.
- Que no haya tomas de corriente conectadas en el.
- Verificar que la potencia de la lámpara incandescente no sea superior a la que puede soportar el portalámparas que vamos a utilizar.
- Que no estén en mal estado.

En el baño:

Considerando que es un espacio en donde por razones obvias existe la humedad y el agua, lo que hace que puedan existir accidentes eléctricos.

Debemos de saber que para tener una mayor seguridad en este lugar podemos seguir los siguientes consejos:

- No utilizar ladrones de corriente ni extensiones.
- Cuando se requiera limpiar los accesorios eléctricos hacerlo con una tela seca y calzado aislante, por ningún motivo nunca hacerlo descalzo.
- No colocar a menos de un metro de distancia de la bañera o ducha, aparatos eléctricos portátiles.
- Se deben poner contactos cercanos al lavabo, pues son útiles para aparatos eléctricos que tienen poco consumo de potencia.
- Los interruptores, contactos y lámparas nunca deben localizarse a menos de 1 m de distancia con respecto a la regadera.
- No tocar aparatos ni dispositivos eléctricos cuando se estén bañando.

En la Cocina:

Otro lugar peligroso con riesgo a tener un accidente eléctrico, sobre todo por el ambiente mojado y húmedo que existe.

Debemos de saber que para tener una mayor seguridad en este lugar podemos tomar en cuenta lo siguiente:

- No colocar ninguna toma de corriente o contacto a menos de 1 metro del fregadero.
- No tocar ningún aparato eléctrico cuando el piso este húmedo.
- No tocar nevera, lavadora, etc., con los pies descalzos.
- Es indispensable verificar que los conductores de los aparatos eléctricos de mayor consumo estén en óptimas condiciones.

Protección a nuestros hijos:

- En habitaciones para niños debe de haber el menor número de aparatos eléctricos y tomacorrientes.
- Colocar contactos de seguridad los cuales obstaculizan la penetración de objetos.
- No olvidar tener aparatos eléctricos conectados o desconectados al alcance de los niños.
- No darles juguetes que utilicen corriente alterna.
- Difundirles que nunca deben tocar aparatos eléctricos con las manos mojadas o descalzos.

Otras precauciones:

- Como saber cuando nuestra instalación tiene fugas de corriente: Para esto desconectamos todos los aparatos eléctricos y apagamos todas las luces, para después ir a ver que el disco del medidor no gire; si el disco sigue girando, de inmediato hay que mandar a revisar nuestra instalación.
- Si en nuestro hogar la instalación eléctrica estuviera dividida en circuitos derivados y si por algún motivo se activara nuestro dispositivo de protección quiere decir que existe el riesgo de un cortocircuito, por lo que podemos localizar la falla desenchufando todos los aparatos eléctricos sospechosos e

ir conectando uno por uno hasta observar que nuestro dispositivo de protección se vuelva activar.

- Al desconectar cualquier aparato eléctrico, agarrarlo de la clavija, no del cable.
- Una vez utilizado un aparato electrodoméstico, debe ser desconectado.
- Si se requiere revisar algún elemento de nuestra instalación eléctrica, aunque sea lo más simple como cambiar un foco, hacerlo sin voltaje.
- En circuitos derivados al utilizar un neutro común para varios circuitos darle un calibre más grande.
- Utilizar siempre cables de sección suficiente.
- No saturar las cajas de derivación con un montón de conductores. En caso de que esto ocurra, utilizar más de una caja de derivación.
- Estar pendientes que los aislamientos no estén deteriorados y que los amarres utilizados sean los adecuados.
- Cuando se instalen conductores eléctricos a una temperatura alta es necesario calcular el tipo de conductor a partir de esta.
- Evitar que los conductores estén en contacto con residuos químicos, grasas, etc., ya que el aislamiento de cada uno de ellos está diseñado para algo en específico.
- No estirar conductores sobre esquinas afiladas o áreas ásperas.
- No jalar los conductores en forma irresponsable, ya que es posible que se formen cocas y esto afecta a nuestro conductor ya que se dobla de manera incorrecta.
- En un tubo conduit no debemos ocupar más del área permitida por los conductores según la norma de instalaciones eléctricas ya que la capacidad de corriente de los conductores se reduce considerablemente.

Las siguientes figuras nos muestran las precauciones ya mencionadas anteriormente que hay que tomar en cuenta:



Figura c. Evitar que el conductor este expuesto a sustancias.

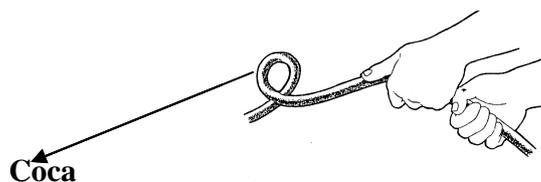


Figura d. Evitar la formación de cocas al jalar el conductor.

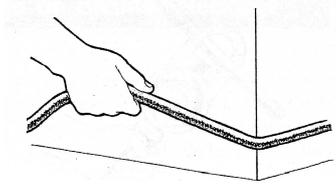


Figura e. No jalar conductores en esquinas afiladas, pues el aislante se puede deteriorar.

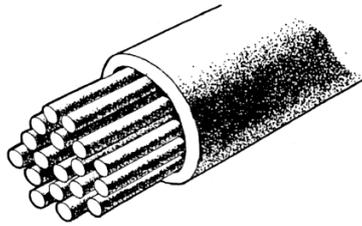


Figura f. Los conductores no deben ocupar más del área permitida en un tubo conduit.



Figura g. Quitar conductores del piso cuando no estén en uso, pues evitamos maltratarlos.

Para un mejor aprovechamiento de consumo de energía de la carga a conectar en nuestra instalación eléctrica podemos considerar lo siguiente:

- El hecho de emplear lámparas fluorescentes en lugar de focos incandescentes; ya que estas, tienen una vida más larga y consumen menos energía eléctrica.
- Influye mucho el hecho de pintar el interior de nuestros hogares con colores claros, pues esto ayuda a que la luz se refleja en las paredes y por consiguiente haya un buen nivel lumínico.
- Tener el horno de microondas y tostador, siempre limpios de residuos, pues así ayudara a que duren más y consuman menos energía.
- En la aspiradora verificar que los filtros y depósitos de polvo y basura no estén llenos, pues si es así estamos obligando a que el motor trabaje sobrecargado y por ende disminuir su vida.
- No dejar encendidas lámparas, radios, televisores u otros aparatos eléctricos cuando nadie los está utilizando.

- En una licuadora observar que sus aspas tengan filo por lo que esto ayuda a que trabaje con mayor facilidad y por lo tanto consume menos energía.
- En una lavadora el uso de detergente influye mucho ya que si se usa más de lo que debe de ser produce mucha espuma por lo que su motor trabaja más, reduciendo así de esta manera su vida y por ende un mayor consumo de energía.
- Otro aparato eléctrico que consume mucha energía eléctrica es la plancha, por lo que es viable planchar la mayor ropa posible cada vez que se conecte, pues conectarla en varias ocasiones consume más energía que mantenerla encendida por un rato. Hay que observar que la superficie lisa de la plancha este siempre limpia ya que proporcionara calor de manera uniforme.
- Observar que el empaque de la puerta de nuestro refrigerador selle muy bien, pues en caso contrario puede generar un consumo hasta tres veces mayor al normal.

1.28 SEGURIDAD INDUSTRIAL.

Seguramente alguna vez hemos escuchado de personas que han recibido alguna descarga eléctrica o bien a nosotros nos ha pasado algo similar. Pero a pesar de esto seguimos viviendo y esto tal vez nos ha dado cierta confianza y pensamos que no es después de todo tan peligroso el manejo de la electricidad. Pero así como muchos seguimos con vida otros no han corrido con la misma suerte, aun tratándose de casos de 110 Volts.

Para entender los efectos de la corriente eléctrica, se requiere entender la diferencia entre voltaje y corriente. Esto se puede entender haciendo una analogía entre un sistema eléctrico y un hidráulico aunque no sea 100% exacto.

En donde amperes en electricidad equivalen a litros/segundo en un sistema hidráulico, o sea, a la cantidad de agua que pasa en un cierto tiempo, mientras que volts en electricidad equivalen a la presión que tuviera esa agua. En cuanto a la resistencia eléctrica que se mide en ohms (Ω) y es equivalente a la resistencia mecánica que opone una tubería al paso del agua debido a que la superficie interior es áspera.

Así como podemos tener presión sin que haya movimiento de líquido en un sistema hidráulico, también puede haber voltaje sin corriente en un sistema eléctrico.

Si tuviéramos un sistema presionado como una tubería o un tanque e intentáramos tomar agua de el pegando la boca, el agua pasaría a nuestro cuerpo y lo podría llenar ocasionando probablemente la muerte.

Análogamente, en un sistema eléctrico cuando nos quedamos “pegados” como se dice vulgarmente, la corriente fluye a nuestro cuerpo y podemos llegar a morir, dependiendo de los amperes que por el hayan pasado.

Para un mejor desempeño en los trabajos eléctricos y para no correr riesgos se recomienda trabajar con precaución, ya que el descuido o desconocimiento en una actividad a realizar pone en riesgo no solo al operario sino también a los demás compañeros de trabajo.

Para hacer conciencia debemos de saber que en el campo eléctrico hay ciertos factores que hay que tomar en cuenta, con el fin de contrarrestar el mayor número de riesgos que puedan producir accidentes y que son los siguientes:

La resistencia del cuerpo humano que pueda dar nuestra piel desciende rápidamente con el aumento del voltaje, el hecho de sufrir un accidente con corriente de alto voltaje con frecuencia de 60 Hz puede causar violentas contracciones musculares y a menudo tal intensidad hace que la víctima sea arrojada lejos del circuito, lo que no puede llegar a suceder en circuitos de baja tensión.

El flujo de corriente eléctrica es lo que causa daño a la víctima, los experimentos indican que en general una corriente de 0.1 Amperes a una frecuencia de 60 Hz puede causar la muerte ya que puede atravesar órganos vitales.

En la mayoría de los casos es muy poco el tiempo que la víctima puede tolerar el paso de corriente, ya que se pueden llegar a tener lesiones tales como quemaduras profundas que tardan cierto tiempo en sanar, así como a las personas que se encuentran a cierta distancia donde se formó el arco eléctrico pueden llegar a sufrir quemaduras en los ojos, los arcos eléctricos más intensos resultan de cortocircuitos de conductores que transportan corrientes muy elevadas, sin embargo hay que tener presente que estos arcos pueden llegar a producirse con el solo hecho de quitar fusibles o abrir cuchillas en circuitos vivos.

Los valores de resistencia eléctrica en el cuerpo humano pueden variar:

- Cuerpo humano (mojado, oreja a oreja) 100 ohms.
- Cuerpo humano (de la mano al pie) 400 a 600 ohms (interior del cuerpo).
- Cuerpo humano (piel mojada) 1000 ohms.
- Cuerpo humano (condiciones normales) 2000 ohms.
- Cuerpo humano (piel seca) 100 000 a 600 000 ohms.

Una descarga eléctrica puede ser recibida en forma directa e indirecta:

Un contacto directo se produce cuando una persona toca directamente un elemento de un circuito bajo tensión, por ejemplo, el conductor de un alambre desnudo, que hace contacto con las terminales de un aparato de control de un equipo (como puede ser un electricista haciendo un trabajo diagnóstico).

Un contacto indirecto es el contacto de las carcasas o cubiertas de los equipos con los conductores bajo tensión, en forma accidental por alguna falla de aislamiento.

En una falla de aislamiento, la tensión peligrosa puede aparecer de la forma siguiente:

- Entre dos partes metálicas accesibles.
- Entre un refrigerador y un horno.

- Entre una maquina y un aparato de frenado.
- Entre una cubierta metálica y la tierra.
- Entre un armario eléctrico y su contacto con tierra.
- Entre una maquina y la estructura metálica de soporte.
- Entre un aparato y una tubería de agua.

Los valores de corriente eléctrica que afectan al cuerpo humano se pueden dividir en dos que son:

- **Corrientes de intensidades no peligrosas:**

De 1 a 3 miliamperes o menos, la corriente no produce ninguna sensación, por lo que no hay riesgos.

De 3 a 8 miliamperes, produce un choque indoloroso y además el individuo puede soltar los conductores, pues no se pierde el control de los músculos.

De 8.5 a 15 miliamperes se puede llegar a producir un choque doloroso pero también sin perder el control muscular.

De 15 a 20 miliamperes, existe un choque doloroso con pérdida del control de los músculos afectados por lo que el individuo no puede soltar los conductores eléctricos.

- **Corrientes de intensidades muy peligrosas:**

De 20 a 50 miliamperes existe un choque doloroso acompañado de fuertes contracciones musculares para respirar.

De 50 a 100 miliamperes pueden causar fibrilación ventricular, o sea la pérdida de coordinación de las contracciones del corazón por lo que mata instantáneamente.

De 100 a 200 miliamperes mata siempre a la víctima por fibrilación ventricular.

De 200 miliamperes o más producen quemaduras graves y fuertes contracciones musculares que oprimen el corazón y lo polariza durante el choque.

Los efectos del paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano han sido investigados y se llegó a la conclusión de que la gravedad de los daños depende no solo de la resistencia y del voltaje que son los que determinan la intensidad de corriente de acuerdo a la Ley de Ohm, sino también de la región del cuerpo que atraviese y del tiempo que la víctima dure expuesta al paso de la corriente eléctrica.

Por lo que al trabajar con líneas vivas se recomienda no traer objetos metálicos, como pueden ser relojes, anillos, esclavas, cadenas, etc.

Si se trabaja con circuitos vivos y maquinas en movimiento se recomienda no traer ropa suelta, utilizar calzado con suela de hule y guantes aislantes.

Siempre que sea posible interrumpir el circuito donde se vaya a efectuar alguna reparación o trabajo, si el circuito es único, es decir, que su protección sea un interruptor, si es posible bajar el interruptor hacerlo y además poner un cartel que indique que hay personal trabajando en ese circuito o si es posible poner un candado en la palanca del interruptor para que esta no pueda ser accionada.

Si se desconoce un circuito a inspeccionar debe de considerarse como un circuito vivo, mientras no este seguro de lo contrario es decir, puede utilizarse un voltímetro para verificar si el circuito tiene o no un voltaje.

Siempre que se habrá un interruptor de cuchillas se recomienda abrirlo hasta el tope y no dejarlo a medias y si vemos algún interruptor abierto y no sabemos en realidad para que es o que controla se recomienda no cerrarlo, o bien nunca cerrar un interruptor sin antes saber o conocer él o los circuitos que este alimenta.

En caso de conexiones complicadas es conveniente sacar un diagrama y marcar los puntos antes de desconectar.

1.29 PRIMEROS AUXILIOS.

El hecho de hablar de corriente eléctrica nos hace saber que si no hay una buena instalación eléctrica en nuestros hogares o industrias existe la posibilidad de accidentes. En caso de que existiera algo en común, hay que tomar ciertas medidas ya que muchas veces de la impresión o simplemente porque no se tiene una preparación de lo que se debe de hacer en caso de alguna emergencia no sabemos como actuar.

Si el accidente fuera dentro de nuestra casa lo primero que se tiene que hacer es desconectar el interruptor principal. Pero en caso contrario si fuera en el exterior se tiene que usar un palo seco o una cuerda seca y con estos apartar el cable de la victima, tomando muy en cuenta de estar pisando un área seca y nunca utilizar materiales conductores como por ejemplo una varilla.

Nunca tocar a la persona accidentada hasta que deje de estar en contacto con la corriente, al ver que ya no esta en contacto tenemos que examinarlo para darnos cuenta si respira y tiene pulso; en caso contrario aplicar respiración artificial de boca a boca, para después buscar que lo examine un medico.

Que hacer en caso de Shock:

Aunque el choque eléctrico sea pequeño y el individuo se mantenga consciente, debe recibir atención médica.

En caso contrario si se llegara a presentar una lesión grave como una herida con hemorragia, quemaduras grandes, etc., se deben de tomar las medidas necesarias para auxiliarlo.

Como por ejemplo si se llegaran a presentar síntomas como: pulso acelerado, respiración débil, rápida o irregular, piel pálida o fría; y además si estuviera asustado, inquieto o temeroso se podría llevar acabo lo siguiente:

- a) Mantener acostada a la persona, con la cabeza más abajo que los pies en caso de que no presente una herida significativa en el pecho o cabeza; si respira con dificultad se

le deben levantar la cabeza y los hombros aproximadamente unos 25 cm más alto que los pies.

- b) Inmediatamente aflojar un poco la ropa apretada como pueden ser: cinturón, corbata, faja, sosten, etc. Para despues llamar una ambulancia o bien llevarlo reclinado a un hospital.

Si la descarga electrica a provocado que la ropa de esa persona esta ardiendo, se deben apagar inmediatamente las llamas con un sueter o una manta, o bien hacer que esta se ponga en el suelo y empiece a dar vueltas sobre si mismo.

Para despues:

- a) Llamar de inmediato al medico.
- b) Mantener acostado al accidentado.
- c) Cortar las ropas que estan sobre la superficie quemada. En caso de que se haya pegado a la quemadura, jamas quitarla a jalones sino que se debe cortar con cuidado alrededor de la lesion. Ni tampoco aplicar pomadas o aceites en quemaduras serias que necesitan de atencion medica.
- d) Posteriormente aplicar los primeros auxilios mencionados contra shock en el apartado anterior.
- e) En caso de que la persona este consciente, revolver media cucharada de bicarbonato de sodio y una cucaharada de sal en un litro de agua, para despues darle al lesionado medio vaso de esta solucion cada 15 minutos para sustituir los liquidos que pueda perder su organismo, pero si empezara a vomitar suspenderlo de inmediato.

Nota: Si fuese una quemadura leve es posible sumergir la piel quemada en agua fria o bien aplicar hielo envuelto en una tela o lienzos de agua helada, cambiandolos constantemente hasta que el dolor desaparezca.

En caso de paro respiratorio, tomar en cuenta lo siguiente:

- a) Cerciorarnos de que las vias respiratorias esten libres, examinando la boca y garganta y sacar cualquier cuerpo que las obstruya, para despues observar el pecho de la persona y observar por donde despide aire ya sea por la nariz o la boca.
- b) Por consiguiente observar si tiene pulso en la muñeca o sigue latiendo su corazón. Si la victima no respira, pero su corazón sigue latiendo de inmediato darle respiracion de boca a boca de la siguiente forma:

- Acostarlo y ponerle una mano bajo el cuello, levantar un poco su cabeza y poner su menton hacia arriba (observe Figura 1).



Figura 1.

- Colocar nuestra boca sobre la boca abierta del accidentado (obseve Figura 2), apretando las ventanas de su nariz, para luego nosotros darle el suficiente aire en los

pulmones como para dilatarle el pecho. Considerando que si es un niño sus pulmones son mas pequeños y el volumen de aire que le demos debe ser menor.



Figura 2.

- Quitar nuestra boca y percibir el sonido del aire exhalado. Si no circula el aire debemos de revisar la posición de su cabeza y mandíbula o bien si la lengua o cualquier otro objeto obstruya el paso del aire e intentarlo de nuevo (observe Figura 3) . En caso de que no haya un intercambio de aire porque tenga un cuerpo extraño en su garganta, colocarlo sobre un costado y golpearlo fuertemente entre los hombros varias veces hasta que desaloje dicho objeto.



Figura 3.

- Reanudando la respiración boca a boca y considerando que como ya se mencionó si se trata de un adulto inflar sus pulmones cada cinco segundos, en caso contrario si fuera un niño inflar moderadamente cada tres segundos. No suspender esta actividad hasta que la persona comience a respirar.

En caso de falta de respiración y ausencia de pulso:

Si no se percibe su respiración y latidos de su corazón debemos aplicar resucitación cardiopulmonar, esto de preferencia se hace entre dos personas (observe Figura 4).

- Acostarlo de espaldas en el suelo y de rodillas nosotros le aplicamos un fuerte golpe en el esternón o pecho con el puño, así de esta manera se podrá lograr que su corazón vuelva a latir. En caso contrario examinar su pecho y encontrar el extremo inferior del esternón ya localizado este poner un dedo de la mano izquierda sobre el cartilago; por consiguiente poner la parte posterior de la mano derecha no la palma hasta la punta del dedo, retiramos el dedo y colocamos la mano izquierda encima de la derecha.
- Ahora empujamos hacia abajo con un impulso rápido dejando caer el peso de nuestro cuerpo y levantándolo otra vez, repitiendo continuamente, pues cada vez que empujamos se le obliga al corazón a contraerse y a impulsar la sangre por el cuerpo de la víctima, es como sustituyéramos su latido.
- Si por alguna razón se encontrara solo con el accidentado, cada quince compresiones darle dos veces respiración de boca a boca, continuando así hasta que alguien le pueda ayudar. Si estuviera otra persona le debe dar respiración de boca a boca cada cinco compresiones. Es necesario hacer este procedimiento hasta que en el accidentado sus pupilas se achiquen, su color mejore, su respiración y pulso vuelvan otra vez.

Nota: Al parecer es un procedimiento muy sencillo de seguir pero si no se hace correctamente se pueden romper costillas y con estas perforar algún órgano; es por eso que es recomendable instruirse adecuadamente. Pero sabemos que en caso de emergencia sin alguna preparación podemos seguir los pasos anteriores pues sino la persona puede morir.



Figura 4.

CAPITULO 2.

ELEMENTOS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION.

TUBOS CONDUIT:

El tubo conduit es usado para contener y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones. Estos tubos pueden ser de aluminio, acero o aleaciones especiales. Los tubos de acero a su vez se fabrican en los tipos pesado, semipesado y ligero, distinguiéndose uno de otro por el espesor de la pared.

2.1 TUBO CONDUIT METALICO DE PARED GRUESA.

- Tubo conduit de acero pesado o pared gruesa.

Estos tubos conduit se encuentran en el mercado ya sea en forma galvanizada o bien con recubrimiento negro esmaltado, normalmente en tramos de 3.05 metros de longitud con rosca en ambos extremos. Se usan como conectores para este tipo de tubo los llamados coples, niples (corto y largo), así como niples cerrados o de rosca corrida. El tipo de herramienta que se usa para trabajar en los tubos conduit de pared gruesa es el mismo que se utiliza para tuberías de agua en trabajos de plomería.

Estos tubos se fabrican en secciones circulares con diámetros que van desde los 13 mm (0.5 pulgadas) hasta 152.4 mm (6 pulgadas). La superficie interior de estos tubos como en cualquiera de los otros tipos debe ser lisa para evitar daños al aislamiento o a la cubierta de los conductores. Los extremos se deben limar para evitar bordes cortantes que dañen a los conductores durante el alambrado.

Los tubos rígidos de pared gruesa del tipo pesado y semipesado pueden emplearse en instalaciones visibles u ocultas, ya sea embebido en concreto o embutido en mampostería, en cualquier tipo de edificios y bajo cualquier condición atmosférica. También se pueden usar directamente enterrados, recubiertos externamente para satisfacer condiciones más severas.

En los casos en que sea necesario realizar el doblado del tubo metálico rígido o de pared gruesa, éste debe hacerse con la herramienta apropiada para evitar que se produzcan grietas en su parte interna y no se reduzca su diámetro interno en forma apreciable.

Para conductores con aislamiento normal alojados en tubo conduit rígido, se recomienda que el radio interior de las curvas sea igual o mayor que el diámetro exterior del tubo multiplicado por seis. Cuando los conductores poseen cubierta metálica, el radio de curvatura debe ser hasta 10 veces el diámetro exterior del tubo.

El número de curvas en un tramo de tubería colocado entre dos cajas de conexiones consecutivas o entre una caja y un accesorio, o bien, entre dos accesorios, se recomienda que no exceda a dos de 90° (180° en total).

La Figura 1 nos muestra un ejemplo de tubo conduit de acero pesado con sus respectivos conectores.

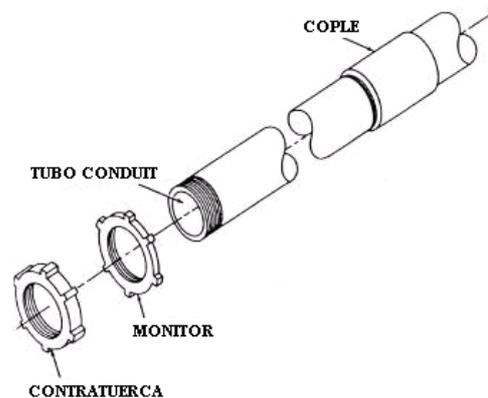


Figura 1.

2.2 TUBO CONDUIT METALICO SEMIPESADO.

Este tubo se conoce también como Tubería Conduit Metálica (TCM), Intermédiate Metal Conduit (IMC) o Tubería Conduit Metálica Intermedia. Sus paredes interiores son lisas para evitar que se destruya el aislamiento de los conductores; es de acero suave, por lo que se puede doblar fácilmente (no deberá sustituirse por tubos que se utilizan para conexión del agua); se manufactura en tramos de 3.05m de longitud, y tiene cuerda y rosca en ambos extremos y se vende con un cople.

Puede ser usado bajo cualquier condición atmosférica y en cualquier inmueble. En la medida de lo posible, se debe evitar el contacto con los metales distintos en cualquier parte del sistema, para que no haya acción galvánica.

La tubería conduit metálica semipesada se puede usar como conductor de puesta a tierra para equipos. También puede ser utilizada en losas de concreto armado, paredes, muros, en contacto directo con la tierra o en áreas sujetas a influencia de corrosión severa, siempre y cuando se protejan contra la corrosión y se consideren adecuados para esta condición.

Es permitido instalar este tipo de tubería dentro o por debajo de escoria donde este sujeta a la humedad permanente, siempre y cuando se proteja completamente con una capa de concreto sin escorias, de espesor no menor a 50 cm por debajo del relleno, o bien se proteja contra la corrosión y se considere adecuada para esta condición.

2.3 TUBO CONDUIT METALICO DE PARED DELGADA (THIN WALL).

A este tubo se le conoce también como tubo metálico rígido ligero. Su uso es permitido en instalaciones ocultas o visibles, ya sea embebido en concreto o embutido en mampostería en lugares de ambiente seco no expuestos a humedad o ambiente corrosivo.

No se recomienda su uso en lugares en los que, durante su instalación o después de ésta, se encuentre expuesto a daños mecánicos. Tampoco debe usarse directamente enterrado o en lugares húmedos, así como en lugares clasificados como peligrosos.

El diámetro máximo recomendable para esta tubería es de 51 mm (2 pulgadas) y debido a que la pared es muy delgada, en estos tubos no debe hacerse roscado para atornillarse a cajas de conexión u otros accesorios, de modo que los tramos deben unirse por medio de accesorios de unión especiales.

La Figura 2 nos muestra un accesorio para unir los tubos conduit de pared delgada con nuestra caja de conexión.

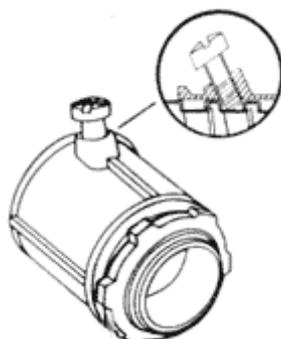


Figura 2.

2.4 TUBO CONDUIT METALICO FLEXIBLE.

En esta designación se conoce al tubo flexible común fabricado con cinta engargolada (en forma helicoidal), sin ningún tipo de recubrimiento. A este tipo de tubo también se le conoce como Greenfield. Se recomienda su uso en lugares secos y donde no se encuentre expuesto a corrosión o daño mecánico.

No se recomienda su aplicación en lugares en los cuales se encuentre directamente enterrado o embebido en concreto. Tampoco se debe utilizar en lugares expuestos a ambientes corrosivos, en caso de tratarse de tubo metálico. Su uso se acentúa en las instalaciones de tipo industrial como último tramo para conexión de motores eléctricos.

En el uso de tubo flexible el acoplamiento a cajas, ductos y gabinetes se debe hacer utilizando los accesorios apropiados para tal objeto. Asimismo, cuando este tubo se utilice como canalización fija a un muro o estructura, deberá sujetarse con abrazaderas que no dañen al tubo, debiendo colocarse a intervalos no mayores a 1.50 metros.

La Figura 3 nos muestra como es físicamente este tipo de tubo junto con su accesorio de conexión.

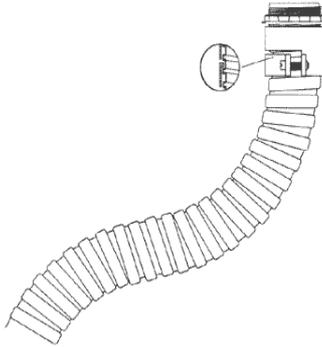


Figura 3.

2.5 TUBOS CONDUIT NO METALICOS.

- Tubo conduit de plástico rígido (PVC).

Este tubo está fabricado de Poli Cloruro de Vinilo (PVC), junto con las tuberías de polietileno se clasifican como tubos conduit no metálicos. Este tubo debe ser auto extingible, resistente a la compresión, a la humedad y a ciertos agentes químicos.

Su uso se permite en:

- Instalaciones ocultas.
- Instalaciones visibles donde el tubo no se encuentre expuesto a daño mecánico, ciertos lugares donde se encuentren agentes químicos que no afecten al tubo y a sus accesorios.
- Locales húmedos o mojados instalados de manera que no les penetren los líquidos y en lugares donde no les afecte la corrosión que pudiera existir.
- Directamente enterrados a una profundidad no menor de 0.50 metros a menos que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5 centímetros de espesor como mínimo.

El tubo rígido de PVC no debe ser usado en las siguientes condiciones:

- Locales o áreas considerados como peligrosos
- Soportando luminarias y otros equipos
- En lugares en donde la temperatura del medio ambiente más la producida por los conductores exceda los 70 °C.

- **Tubo conduit de polietileno.**

Caracterizados por su color naranja, se venden en rollos de 100m, es el más común de los conduit en los hogares, se dobla fácilmente con las manos, aunque se logran mejores resultados al doblarlo con aire caliente, no es resistente a la flama y emite al quemarse gases corrosivos muy tóxicos.

Usos permitidos. Está permitido el uso de tubo conduit de polietileno y sus accesorios:

- En cualquier edificio que no supere los tres pisos sobre el nivel de la calle.
- Embebidos en concreto colado, siempre que su utilicen para los accesorios aprobados para ese uso.

Usos no permitidos. No debe usar el tubo conduit de polietileno:

- En lugares peligrosos clasificados.
- Como soportes de aparatos y otros equipos.
- Cuando estén sometidos a temperatura ambiente que supere aquella para la que está aprobada el tubo conduit.
- Para conductores cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el tubo esta aprobado.
- Para tensiones eléctricas superiores a los 150 volts a tierra..
- En lugares expuestos.
- En teatros y lugares similares.
- Cuando estén expuestas directamente a la luz del sol.
- En cubos y ductos de instalaciones en edificios.

- **Tubo conduit no metálicos rígidos.**

Es una canalización de sección transversal circular de PVC con accesorios aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Debe ser material resistente a la flama, a la humedad y a los agentes químicos. Por encima del piso, debe ser resistente además a la propagación de la flama, resistente a los impactos, al aplastamiento, a las distorsiones por calentamiento en las condiciones que se vaya a dar el servicio y resistente a las bajas temperaturas y a la luz del sol. Para el uso subterráneo el material debe ser aceptablemente resistente a la humedad y a los agentes corrosivos y de resistencia suficiente para soportar impactos y aplastamientos durante el manejo de su instalación.

Usos permitidos. Se permite el uso de tubo conduit rígido no metálico tipo pesado o ligero aprobado, en las siguientes aplicaciones:

Nota: Las temperaturas extremadamente frías pueden hacer que el tubo conduit rígido no metálico tipo pesado o ligero se vuelva quebradizo y por tanto sea más susceptible a daños por contacto físico.

- Ocultos en paredes pisos y techos.
- En atmosferas corrosivas.
- Con relleno de escoria.

- En instalaciones centrales lecheras, lavanderías, fábrica de conservas u otros lugares mojados y en lugares donde se laven frecuentemente las paredes, todo el sistema de conducción, incluidas las cajas y accesorios usados en ellos, deben estar instalados y equipados de manera que eviten que entre agua en la tubería.
- En lugares secos y húmedos no prohibidos
- Para instalaciones expuestas no sometidas a daño físico.

Usos no permitidos. No deben utilizar tubo conduit rígido no metálico tipo pesado o ligero.

- En lugares peligrosos clasificados.
- Como soporte de aparatos u otros equipos, excepto se permite para soporte de registros no metálicos y de tamaño no superior al mayor tamaño nominal de las canalizaciones que entren en los mismos. Los registros no deben contener dispositivos ni elementos de soporte.
- Expuesto a daños físicos.
- Temperaturas ambientes superiores a las del mercado del tubo conduit.
- Para conductores cuyos límites de temperatura del aislamiento superen los límites aprobados y listados para el tubo conduit.
- En teatros y locales similares.
- **Tubo conduit no metálico flexible y hermético a los líquidos.**

Es una canalización de sección circular de uno de los siguientes tipos:

- Con núcleo interior liso, sin costuras y una cubierta adherida al núcleo y teniendo uno y más refuerzos entre el núcleo y la cubierta.
- Una superficie interior lisa con refuerzos integrados dentro de la pared del tubo conduit.
- Superficie corrugada por dentro y por fuera sin refuerzos integrados dentro de la pared de tubo conduit.

Este tubo debe ser resistente a la flama y aprobado, junto con sus accesorios, para la instalación de conductores eléctricos.

Usos permitidos. Se permite su uso en instalaciones expuestas u ocultas.

Nota: Las temperaturas extremadamente frías pueden hacer que el tubo conduit rígido no metálico tipo pesado o ligero se vuelva quebradizo y por tanto sea más susceptible a daños por contacto físico.

- Cuando se necesite flexibilidad de instalación, funcionamiento y mantenimiento.
- Cuando haya que proteger a los conductores de vapores, líquidos y sólidos.
- En exteriores cuando esté aprobado e identificado para ese uso.
- Enterrado directamente cuando esté aprobado e identificado para ese uso.

No permitido. No se debe usar tubo conduit no metálico flexible y hermético a los líquidos:

- Cuando este expuesto a daño físico.
- Cuando cualquier combinación de temperatura ambiente y de los conductores pueda producir una temperatura de funcionamiento superior a aquella para la cual está aprobada el material.
- En tramos no superiores a 1.8 m.

Alojamiento de conductores en tuberías conduit.

Normalmente los conductores en las instalaciones eléctricas se encuentran alojados ya sea en tubos conduit o en otro tipo de canalizaciones. Como se ha mencionado, los conductores se encuentran limitados en su capacidad de conducción de corriente debido al calentamiento, ya que se tienen limitaciones para la disipación del calor y también porque el aislamiento mismo representa limitaciones de tipo térmico.

Debido a estas restricciones térmicas, el número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de manera tal que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit o de la canalización, facilitando su alojamiento y manipulación durante la instalación. Para obtener la cantidad de aire necesaria para disipar el calor, se debe establecer la relación adecuada entre la sección del tubo y la sección ocupada por los conductores.

Por lo que se establece la siguiente expresión, en donde (A) es el área interior del tubo en mm^2 , (A_c) es el área total ocupada por los conductores en mm^2 y (Fr) el factor de relleno:

$$F = A_c / A$$

La siguiente tabla nos muestra los factores de relleno en tubo conduit:

Número de Conductores	Uno	Dos	Mas de dos
Todos los tipos de conductores	53 %	31%	40%

Esta tabla se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos.

Esta tabla se aplica sólo a instalaciones completas de tubo (conduit) y no a conductos que se emplean para proteger a los cables expuestos a daño físico.

Para calcular el porcentaje de ocupación de los cables en tubo (conduit), se debe tener en

cuenta los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando se utilicen. En los cálculos se debe utilizar la dimensión real y total de los conductores, tanto si están aislados como desnudos.

Cuando entre las cajas, gabinetes y envolventes similares se instalan tramos de tubo (conduit) cuya longitud total no supera 60 cm., se permite que esos tramos estén ocupados hasta 60% de su sección transversal total.

La Tabla siguiente nos da a conocer información de las dimensiones de tubo conduit metálico tipo pesado, semipesado y ligero y el área disponible para los conductores de acuerdo al calibre:

Tamaño nominal	Diámetro interior	Área interior total	Área disponible para conductores mm²		
			1 conductor Fr = 53%	2 conductores Fr = 31 %	Más de 2 conductores Fr = 40%
mm	mm	mm²			
13 (1/2)	15.8	15	103	60	78
19 (3/4)	20.9	20	181	106	137
25 (1)	26.6	26	294	172	222
32 (1 ¼)	35.1	35	513	299	387
38 (1 ½)	40.9	40	697	407	526
51 (2)	52.5	52	1149	671	867
64 (2 ½)	62.7	62	1638	956	1236
76 (3)	77.9	77	2523	1476	1904
91 (3 ½)	90.1	90	3385	1977	2555
102 (4)	102.3	102	4349	2456	3282
129 (5)	128.2	128	6440	4001	5163
155 (6)	154.1	154	9879	5778	7456

Para tubo (conduit) flexible metálico o no-metálico y para tubo (conduit) de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto. Además el tamaño nominal del tubo es el correspondiente a la normativa internacional IEC. De forma que se recomienda que se familiarice con la designación internacional, por otra parte se indica entre paréntesis la designación correspondiente en pulgadas.

2.6 DUCTOS.

Los ductos son otros medios de canalización de conductores eléctricos que se usan solo en instalaciones eléctricas visibles debido a que no se pueden montar embutidos en pared o dentro de lazos de concreto, se fabrican de canales de lamina de acero de sección cuadrada o rectangular con tapas atornilladas y su aplicación se encuentra en instalaciones industriales y laboratorios.

Los conductores se llevan dentro de ductos en forma similar al caso de los tubo conduit y se pueden usar para circuitos alimentadores y circuitos derivados y su uso no esta restringido ya que se puede emplear también en edificios multifamiliares y de oficinas, su instalación requiere de algunas precauciones como por ejemplo, que no existan tuberías de agua cercanas o bien se restringe su uso en áreas catalogadas como peligrosas.

Los ductos ofrecen ventajas en comparación con los tubos conduit debido a que ofrecen mayor espacio para alojar conductores y son más fáciles de alambrear esto en sistemas menores de distribución en donde por un mismo ducto se pueden tener circuitos múltiples, ofreciendo además la ventaja de ser fácil de alambrear, teniéndose un mejor aprovechamiento de la capacidad conductiva de los conductores al tener mejor disipación de calor, tienen la desventaja de que requieren de mayor mantenimiento.

Se permiten un máximo de 30 conductores hasta ocupar un 20% del interior del ducto, en el caso de empalmes o derivaciones puede ser hasta un 75 %.

Por consiguiente la siguiente información nos muestra la diferencia en cuanto a la capacidad de corriente de conductores en tubo conduit y ductos:

Número de Conductores	Capacidad de corriente en conduit en %	Capacidad de corriente permitida en ductos en %
1-3	100	100
4-6	80	100
7-24	70	100
25-30	60	100
31-32	60	100
43 o mas	50	100

El empleo de ductos en las instalaciones industriales, de laboratorios, edificios de viviendas o edificios de oficinas tienen ventajas como:

- Fácil de instalar.
- Se surte en tramos de diferentes medidas lo que hace versátil su instalación.
- Se tienen facilidad y versatilidad para la instalación de conductores dentro del ducto, teniéndose la posibilidad de agregar más circuitos a las instalaciones ya existentes.
- Los ductos son 100 % recuperables cuando se modifican las instalaciones y se vuelven a usar.

- Son fáciles de abrir y conectar derivaciones para alumbrado o fuerza.
- Se tiene ahorro de herramienta ya que no es necesario usar tarrajes, dobladora de tubo, etc.
- Facilitan la ampliación de instalaciones eléctricas.



2.7 CHAROLAS.

Las charolas son soportes principalmente de láminas metálicas. Aunque se pueden hacer de materiales no metálicos, si se requiere aislamiento de la charola, soldada o atornillada con perfil en U, sin tapa ni suelo discontinuo sobre el que se sitúa el conductor y otras canalizaciones adecuadas.

Las charolas se sujetan a su vez por medio de tirantes con extremo atornillado cuando se llevan bajo un techo, o ménsulas cuando van junto a una pared, en la mayoría de los casos sustentan todo su peso en los soportes, pero en ocasiones son sujetas por sus paredes.

En el uso de charolas se tienen aplicaciones parecidas a las de los ductos con algunas limitantes propias de los lugares en que se hace la instalación.

En cuanto a la utilización de charolas se dan las siguientes recomendaciones:

Procurar alinear los conductores de manera que guarden siempre la misma posición relativa en todo el trayecto de la charola especialmente los de grueso calibre.

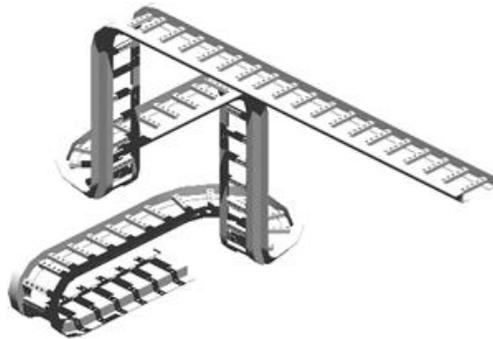
En caso de muchos conductores delgados es conveniente hacer amarres a intervalos de 1.5 y 2.0 m aproximadamente, procurando colocar etiquetas de identificación cuando se traten de conductores de varios circuitos, en caso de conductores de calibre grueso los amarres se pueden hacer cada 2 o 3 m.

En la fijación de conductores que vayan a través de charolas por trayectorias verticales muy largas es recomendable que los amarres se hagan con abrazaderas especiales en lugar de usar hilo de cáñamo.

De acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas en ductos verticales también aplicable para charolas, los conductores deberán estar sostenidos a intervalos no mayores que los indicados en la tabla siguiente:

Sostén de conductores en ductos verticales:

<i>Calibres</i>	<i>Separación de sostenes</i>
Hasta calibre 1/0	30 m
Hasta calibre 4/0	25 m
Hasta calibre 350 MCM	18 m
Hasta calibre 500 MCM	15 m
Hasta calibre 750 MCM	12 m



2.8 ELECTRODUCTO.

Una variante de los ductos en donde se alojan los conductores que llevan corriente, son los llamados electroductos en donde los conductores son barras ya integradas en fabrica para ser armados en la obra y se usan por lo general, para la conducción de grandes corrientes por ejemplo del orden de 4000 Amperes, se fabrican en una gran variedad de estilos incluyendo los llamados enchufables o atornillables y su uso se da en los mismos casos de aplicación de los ductos.

Es un sistema prefabricado para el transporte y la distribución de la energía eléctrica, este sistema sustituye al cableado típico con charola y cable, obteniendo así muchas ventajas técnicas y comerciales.

Por lo que un electroducto es un ducto metálico puesto a tierra que contiene conductores desnudos o aislados, usualmente de cobre o de aluminio en forma de barras, alambres o tubos, ensamblados en fábrica.



Los electroductos deben instalarse en forma visible y en lugares despejados, se permite la instalación de electroducto detrás de paneles si están accesibles y se cumple con las siguientes condiciones.

- Que no haya dentro del electroducto dispositivos de protección contra sobrecorriente.
- Que el espacio detrás de los paneles no se use para la ventilación o manejo de aire.
- Que el electroducto sea del tipo no ventilado, totalmente cerrado.
- Que el electroducto se instale de tal manera que las uniones entre secciones y los accesorios, sean accesibles para fines de mantenimiento.

Los electroductos no deben instalarse, cuando están sometidos a daño físico o a vapores corrosivos, en cubos de elevadores, en lugares clasificados como peligrosos, a menos que estén aprobados para ese uso en particular, ni a la intemperie o en lugares mojados o húmedos.

Deben estar firmemente soportados a distancias no mayores a 1.50 m a menos que por diseño se marque otro espaciamiento entre soportes.

Pueden pasar a través de paredes secas, siempre que el paso se haga con tramos continuos de una sola pieza, también pueden extenderse verticalmente a través de pisos secos, siempre y cuando los ductos estén totalmente cerrados, y hasta una altura sobre el nivel del piso de 1.80 m como mínimo, para proveer una adecuada protección contra daños mecánicos.

Tienen que llevar una placa que indique la corriente eléctrica nominal y la tensión de operación para la cual están diseñados y el nombre o marca del fabricante.

2.9 TIPOS DE CAJAS DE CONEXIÓN.

Todas las conexiones o uniones entre conductores deben ser realizadas dentro de cajas de conexión diseñadas y aprobadas para este fin. Estas cajas deben estar instaladas en lugares en los que resulten accesibles para poder realizar cambios y modificaciones en el cableado. Además, todos los apagadores y salidas para lámparas, así como los contactos, deben encontrarse alojados en cajas. Estas cajas se construyen de metal o de plástico, según su uso. Las cajas metálicas se fabrican con acero galvanizado en cuatro formas: cuadradas, octagonales, rectangulares y circulares. Las hay en varios anchos, profundidades y perforaciones que faciliten el acceso de las tuberías. Estas perforaciones se localizan en las paredes laterales y en el fondo.

La Figura 1 nos muestra las formas de cajas ya mencionadas.



Figura 1.

Dimensiones de cajas de conexión.

Tipo rectangular (chalupas): 6 X 10 cm de base y 38 mm de profundidad con perforaciones para tubería conduit de 13 mm.

Redondas: Diámetro de 7.5 cm y 38 mm de profundidad para tubo conduit de 13 mm.

Cuadradas: Tienen distintas medidas y se designan o clasifican de acuerdo con el diámetro de sus perforaciones, por ejemplo, cajas cuadradas de 13, 19, 25, 32 mm, etc.

En las instalaciones denominadas residenciales o de casas habitación se usan cajas cuadradas de 13mm, que son caja de 7.5 X 7.5 cm de base con 38 mm de profundidad en estas solo se sujetan tubos de 13mm (1/2 pulgada)

Otros tipos de cajas cuadradas como la de 19 mm, tiene base de 10 X 10 cm con profundidad de 38 mm con perforaciones para 13mm y 19 mm, las de 25 mm son de 12 X 12 cm de base con 55 mm de profundidad y perforaciones para tubos de 13, 19 y 25 mm.

Cuando se utilicen cajas metálicas en instalaciones visibles sobre aisladores o con cables con cubierta no metálica o bien con tubo no metálico, es recomendable que dichas cajas se instalen rígidamente a tierra, en los casos de baños y cocinas este requisito es obligatorio.

Se recomienda que todos los conductores que se alojen en una caja de conexiones, incluyendo empalmes o amarres, aislamiento y vueltas, no ocupen más del 60 % del espacio interior de la caja.

Las cajas no metálicas se pueden usar en instalaciones visibles sobre aisladores, con cables con cubierta no metálica y en instalaciones con tubo no metálico.

Aun cuando no hay una regla general para aplicaciones de los distintos tipos de cajas, la práctica general es usar la de tipo octagonal y cuadrada para salidas de alumbrado (lámparas) y la rectangular para apagadores, contactos, botones de timbre, etc. Las cajas redondas son de poco uso en la actualidad ya que suelen encontrarse en instalaciones un poco viejas.

Tipos de tapas para cajas de conexión.

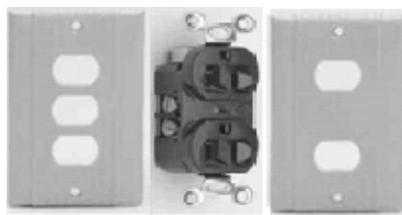
Todas las cajas de salida deben estar provistas de una tapa, metálica en el caso de las cajas metálicas y en el caso de las no metálicas preferentemente del mismo material de la caja. En cualquiera de los casos se pueden usar tapas de porcelana o de cualquier otro material aislante siempre y cuando ofrezcan la protección y solidez requeridas.

Las tapas metálicas deben ser de un espesor no menor que el de las paredes de las cajas o accesorios correspondiente del mismo material pudiendo estar recubiertas de un material aislante sólidamente adherido, de un espesor no menor de 0.8 milímetros.

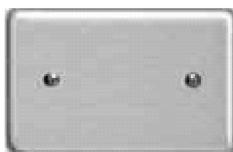
A continuación se representan algunos tipos de tapas:



Tapas para apagadores.



Tapas para contactos.



Tapa ciega.

Registros condulet.

Estos registros se utilizan en instalaciones visibles, tienen una o varias salidas para acoplamiento con las tuberías, así como una tapa removible para realizar las conexiones. Su denominación depende del número o tipo de salidas que posea.

Por su tipo de fabricación se clasifican en:

- Ordinario
- A prueba de polvo y vapor.
- A prueba de explosión.

Por su tipo de tapa se pueden clasificar en:

- De paso: tapa ciega.
- De cople exterior: tapa con niple macho.
- De contacto: tapa de contacto doble, sencillo o salida especial.

Un ejemplo muy común de condulets es el de *serie cuadrada* que suele utilizarse en instalaciones de tubería conduit roscada para facilitar su alambrado y hacer empalmes y derivaciones de los conductores.

Permiten el montaje de accesorios tales como contactos, interruptores, luces piloto, estaciones de botones y otros. Están contruidos en aluminio libre de cobre y como acabado estándar pintado con pintura electrostática y opcional se encuentra el recubrimiento exterior de P.V.C. e interior de uretano rojo.

Físicamente los podemos encontrar:



Y algunas tapas para este tipo de condulets:



Para estación de botones.



Para contacto redondo.



Para apagador.



Para contacto intemperie

2.10 QUE ES UNA SOBRECORRIENTE.

En las instalaciones eléctricas los conductores tienen un límite térmico debido a su constitución y tipo de aislante. Debemos comprender que la corriente eléctrica produce unas pérdidas por efecto Joule (RI^2) las cuales se dan en forma de calor, por lo que en un conductor eléctrico, debido a su resistencia se calienta y por este motivo las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas dan un límite a la cantidad de corriente que permite un conductor de acuerdo con su calibre todo esto con la finalidad de que el calor se pueda disipar de manera segura.

El calentamiento alto como resultado de una corriente grande, provoca que el aislamiento del conductor se vaya deteriorando rápidamente, lo que provoca una falla de aislamiento y por ende el llamado cortocircuito que más adelante se especificara con más detalle.

Los dispositivos de protección en una instalación eléctrica son los interruptores termomagnéticos, interruptores de falla a tierra, los fusibles o bien una combinación de estos y se caracterizan por:

- Proteger los conductores y aparatos contra efectos excesivos de temperatura.
- Proteger de una sobrecorriente, la cual puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Estos dispositivos se encargan de cortar la energía eléctrica en caso de falla del sistema eléctrico y si no seleccionamos bien este dispositivo se pone en riesgo la seguridad de las personas y sus bienes materiales.

Debemos asegurarnos que el dispositivo de protección sea original ya que al adquirir un producto pirata puede ser la causa de un incendio por calentamiento excesivo de los conductores, choque eléctrico, daño a los equipos eléctricos y electrónicos.

Por otra parte hay que establecer que una sobrecorriente no es más que una elevación de la corriente con respecto a una corriente nominal, esta elevación de corriente puede ser tolerada durante un pequeño tiempo más sin embargo si la sobrecorriente es muy elevada o tiene una duración muy larga tanto los conductores como la carga pueden llegar a dañarse o incluso quemarse.

Causas de una sobrecorriente.

Corto circuito: Se define como una corriente de falla excesivamente alta que puede llegar a dañar la instalación eléctrica y suele presentarse por ejemplo cuando se tiene alimentada una instalación con el sistema trifásico o un sistema a cuatro hilos y pueden existir corto circuitos cuando hay un contacto directo entre cualquier fase y el neutro, en una instalación correcta entre estos dos hilos siempre se debe poner una carga, por ejemplo una lámpara que funciona a 127 volts, o bien una bobina de un circuito de control, etc.; en donde la carga eléctrica tiene una resistencia que disminuye o limita la circulación de corriente evitando de esta manera que la corriente aumente de manera desmedida.

Algo similar sucede cuando existe contacto directo entre dos o tres fases en donde el cortocircuito es mucho más elevado que entre fase y neutro.

De lo anterior puede deducirse que las fallas de cortocircuito son por lo regular producto de daños mecánicos en nuestros cables de conexión, contacto accidental de conductores en líneas aéreas a causa del viento, por temblores o accidentes automovilísticos.

Debido a que el cortocircuito aumenta la corriente por ende también existe un incremento inmediato del campo magnético, hay que recordar que el campo magnético es directamente proporcional a la corriente eléctrica, por lo cual este efecto es aprovechado para el funcionamiento de los dispositivos de protección.

El elemento magnético que se muestra en la Figura A nos permitirá comprender como funciona una protección. En el centro existe un conductor por el cual circula la corriente eléctrica, alrededor del conductor existe un yugo de hierro que se utiliza para formar un circuito magnético; cuando la corriente fluye en el conductor se genera un campo magnético que se conduce por el yugo, si el campo es débil como el causado por la corriente nominal, el resorte mantiene la placa superior de hierro en la parte de arriba y el entrehierro se mantiene abierto. Pero si la corriente es intensa como la producida por un cortocircuito, entonces el campo magnético es intenso, lo que provoca que la placa superior de hierro se junte con el yugo magnético inferior y se venza la fuerza del resorte.

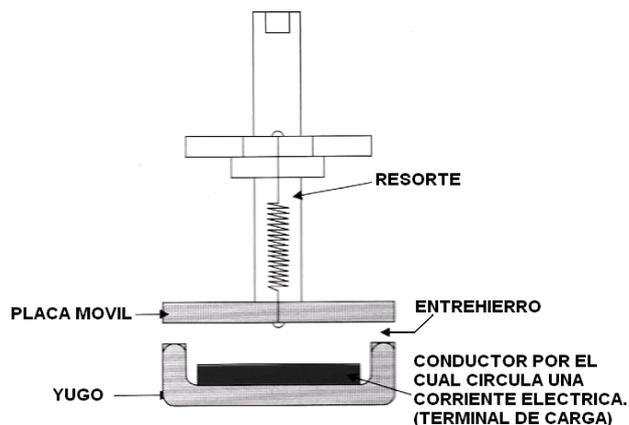


Figura A.

Para dar protección ante fallas de cortocircuito se utilizan típicamente los interruptores termomagnéticos que integran un elemento magnético que es sensible a la alta intensidad del campo magnético asociado a la corriente de falla.

Sobrecarga: No es más que una elevación de la temperatura en nuestros conductores eléctricos o bien en el devanado de un motor que dependiendo de la duración de la sobrecarga acortará la vida de un conductor, su causa puede ser mecánica o eléctrica por ejemplo muchos aparatos operando simultáneamente alimentados por un cable delgado, terminales flojas, bajo voltaje de alimentación, flechas desgastadas, etc.

La sobrecarga es considerada como una falla en la que poco a poco se demanda más corriente que la habitual. Por ejemplo cuando tenemos un motor al que lo hacemos trabajar de manera forzada, como puede ser una lavadora de 8 kilos que trabajaría forzada por querer lavar una cobija de mayor peso. En la industria una moto-bomba que empieza a sobrecargarse porque el fluido con el que trabaja se ha atascado.

En virtud de que la sobrecarga es una demanda paulatina pero creciente de corriente eléctrica, su efecto es siempre un incremento de temperatura, ya sea en el equipo eléctrico o en los conductores de la instalación. Este incremento de temperatura puede causar fatiga en los elementos de la instalación o bien disminuir su vida útil, pero también el calor puede ser tan excesivo que puede provocar un incendio si la falla de sobrecarga no se interrumpe.

Para dar una protección a las instalaciones eléctricas contra sobrecorrientes ya sean originadas por sobrecargas o corto circuitos se han fabricado dispositivos de protección adecuados, los cuales permiten el paso de corrientes nominales y corrientes de arranque de motores, más sin embargo cuando se presentan sobrecorrientes que por su intensidad o duración son peligrosas estos dispositivos desconectan automáticamente el circuito.

Estos dispositivos de protección en instalaciones eléctricas residenciales pueden ser listones fusibles de tapones o listones dentro de cartuchos renovables e interruptores termomagnéticos.

2.11 QUE ES UN FUSIBLE.

Son dispositivos que permiten el paso constante de corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido por este. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente o bien protegiendo los aparatos eléctricos.

Están constituidos de una aleación de plomo y estaño con un bajo punto de fusión, en donde su mecanismo que posee el fusible para cortar el paso de la electricidad se basa en que una vez superado el valor establecido de corriente permitido, el dispositivo se derrite, abriendo el circuito, lo que permite el corte de la electricidad. De no existir este mecanismo, o debido a su mal funcionamiento, el sistema se calentaría a tal grado que podría causar incendios.

2.12 TIPOS Y CAPACIDADES DE FUSIBLES.

Fusibles de tipo tapón con rosca:

Como su nombre lo indica son fusibles que tienen una base roscada en la cual tienen en su interior un listón fusible totalmente encerrado todo esto con la finalidad de que a la hora de que el listón fusible se funda no se disperse por todos lados. Podemos verificar el estado del fusible a través de un pedazo de plástico que se encuentra en la parte superior, además este tipo de fusible no debe usarse en circuitos con un voltaje superior a los 127 volts.

Por lo regular estos dispositivos se pueden montar en bases de porcelana con desconectores de navajas de dos polos, este tipo de fusibles son desechables ya que una vez que se funden hay que volverlos a reemplazar. Con capacidades de 10, 15, 20 y 30 Amperes.



Figura B. Base para este tipo de fusible.

Fusibles de tipo cartucho:

Este tipo de fusibles utilizado cuando la corriente excede a 30 A. En cuanto a su porta fusible esta fabricado dependiendo de su capacidad de corriente.

Están hechos de dos tipos:

Fusibles de cartucho con contactos de navaja:

Con capacidades de corriente de 75, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500 y 600 amperes, como se puede ver este tipo de fusibles utilizados en instalaciones industriales o bien comerciales que requieren de una corriente alta.

Fusibles de cartucho con contactos de casquillo:

Con capacidades de corriente de 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 y 60 amperes, dentro de este tipo de fusibles se encuentran los que comúnmente utilizamos en nuestros hogares.

Por otra parte los fusibles pueden o no volverse a utilizar, esto depende del tipo a utilizar.

Las siguientes ilustraciones muestran el tipo de fusibles que son renovables:



Figura C.



Figura D.

La Figura C nos muestra un fusible tipo cartucho de navajas y la Figura D el tipo cartucho de casquillo, ambos pueden volver a utilizarse siempre y cuando el listón fusible sea remplazado en el porta fusibles.

Las características de los interruptores de seguridad para servicio normal, de navaja para fusible tipo cartucho, tiro sencillo en caja de usos generales son:

- Mecanismo que ofrece una desconexión rápida para capacidades superiores a los 30 Amperes.
- La manija puede ser asegurada en la posición abierta o cerrada.
- Se fabrican en dos polos para 250 Volts de C.A. de 30 a 600 Amperes, mientras que en tres polos para 240 Volts de C.A. también de 30 a 600 Amperes. En donde sus capacidades comerciales son 30, 60, 100, 200, 400 y 600.

Al igual estos interruptores de seguridad se diseñan para servicio pesado de navajas para fusibles tipo cartucho, tiro sencillo, para usos generales hasta 600 volts máximos en C.A., cuyas características son:

- Puerta con seguro para evitar abrirlo cuando esta cerrado.
- Tienen un mecanismo rápido de conexión y desconexión.
- Supresión de arco.

- Sus capacidades comerciales son de 30, 60, 100, 200, 400 y 600 Amperes.

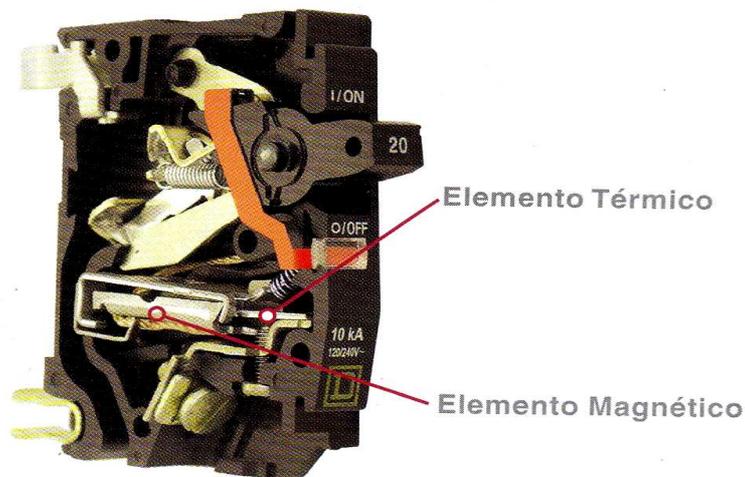


Figura E. Ejemplo de un interruptor donde pueden ir alojados los fusibles tipo cartucho de casquillo.

2.13 QUE ES UN INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO.

A este dispositivo también se le suele llamar breaker o pastilla, el cual desconecta el circuito automáticamente cuando ocurre una sobrecorriente debido a que hay un calentamiento al paso de corrientes superiores a las que pueda soportar este. Podemos observar que en estos dispositivos para abrir o cerrar un circuito es a través de una palanca que indica ON es decir adentro y OFF que indica fuera.

Estos dispositivos constan de un elemento térmico que esta conectado en serie con los contactos cuyo propósito es proteger contra sobrecargas; es decir la corriente pasa a través del elemento térmico produce un calentamiento y cuando este es muy alto debido a una sobrecarga, unas cintas bimetálicas reaccionan sobre unos elementos que sujetan los contactos con la finalidad de desconectarlos automáticamente. Estas cintas bimetálicas están elaboradas de dos metales diferentes enlazadas en un punto uno con otro. Cuando la corriente es excesiva el calor producido por la corriente de sobrecarga hace que una cinta se flexione más que la otra y esa flexión es la que produce el movimiento que da paso a la apertura de la protección.



Una forma simple de entender el fenómeno de la flexión del bimetálico es cuando recurrimos al ejemplo del frasco de cajeta que se pone en baño María para poder abrir la tapa metálica. En donde el calor hace que la tapa se dilate y así el frasco se abre con mayor facilidad, lo mismo sucede con el elemento bimetálico que se flexiona con el calor que produce la sobrecarga.

Podemos establecer que para que el elemento bimetálico se caliente debe de haber pasado cierto tiempo, por lo que la reacción de los elementos termomagnéticos no sucede precisamente cuando la corriente se excede, por lo que no se recomienda este tipo de dispositivo para casos en que se requiera una reacción instantánea.

Mientras que el elemento magnético consta de una bobina cuyo núcleo se puede mover y de esta manera disparar el mecanismo del interruptor por lo que el circuito se habrá en forma instantánea cuando ocurre una sobrecorriente. Entonces establecemos que operan con sobrecargas con su elemento térmico y por sobrecorrientes con el elemento magnético para fallas.

2.14 TIPOS Y CAPACIDADES DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.

Los interruptores termomagnéticos pueden ser del tipo atornillado o enchufado de acuerdo como se conecten a las barras colectoras de los tableros de distribución o centros de carga. Además se fabrican de acuerdo a su uso y capacidad de servicio:

- 1) **Tipo Industrial:** Como hemos establecido estos elementos tienen la función de conectar o desconectar de manera manual un circuito y protegerlo contra sobrecargas y corto circuito. Se fabrican para diferentes voltajes y capacidades de corriente como se muestra en la siguiente tabla:

Volts C.A. y C.D.	Número de Polos	Corriente (Amperes)
240 Volts, C.A.	2	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
125/250 Volts, C.A.	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
480 Volts C.A.	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
250 Volts C.D.	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
600 Volts C.A.	2	15, 20, 30, 40, 50, 70
250 Volts C.D.	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 125, 150

- 2) **Centros de carga:** Usados para distribución de corriente y protección de los circuitos de alumbrado en residencias, oficinas, edificios e industrias pequeñas, en los siguientes tipos:

120/240 Volts		
Tipo de Montaje	Número de circuitos	Capacidad en Amperes
Sobrepuesto	2	40
Embutido		
Sobrepuesto	4	70
Embutido		
Sobrepuesto	8	100
Embutido		

Para un Sistema Trifásico, 4 hilos con neutro solido 120/240 Volts se pueden utilizar centros de carga con una capacidad de corriente de:

Para 12 circuitos: 100 Amperes

Para 20 circuitos: 100 Amperes

Para 30 circuitos: 100 Amperes

Mientras que para un Sistema Monofásico, 3 hilos con neutro solido 120/240 Volts:

Para 12 circuitos: 100 Amperes

- 3) Tableros de Alumbrado:** Son usados para la distribución de corrientes y protección de circuitos de alumbrado y motores pequeños en edificios, hospitales, oficinas e industrias en general.

Algunos datos para Tableros de Alumbrado (Monofásico, 2 Fases, 3 Hilos, Neutro de C.A.) son:

Número de Circuitos	Capacidad en Amperes
14	100
20	100
30	200
42	200
Con interruptor general de dos polos	
14	70
20	100
30	200
42	200

Para: Trifásicos, 3 Fases, 4 Hilos, Neutro de C.A.

Número de Circuitos	Capacidad en Amperes
14	100
20	100
30	100
42	200
Con interruptor general de tres polos	
14	50
20	100
30	100
42	200

Los interruptores termomagnéticos para estos centros de carga y tableros de alumbrado se fabrican en las siguientes capacidades:

Volts C.A.	Número de Polos	Corriente (Amperes)
120	1	15, 20, 30, 40, 50
120/240	2	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
240	3	15, 20, 30, 50, 70

Estos interruptores bajo condiciones severas de corto circuito o sobrecarga operan su protección magnética en 8/1000 de segundo.

Bajo condiciones no severas y temporales de sobrecarga se efectúa el disparo térmico al persistir la sobrecarga.

Las siguientes figuras nos muestran como podemos encontrar estos dispositivos en el mercado:



Centro de carga.



Breaker o pastilla

Comparación entre fusibles e interruptores termomagnéticos:

Los interruptores termomagnéticos son más convenientes que los fusibles desde el punto de vista de que el termomagnético se puede cerrar con relativa facilidad después de dispararse, mientras que cuando un fusible se ha fundido se debe de jalar o desatornillar con demasiado cuidado, observando que cuando el circuito esta abierto no hagamos contacto accidental con las partes energizadas.

En un circuito trifásico los fusibles presentan el inconveniente de que cuando existe una falla en cualquiera de las fases se desconecta solo la fase fallada y por ejemplo en un motor trifásico quedan sujetos a lo que se conoce como operación en dos fases, y si no se da uno cuenta de lo que esta sucediendo el motor sigue funcionando pero con una corriente incrementada y desbalanceada circulando en dos fases energizadas, ya que una de estas dos fases demanda una corriente excesiva provocando que el motor se queme si no tiene este un elemento térmico que lo desconecte de la línea.

Por el contrario, una falla en cualquiera de las fases de un circuito trifásico que esta protegido con un interruptor termomagnético genera la apertura de todas las fases del circuito, quitando la alimentación a la carga trifásica (motor eléctrico).

En un interruptor termomagnético hay una combinación de la función de una cuchilla desconectadora con protección al circuito que alimenta y un fusible necesita de un switch o

desconectador a parte para tener las mismas condiciones. Por lo que un fusible es más económico que un termomagnético pero hoy en día se tiende a utilizar los interruptores termomagnéticos ya sea en instalaciones para casas habitación, como en gran mayoría de las instalaciones industriales.

2.15 APLICACIONES NEMA PARA GABINETES.

De acuerdo a los fusibles de protección existen interruptores según el dispositivo de protección a utilizar, así como cuyas dimensiones y características están dadas por la asociación de fabricantes de equipo en Estados Unidos (NEMA), en donde los casos más comunes son:

Nema 1

Para uso general: Útil para aplicaciones en servicio interior en donde las condiciones del medio son normales, evita el contacto con las partes energizadas y además proporciona un grado de protección contra la suciedad.

Nema 2

A prueba de goteo: Evita contacto con las partes energizadas, así como evita la entrada de polvo y gotas de agua.

Nema 3

A prueba de gentes externos: Protege contra eventualidades del tiempo como lluvia, agua nieve, nieve y tolvanera, por lo que este tipo de caja puede ser utilizada a la intemperie.

Nema 3r

A prueba de lluvia: Como su nombre lo indica ayuda a que no entre la lluvia intensa en su interior. Esta es considerada para uso en general a la intemperie en donde no se requiere proteger contra vientos fuertes.

Nema 4

A prueba de agua: No entra el agua en su interior aun cuando la caja este expuesta a chorro de agua con manguera. Esta caja es utilizable en lugares donde hay maniobras de limpieza.

Nema 5

A prueba de polvo: No entra el polvo del medio ambiente, pelusa, fibras y partículas flotantes en su interior; además es contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos. En algunos equipos, este tipo de cajas es cubierto por Square D con la construcción de Nema 12.

Nema 6

Sumergible: Se puede usar en aparatos sumergidos en el agua en condiciones especificadas de presión y tiempo.

Nema 7

A prueba de gases explosivos: Utilizada en lugares con atmosferas explosivas, la interrupción del circuito se hace a través de aire.

Nema 8

Cumpliendo con la misma función que la Nema 7, solo que la interrupción del circuito se hace con aceite.

Nema 9

A prueba de polvos explosivos: En lugares donde existen polvos combustibles que pueden originar mezclas explosivas.

Nema 10

Para uso en minas: Utilizada según el reglamento exclusivamente en minas de carbón.

Nema 11

En baño de aceite, resistente a ácidos y vapores: Su uso es en lugares en donde el equipo esta expuesto a la acción de ácidos o vapores corrosivos.

Nema 12

Para uso industrial: Hechos exclusivamente para uso industrial, a prueba de polvo, suciedad, aceite y lubricantes enfriadores.

A continuación se muestran imágenes de algunos interruptores de seguridad descritos anteriormente:



Tipo Nema 1



Tipo Nema 3R



Tipo Nema 3

2.16 QUE ES UN CONDUCTOR ELECTRICO.

Las propiedades eléctricas de los materiales son debidas a la movilidad de electrones. Algunos materiales, como los metales, contienen más electrones libres que otros cuerpos, como los plásticos, lo cual les proporciona mayor libertad de desplazamiento. La conductividad eléctrica es la propiedad que permite la libre circulación de los electrones por el interior de un material.

La electricidad es consecuencia de la existencia de electrones casi libres en los átomos, que se pueden acumular, filtrar o dosificar. El transporte o desplazamiento de electrones es lo que se conoce con el nombre de corriente eléctrica. Por el contrario, un material aislante es aquel en el que no es posible obtener electrones libres y, por tanto, no permite el establecimiento de corriente eléctrica.

Por lo que un material al que se le aplica una determinada diferencia de potencial conduce tanta más corriente eléctrica cuanto mayor sea el número de electrones libres. Los materiales que permiten el paso de la corriente eléctrica se denominan conductores y entre ellos destacan materiales como el oro, plata, cobre, aluminio y el hierro, así como distintas aleaciones metálicas. Estos materiales se emplean para realizar las partes activas de los circuitos eléctricos, como los conductores y los puntos de conexión entre los elementos que lo forman.

Partes que componen los conductores electricos.

Estas son tres muy diferenciadas:

- El alma o elemento conductor.
- El aislamiento.
- Las cubiertas protectoras.

- El alma o elemento conductor.

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica, desde la fuente de potencia a las diferentes cargas.

De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos.

De acuerdo a su constitución:

- *Alambre:* Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. 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.

Según el número de conductores:

- *Monoconductor:* Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.
- *Multiconductor:* Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.
- **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.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

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, el caucho, la goma y el nylon.

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

Las cubiertas protectoras.

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

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.

2.17 TIPOS DE CONDUCTORES ELECTRICOS.

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: el metal del que está formado, grosor y longitud.

La plata es el metal que conduce con más facilidad la electricidad, pero dado su costo tan elevado, no es común usarla como conductor en los circuitos eléctricos. El cobre es el conductor más usado por su bajo costo, aparte de ser un buen conductor de la electricidad. Es también usado el aluminio. Pero este presenta el inconveniente que no se puede soldar por los medios comunes, por lo mismo es muy limitado su uso en casas, solamente en líneas de transmisión de alto voltaje.

Para realizar el cálculo de la resistencia que ofrece un material al paso de la corriente eléctrica, se utiliza la siguiente fórmula:

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

Donde:

R = Resistencia en ohms (Ω).

ρ = Resistividad del cobre en ohms-m.

L = Longitud de los conductores en (m).

S = Sección o área de los conductores en (m^2).

La siguiente tabla nos muestra la resistividad de algunos metales a 0°C.

Metal	ρ en $\Omega\text{-m}$ a 0°C
Plata	1.06×10^{-8}
Cobre	1.72×10^{-8}
Aluminio	3.21×10^{-8}
Platino	11.05×10^{-8}
Mercurio	94.10×10^{-8}

El siguiente ejemplo es aplicado a la formula antes expuesta:

¿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 0°C?

Partiendo de la formula.

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

Observamos que de los datos que nos da el ejemplo tenemos que obtener la resistencia:

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

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

Y la resistividad del cobre a 0°C es $1.72 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$

Sustituyendo valores:

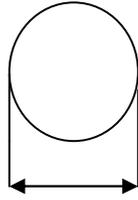
$$R = (1.72 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}) \frac{(2 \times 10^3 \text{ m})}{0.8 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 43 \Omega$$

2.18 DEFINICION DE CALIBRE.

En general tanto cables como alambres se han estandarizado a secciones las cuales para el caso de México, son definidas por la American Wire Gage "AWG", las cuales se denominan calibres. Estos tamaños estándar se crearon para dar una uniformidad a los procedimientos de cálculo para el diseño de una instalación, además de permitir una completa competencia entre los fabricantes.

A los conductores se les ha identificado por un número a lo que comúnmente se le da el nombre de calibre. Para conductores con un área mayor del 4/0, se hace una designación que esta en función de su área en pulgadas, para lo cual se emplea una unidad denominada como Circular Mil, siendo así como un conductor de 250 corresponderá a aquel cuya sección sea de 250 000 C.M. y así sucesivamente.

Circular Mil: Es la sección de un círculo que tiene un diámetro de un milésimo de pulgada (0.001pulgada).



1/1000 pulgada

Por lo tanto:

$$1 \text{ C.M.} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 (0.001)^2}{4} = 785 \times 10^{-9} \text{ pulg.}^2$$

$$1 \text{ pulg.}^2 = \frac{1}{785 \times 10^{-9}} \text{ C.M.}$$

$$1 \text{ pulg.}^2 = \frac{1}{785} (10)^9 \text{ C.M.} = 1.27 \times 10^6 \text{ C.M.}$$

$$1 \text{ pulg.} = 25.4 \text{ mm}$$

$$1 \text{ pulg.}^2 = (25.4 \text{ mm})^2 = 645.16 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ mm}^2 = \frac{1}{645.16} \text{ pulg.}^2 = \frac{1.27 \times 10^6 \text{ C.M.}}{645.16}$$

$$1 \text{ mm}^2 = 1970 \text{ C.M.}$$

En forma aproximada:

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ Circular Mil}$$

2.19 CARACTERISTICAS DE CONDUCTORES CON DIFERENTE AISLAMIENTO.

Los diferentes tipos de conductores están clasificados de acuerdo con el aislamiento que los recubre, los cuales son mostrados en la siguiente tabla:

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 flama, no metálica.	Locales secos.
Hule resistente al calor.	RHH	90	Hule resistente al calor.		Locales secos.
Hule resistente al calor y la humedad.	RHW	75	Hule resistente al calor y la humedad.	Resistente a la humedad, retardadora de flama, no metálica.	Locales húmedos y secos.
Hule látex resistente al calor.	RUH	75	90% hule no molido, sin grano.	Resistente a la humedad, retardadora de flama, no metálica.	Locales secos.
Hule látex resistente a la humedad.	RUW	60	90% hule no molido, sin grano.	Resistente a la humedad, retardadora de flama, no metálica.	Locales húmedos y secos.
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.	Ninguna.	Locales húmedos y secos.
Termoplástico resistente al calor.	THHN	90	Termoplástico resistente al calor retardador de la flama.	Nylon.	Locales secos.

Termoplástico resistente al calor y la humedad.	THW	75	Termoplástico resistente al calor y la humedad, retardador de la flama.	Ninguna.	Locales secos y húmedos.
		90			Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado de destello. Limita a 1000 V o menos en circuito abierto.
Termoplástico resistente al calor y la humedad.	THWN	75	Termoplástico resistente al calor y la humedad retardador de la flama.	Nylon.	Locales húmedos y secos.

Continuación:

Nombre comercial.	Tipo	Temp. Max. En °C	Material aislante.	Cubierta exterior.	Utilización.
Poliétileno vulcanizado resistente a la humedad y al calor.	XHHW	75	Poliétileno vulcanizado, retardador a la flama.	Ninguna.	Locales húmedos.
		90			Locales secos.
Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y al aceite.	MTW	60	Termoplástico resistente al calor, la humedad y al aceite retardador de la flama.	Ninguna o nylon.	Alambrado de Maquinas herramientas en locales húmedos.
		90			Alambrado de Maquinas herramientas en locales secos.
Termoplástico y asbesto.	TA	90	Termoplástico y asbesto.	No metálica y retardadora de la flama.	Alambrado de tableros solamente.
Termoplástico y	TBS	90	Termoplástico.	No metálica y	Alambrado de

mailla exterior fibrosa.				retardadora de la flama.	tableros solamente.
Sintético resistente al calor.	SIS	90	Hule resistente al calor.	Ninguna.	Alambrado de tableros solamente.
Aislamiento mineral (cubierta metálica).	MI	85	Oxido de Magnesio de	Cobre	Locales húmedos y secos.
		250	Cobre.	Cobre	Aplicaciones especiales.
Conductor monofásico para alimentador o circuito derivado en instalación subterránea.	UF	60	Resistencia a la humedad.	Integral al aislamiento.	Para uso subterráneo, directamente enterrado, como alimentador o circuitos derivados con protección de sobrecorriente adecuada.
		75	Resistencia al calor y la humedad.		
Conductor monofásico para servicios de acometida subterránea.	USE	75	Resistencia al calor y a la humedad.	No metálica, resistente a la humedad	Acometidas subterráneas, como alimentador o circuitos derivados subterráneos.
Silicón y asbesto.	SA	90	Hule silicón.	Asbesto o fibra de vidrio	Locales secos.
		125			Aplicaciones especiales.
Etileno	FEP	90	Etileno	Ninguna.	Locales secos.
Propileno	FEPB	200	Propileno	Malla de fibra de vidrio o de asbesto.	Locales secos - Aplicaciones especiales.
Flourinado.			Flourinado.		

Continuación:

Nombre comercial.	Tipo	Temp. Max. En °C	Material aislante.	Cubierta exterior.	Utilización.
Cambray Barnizado.	V	85	Cambray barnizado.	No metálica o de plomo.	Locales secos.
Cambray Barnizado y	AVA	110	Cambray barnizado y asbesto	Malla de asbesto o fibra de vidrio	Locales secos solamente.
	AVL	110			

Asbesto.			impregnados.	Cubierta de plomo.	Locales húmedos y secos.
	AVB	90	Cambray barnizado y asbesto impregnados.	Malla de algodón retardadora de flama.	Locales secos únicamente.
Asbestos.	A	200	Asbesto.	Sin malla de asbesto.	Locales secos. Solamente para guías dentro de aparatos o en tuberías de alimentación conectadas a estos aparatos. Limitados a 300 Volts.
	AA	200	Asbesto.	Con malla de asbesto o fibra de vidrio.	
	AI	125	Asbesto impregnado.	Sin malla de asbesto.	
Papel.	AIA	125	Asbesto impregnado.	Con malla de asbesto o fibra de vidrio.	Locales secos. Solamente para guías dentro de aparatos o en tuberías conectadas a aparatos, en alambrado abierto.
		85	Papel.	Cubierta de plomo	Para conductores de servicio subterráneo y distribución.

2.20 REPRESENTACION DE TABLAS CON CARACTERISTICAS DE CONDUCTORES ELECTRICOS.

a) DIAMETRO Y AREA DEL COBRE DESNUDO Y CON AISLAMIENTO DE ACUERDO AL CALIBRE.

TABLA 1: Dimensiones de conductores eléctricos (alambres) desnudos.

Calibre	Diámetro	Sección
A.W.G. o K.C.M.	mm	mm²
20	0.812	0.5176
18	1.024	0.8232
16	1.291	1.3090
14	1.628	2.0810
12	2.053	3.3090
10	2.588	5.2610
8	3.264	8.3670
6	4.115	13.3030
4	5.189	21.1480
3	5.827	26.6700
2	6.543	33.6320
1	7.348	42.4060
0	8.252	53.4770
00	9.266	67.4190
000	10.403	85.0320
0000	11.684	107.2250
250	14.605	126.644
300	16.002	151.999
350	17.297	177.354
400	18.491	202.709
500	20.675	253.354
600	22.682	303.999
700	24.685	354.708
800	26.187	405.160
850	25.349	379.837
900	27.762	455.805
1000	29.260	506.450
1250	32.741	633.063
1500	35.865	759.677
1750	38.760	886.286
2000	41.427	1012.901

TABLA 1.1: Dimensiones de conductores eléctricos (alambres) con aislamiento TW, THW y Vinanel 900.

Calibre	Diámetro	Sección
A.W.G. o K.C.M.	mm	mm²
14	3.38	8.97
12	4.62	16.8
10	4.47	15.7
8	5.99	28.2
6	7.72	46.8
4	8.94	62.8
3	9.65	73.2
2	10.5	86
1	12.5	123
0	13.5	143
00	14.7	169
000	16	201
0000	17.5	240
250	19.4	297
300	20.8	341
350	22.1	384
400	23.3	427
500	25.5	510
600	28.3	628
700	30.1	710
800	31.8	792
900	33.4	875
1000	34.8	954
1250	39.1	1200
1500	42.2	1400
1750	45.1	1598
2000	47.8	1795

TABLA 1.2: Dimensiones de conductores eléctricos (cables) desnudos y con aislamiento TW, THW y Vinanel 900.

Calibre	Diámetro	Sección	Diámetro mm	Área mm²
A.W.G. o K.C.M.	mm	mm²	Con aislamiento TW, THW y Vinanel 900.	Con aislamiento TW, THW y Vinanel 900.
14	1.84	2.66	3.48	9.51
12	2.32	4.23	3.96	12.32
10	2.95	6.83	4.57	16.40
8	3.71	10.81	6.15	29.70
6	3.91	12.00	7.92	49.26
4	5.89	27.24	9.14	65.61
2	7.42	43.24	10.67	89.42
0	9.47	70.43	13.54	143.99
00	10.64	88.91	14.70	169.72
000	11.94	111.97	16.00	201.06
0000	13.41	141.23	17.48	239.98
250	14.61	167.65	19.50	298.65
300	16.00	201.06	20.90	343.07
400	18.49	268.51	23.40	430.05
500	20.65	334.91	25.60	514.72

b) CAPACIDAD DE CORRIENTE DE 1 A 3 CONDUCTORES EN TUBO CONDUIT EN UNA CANALIZACIÓN A UNA TEMPERATURA AMBIENTE NO MAYOR DE 30°C.

Y

c) FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO Y POR TEMPERATURA AMBIENTE MAYOR A 30°C.

TABLA 2: Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C.

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor		
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW*, CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THWLS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*
0.824	18	7.5	7.5	14
1.31	16	10	10	18
2.08	14	20*	20*	25*
3.31	12	25*	25*	30*
5.26	10	30	35*	40*
8.37	8	40	50	55
13.3	6	55	65	75
21.2	4	70	85	95
26.7	3	85	100	110
33.6	2	95	115	130
42.4	1	110	130	150
53.5	1/0	125	150	170
67.4	2/0	145	175	195
85.0	3/0	165	200	225

107	4/0	195	230	260
127	250	215	255	290
152	300	240	285	320
177	350	260	310	350
203	400	280	335	380
253	500	320	380	430
304	600	355	420	475
355	700	385	460	520
380	750	400	475	535
405	800	410	490	555
458	900	435	520	585
507	1000	455	545	615
633	1250	495	590	665
760	1500	520	625	705
887	1750	545	650	735
1010	2000	560	665	750
FACTORES DE CORRECCION				
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor establecido.			
21-25	1.08	1.05	1.04	
26-30	1.00	1.00	1.00	
31-35	0.91	0.94	0.96	
36-40	0.82	0.88	0.91	
41-45	0.71	0.82	0.87	
46-50	0.58	0.75	0.82	
51-55	0.41	0.67	0.76	
56-60	---	0.58	0.71	
61-70	---	0.33	0.58	

A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de la Norma Oficial Mexicana NOM – 001- SEDE 2005, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (), no debe superar 15 A para 2.08 mm² (14 AWG); 20 A para 3.31 mm² (12 AWG) y 30 A para 5.26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

Mientras que los factores de corrección para temperatura, nos sirven para conocer en que porcentaje se reduce la corriente de nuestros conductores eléctricos conforme aumenta la temperatura.

TABLA 3: Factores de corrección por agrupamiento.

Número de conductores portadores de corriente	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario (%)
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y mas	35

Los factores de corrección por agrupamiento se usan cuando se tienen más de tres conductores activos dentro de las canalizaciones cerradas (tubos conduit), o bien nos da el tanto por ciento en que va a disminuir su capacidad de conducción de corriente, lo cual repercutiría en el dispositivo de protección a dichos conductores, pues ahora escogeremos una protección de acuerdo con la nueva capacidad.

d) CAPACIDAD DE CORRIENTE DE 1 A 3 CONDUCTORES EN TUBO CONDUIT A LA INTEMPERIE A UNA TEMPERATURA AMBIENTE NO MAYOR DE 30°C.

TABLA 4: Capacidad de conducción de corriente (A) permisible para cables monoconductores aislados de 0 a 2 000 V nominales, al aire libre y a temperatura ambiente de 30 °C.

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor		
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW*	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*
0.824	18	---	18	14
1.31	16	---	24	18
2.08	14	25 [#]	30 [#]	35 [#]
3.31	12	30 [#]	35 [#]	40 [#]
5.26	10	40	50 [#]	55 [#]
8.37	8	60	70	80
13.3	6	80	95	105
21.2	4	105	125	140
26.7	3	120	145	165
33.6	2	140	170	190
42.4	1	165	195	220
53.5	1/0	195	230	260
67.4	2/0	225	265	300
85.0	3/0	260	310	350
107	4/0	300	360	405
127	250	340	405	455
152	300	375	445	505

177	350	420	505	570
203	400	455	545	615
253	500	515	620	700
304	600	575	690	780
355	700	630	755	855
380	750	655	785	885
405	800	680	815	920
456	900	730	870	985
507	1000	780	935	1055
633	1250	890	1065	1200
760	1500	980	1175	1325
887	1750	1070	1280	1445
1010	2000	1155	1385	1560
FACTORES DE CORRECCION				
Temperatura ambiente en °C		Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor establecido.		
21-25		1.08	1.05	1.04
26-30		1.00	1.00	1.00
31-35		0.91	0.94	0.96
36-40		0.82	0.88	0.91
41-45		0.71	0.82	0.87
46-50		0.58	0.75	0.82
51-55		0.41	0.67	0.76
56-60		---	0.58	0.71
61-70		---	0.33	0.58

A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de la Norma Oficial Mexicana NOM – 001- SEDE 2005, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (), no debe superar 15 A para 2,08 mm² (14 AWG); 20 A para 3,31 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

e) TABLA DE DIAMETROS Y AREAS INTERIORES DE TUBOS CONDUIT PARED GRUESA Y PARED DELGADA.

TABLA 5: Diámetros y áreas interiores de tubo conduit y tubos cuadrados.

Diámetros Nominales		Áreas Interiores en mm ²			
		Pared Delgada		Pared Gruesa	
Pulgadas	mm	40%	100%	40%	100%
½	13	78	196	96	240

$\frac{3}{4}$	19	142	356	158	392
1	25	220	551	250	624
1 $\frac{1}{4}$	32	390	980	422	1056
1 $\frac{1}{2}$	38	532	1330	570	1424
2	51	874	2185	926	2316
2 $\frac{1}{2}$	64	---	---	1376	3440
3	76	---	---	2116	5290
4	102	---	---	3575	8938
2 $\frac{1}{2}$ x 2 $\frac{1}{2}$	65 x 65			1638	4096
4 x 4	100 x 100			4000	10000
6 x 6	150 x 150			9000	22500

La tabla anterior nos muestra los valores de áreas interiores de tubos conduit y ductos cuadrados, el 100% es el área total, mientras que el 40% es el área que deben ocupar como máximo los conductores eléctricos conociéndose estos valores como valores del factor de relleno excepto para cables de varios conductores. Por otra parte se mencionan sus diámetros utilizando dos unidades ya que usualmente en el mercado los podemos pedir en pulgadas, mientras que en milímetros son indicados en los planos eléctricos.

a) **TABLA 6. QUE REPRESENTA EL NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES EN CAJAS DE CONEXIÓN.**

Dimensiones de las cajas.	VOLUMEN (pulg ³)	Máximo Número de Conductores			
		No. 14	No. 12	No. 10	No. 8
3 $\frac{1}{4}$ X 1 $\frac{1}{2}$ Octagonal	10.9	5	4	4	3
3 $\frac{1}{2}$ X 1 $\frac{1}{2}$ Octagonal	11.9	5	5	4	3
4 X 1 $\frac{1}{2}$ Octagonal	17.1	8	7	6	5
4 X 2 $\frac{1}{8}$ Octagonal	23.6	11	10	9	7
4 X 1 $\frac{1}{2}$ Cuadrada	22.6	11	10	9	7
4 X 2 $\frac{1}{8}$ Cuadrada	31.9	15	14	12	10
4 $\frac{11}{16}$ X 1 $\frac{1}{2}$ Cuadrada	32.2	16	14	12	10
4 $\frac{11}{16}$ X 2 $\frac{1}{8}$ Cuadrada	46.4	23	20	18	15
3 X 2 X 1 $\frac{1}{2}$ Dispositivo	7.9	3	3	3	2
3 X 2 X 2 Dispositivo	10.7	5	4	4	3
3 X 2 X 2 $\frac{1}{4}$ Dispositivo	11.3	5	5	4	3

3 X 2 X 2 1/2 Dispositivo	13	6	5	5	4
3 X 2 X 2 3/4 Dispositivo	14.6	7	6	5	4
3 X 2 X 3 1/2 Dispositivo	18.3	9	8	7	6
4 X 2 1/8 X 1 1/2 Dispositivo	11.1	5	4	4	3
4 X 2 1/8 X 1 7/8 Dispositivo	13.9	6	6	5	4
4 X 2 1/8 X 2 1/8 Dispositivo	15.6	7	6	6	5

b) TABLAS DE DIFERENTES TIPOS DE TUBERIA CON SU RESPECTIVA CANTIDAD DE CONDUCTORES ELECTRICOS QUE PUEDEN ALOJAR.

Las siguientes tablas son material extra que si por alguna razón llegaran a utilizar esperamos que sean de gran utilidad para ustedes.

Cantidad de conductores admisibles en un tubo conduit PVC corrugado.

Calibre	Vinanel Nylon, THW			TW, Vinanel 900, RUH			
	A.W.G.Y K.C.M.	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")
14		9	19	33	6	13	23
12		6	14	24	5	10	18
10		4	9	16	3	8	14
8		2	5	9	1	4	7
6		1	3	5		2	4
4		1	1	3		1	3
2			1	2		1	1
0				1			1
00				1			

” Representa pulgadas.

Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de acero de pared gruesa y tipo comercial.

Calibre	RH, RUH, Vinanel Nylon						TW, THW, Vinanel 900						
	A.W.G.Y K.C.M.	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	32mm (1 1/4")	38mm (1 1/2")	52mm (2")	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	32mm (1 1/4")	38mm (1 1/2")	52mm (2")
14	16	26	42					11	18	30			
12	12	20	31	53				9	14	23	39		
10	8	12	20	34	46			6	11	17	30	40	
8	4	7	11	20	27	44		3	6	9	16	21	34
6	3	4	7	12	16	27		1	3	5	8	11	18
4	1	2	4	7	10	16			1	3	6	8	14
2		1	3	5	7	12			1	2	4	6	10
1/0			1	3	4	7				1	2	3	6
2/0			1	2	3	6					1	3	5
3/0				1	3	5					1	2	4
4/0				1	2	4					1	1	3
250				1	1	3						1	3

Cantidad de conductores admisibles en tubería conduit de acero de pared delgada y tipo comercial.

Calibre	Vinanel Nylon, RH, RUH						Vinanel 900, TW, THW						
	A.W.G.Y K.C.M.	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	32mm (1 1/4")	38mm (1 1/2")	52mm (2")	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	32mm (1 1/4")	38mm (1 1/2")	52mm (2")
14	13	24	37					9	17	26			
12	9	18	27	49				7	13	20	36		
10	6	11	17	31	43			5	10	15	28	38	
8	3	6	10	18	25	40		2	5	8	24	20	32
6	1	4	6	11	15	25		1	2	4	7	10	17
4		1	4	7	9	15			1	3	5	8	13
2		1	2	5	6	11			1	1	4	5	9
1/0			1	3	4	5				1	2	3	6
2/0			1	1	3	4					1	3	5
3/0				1	3	4					1	1	4
4/0				1	1	3					1	1	3
250				1	1	2						1	2

Cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit de PVC rígido tipo pesado.

Calibre	Vinanel Nylon, RH, RUH						Vinanel 900, TW, THW						
	A.W.G.Y K.C.M.	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	32mm (1 1/4")	38mm (1 1/2")	52mm (2")	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	32mm (1 1/4")	38mm (1 1/2")	52mm (2")
14	17	29	49				12	21	34				
12	13	22	36	60			9	16	27	44			
10	8	14	23	38	50		7	12	20	34	44		
8	4	8	13	22	29	46	3	6	10	17	23	36	
6	3	5	8	13	18	28	1	3	5	9	12	19	
4	1	3	5	8	11	17	1	2	4	7	9	14	
2		1	3	6	8	12		1	3	5	6	10	
1/0			1	3	5	7			1	3	4	6	
2/0			1	3	4	6			1	2	3	5	
3/0			1	2	3	5				1	3	4	
4/0				1	2	4				1	1	4	
250				1	1	3				1	1	3	

Cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit de PVC rígido tipo ligero.

Calibre	Vinanel Nylon, RH, RUH						Vinanel 900, TW, THW						
	A.W.G.Y K.C.M.	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	32mm (1 1/4")	38mm (1 1/2")	52mm (2")	13mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	32mm (1 1/4")	38mm (1 1/2")	52mm (2")
14	13	24	39				9	17	27				
12	10	18	29	49			7	13	21	36			
10	6	11	18	31	43		5	10	16	27	38		
8	3	6	10	18	25	41	2	5	8	14	19	32	
6	1	4	6	11	15	25	1	2	4	7	10	17	
4		1	4	7	9	15		1	3	5	8	13	
2		1	2	5	6	11		1	1	4	5	9	
1/0			1	3	4	7			1	2	3	6	
2/0				1	3	5				1	3	5	
3/0				1	3	4				1	1	4	
4/0				1	1	4				1	1	3	
250					1	3					1	2	

2.21 TIPOS Y CARACTERISTICAS DE MOTORES ELECTRICOS.

Un motor eléctrico es esencialmente una máquina que convierte energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico, a través de medios electromagnéticos.

Fundamentos de operación de los motores eléctricos.

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S), que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. De acuerdo con esto, todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación.

Partes fundamentales de un motor eléctrico.

Dentro de las características fundamentales de los motores eléctricos, éstos se hallan formados por varios elementos, sin embargo, las partes principales son: el estator, la carcaza, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes.

Estator.

El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero sí magnéticamente.

El estator está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio, que tienen la habilidad de permitir que pase a través de ellas el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos magnéticos.

Rotor.

El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete, y pueden ser básicamente de tres tipos:

- a) Rotor ranurado.
- b) Rotor de polos salientes.
- c) Rotor jaula de ardilla.

Carcaza.

La carcaza es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así pues, la carcaza puede ser:

- a) Totalmente cerrada.
- b) Abierta.
- c) A prueba de goteo.
- d) A prueba de explosiones.
- e) De tipo sumergible.

Base.

La base es el elemento en donde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor, puede ser de dos tipos:

- a) Base frontal.
- b) Base lateral.

Caja de conexiones.

Por lo general, en la mayoría de los casos los motores eléctricos cuentan con caja de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos.

Tapas.

Son los elementos que van a sostener en la gran mayoría de los casos a los cojinetes o rodamientos que soportan la acción del rotor.

Cojinetes.

También conocidos como rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia.

Tipos y características.

Existen básicamente tres tipos de motores eléctricos:

a) Los Motores de Corriente Directa [C.D.] o Corriente Continua [C.C.]: Se utilizan en casos en los que es importante el poder regular continuamente la velocidad del motor, además, se utilizan cuando es imprescindible utilizar corriente directa, como es el caso de motores accionados por pilas o baterías. Este tipo de motores deben de tener en el rotor y el estator el mismo número de polos y el mismo número de carbones.

Los motores de corriente directa pueden ser de tres tipos:

- **Serie.**

En estos motores, cualquier incremento en la carga, se manifiesta como una mayor corriente, circulando a través de la armadura o rotor y el devanado de campo. Como la intensidad del campo opuesto se incrementa con este aumento en la corriente, la velocidad del motor se reduce. Por el contrario, en la medida que la carga se reduce, el campo se debilita y entonces la velocidad aumenta con valores de cargas muy ligeras. La velocidad puede llegar a ser excesiva, por la razón anterior, por lo que los motores en conexión serie se conectan directamente o están acoplados a la carga para prevenir la sobrevelocidad. El incremento en la corriente de armadura con un aumento en la carga, produce una mayor intensidad en el par, de modo que los motores en conexión serie son útiles para cuando se requiere un par de arranque pesado y en donde se pueden esperar cargas severas. Su velocidad se puede ajustar por medio de una resistencia variable colocada en serie con el motor, pero debido a la variación de la carga, la velocidad no se puede mantener constante. El uso de este motor esta limitado a servicios de tracción y elevadores. La Figura 1 muestra el diagrama esquemático de la conexión para este motor.



Figura 1. Representación de la conexión de un motor de C.D. en conexión serie.

- **Paralelo (Shunt).**

En estos motores la intensidad del campo, no se afecta en forma apreciable por los cambios en la carga, de manera que, se obtienen una velocidad relativamente constante. Este tipo de motores, se puede usar para la operación de maquinas que requieren una velocidad casi constante, un par de arranque bajo y con ligeras sobrecargas.

A este tipo de motor se les puede hacer la velocidad ajustable por medio del control en el campo y la armadura. Por ejemplo si se coloca una resistencia variable en el devanado de campo, se puede controlar la corriente en el devanado y por ende la velocidad de rotación. En la medida que la velocidad aumente, el par se reduce en forma proporcional, resultando una potencia casi constante. Por otro lado si se conecta una resistencia variable en la armadura, se obtiene una regulación de mayor del 15 al 22%. La Figura 2 muestra el diagrama esquemático de la conexión de este motor.

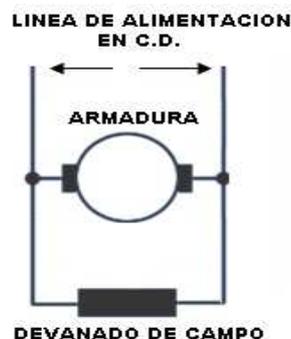


Figura 2. Representación de la conexión de un motor de C.D. en conexión paralelo.

- **Mixto (Compound).**

En estos motores la variación de velocidad, se debe a los cambios en la carga, la cual es mucho menor que en los motores con conexión serie, pero mayor que en los motores con conexión paralelo. Tiene además un par de arranque mayor que los motores en paralelo y con una capacidad de soportar cargas pesadas. Sin embargo opera con un rango más estrecho de ajuste de velocidad.

Por lo tanto los motores con devanado compuesto se usan cuando el arranque de la carga es muy pesado o cuando los cambios en la carga se dan en forma intempestiva, como es el caso de las bombas recíprocas, las máquinas de presión o las máquinas de perforado. La Figura 3 muestra el diagrama de conexiones de un motor con conexión compuesta o mixta.

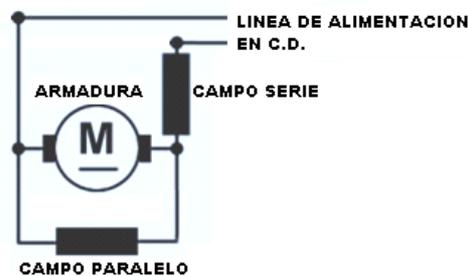


Figura 3. Representación de la conexión de un motor de C.D. en conexión mixta.

b) Los Motores de Corriente Alterna [C.A.]: Son los tipos de motores más usados en la industria, ya que estos equipos se alimentan con los sistemas de distribución de energías “normales”. De acuerdo a su alimentación se dividen en tres tipos:

- **Monofásicos (1 fase).**

Fueron los primeros motores utilizados en la industria. Cuando este tipo de motores está en operación, desarrolla un campo magnético rotatorio, pero antes de que inicie la rotación, el estator produce un campo estacionario pulsante.

Para producir un campo rotatorio y un par de arranque, se debe tener un devanado auxiliar defasado 90° con respecto al devanado principal. Una vez que el motor ha arrancado, el devanado auxiliar se desconecta del circuito.

Debido a que un motor de corriente alterna (C.A.) monofásico tiene dificultades para arrancar, está constituido de dos grupos de devanados. El primer grupo se conoce como el devanado principal o de trabajo, y el segundo, se le conoce como devanado auxiliar o de arranque. Los devanados difieren entre sí, física y eléctricamente. El devanado de trabajo está formado de conductor grueso y tiene más espiras que el devanado de arranque.

Tipos y características.

Los motores monofásicos han sido perfeccionados a través de los años, a partir del tipo original de repulsión, en varios tipos mejorados, y en la actualidad se conocen:

- **Motor monofásico de fase partida.**

Este tipo de motor tiene dos devanados bien diferenciados, un devanado principal y otro devanado auxiliar. El devanado auxiliar es el que provoca el arranque del motor, gracias a que desfasa un flujo magnético respecto al flujo del devanado principal, de esta manera, logra tener dos fases en el momento del arranque.

Al tener el devanado auxiliar la corriente desfasada respecto a la corriente principal, se genera un campo magnético que facilita el giro del rotor. Cuando la velocidad del giro del rotor acelera el par de motor aumenta. Cuando dicha velocidad está próxima al sincronismo, se logran alcanzar un par de motor tan elevado como en un motor trifásico, o casi. Cuando la velocidad alcanza un 75 % de sincronismo, el devanado auxiliar se desconecta gracias a un interruptor centrífugo que llevan incorporados estos motores en serie, lo cual hace que el motor solo funcione con el devanado principal.

Este tipo de motor dispone de un rotor de jaula de ardilla como los utilizados en los motores trifásicos.

El par de motor de éstos motores oscila entre 1500 y 3000 r.p.m., dependiendo si el motor es de 2 ó 4 polos, teniendo unas tensiones de 125 y 220 V. La velocidad es prácticamente constante. Para invertir el giro del motor se intercambian los cables de uno solo de los devanados (principal o auxiliar), algo que se puede realizar fácilmente en la caja de conexiones del motor.

- **Motor monofásico con capacitor.**

Son técnicamente mejores que los motores de fase partida. También disponen de dos devanados, uno auxiliar y otro principal. Sobre el devanado auxiliar se coloca un capacitor en serie, que tiene como función el de aumentar el par de arranque, entre 2 y 4 veces el par normal. Como se sabe, el capacitor desfasa la fase afectada en 90° , lo cual quiere decir, que el campo magnético generado por el devanado auxiliar se adelanta 90° respecto al campo magnético generado por el devanado principal. Gracias a esto, el factor de potencia en el momento del arranque, está próximo al 100%, pues la reactancia capacitiva del capacitor (X_C) anula la reactancia inductiva del bobinado (X_L).

Por lo demás, se consideran igual que los motores de fase partida, en cuanto a cambio de giro, etc. Lo único importante que debemos saber, es que con un condensador en serie se mejora el arranque.

La Figura 4 muestra motores de arranque con capacitor con diferente base:

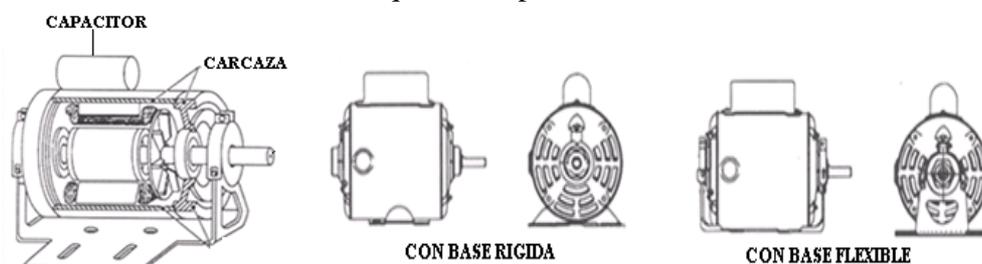


Figura 4.

- **Motores con capacitor permanente.**

Utilizan un capacitor conectado en serie con los devanados de arranque y de trabajo. El crea un retraso en el devanado de arranque, el cual es necesario para arrancar el motor y para accionar la carga.

La principal diferencia entre un motor con capacitor permanente con el descrito anteriormente, es que no se requiere switch centrífugo. Éstos motores no pueden arrancar y accionar cargas que requieren un alto par de arranque.

- **Motores de inducción-repulsión.**

Los motores de inducción-repulsión se aplican donde se requiere arrancar cargas pesadas sin demandar demasiada corriente. Se fabrican de 1/2 HP hasta 20 HP, y se aplican con cargas típicas como: compresores de aire grandes, equipo de refrigeración, etc.

La Figura 5 nos muestra un motor de inducción-repulsión:

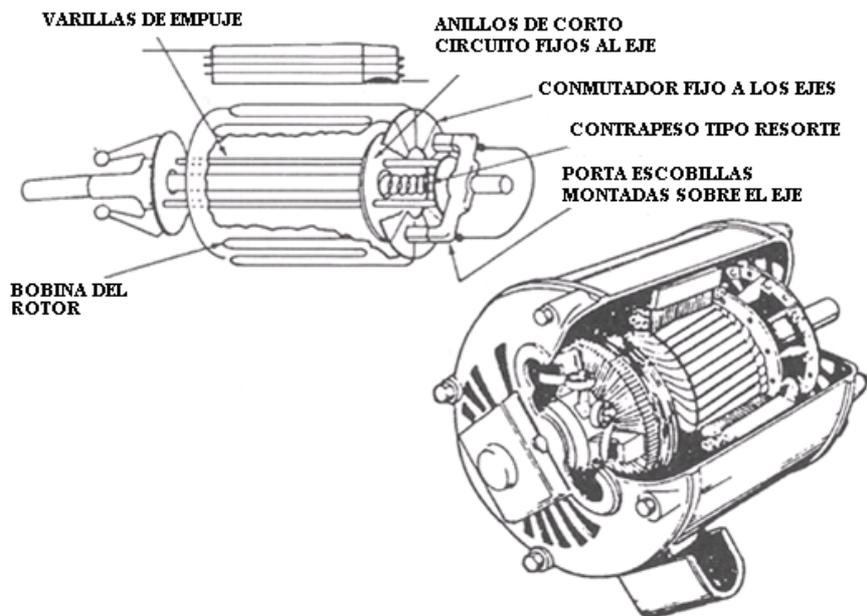


Figura 5.

- **Motores de polos sombreados.**

Este tipo de motores es usado en casos específicos, que tienen requerimientos de potencia muy bajos.

Su rango de potencia está comprendido en valores desde 0.0007 HP hasta 1/4 HP, y la mayoría se fabrica en el rango de 1/100 a 1/20 de HP. La principal ventaja de estos motores es su simplicidad de construcción, su confiabilidad y su robustez, además, tienen un bajo costo. A diferencia de otros motores monofásicos de C.A., los motores de fase

partida no requieren de partes auxiliares (capacitores, escobillas, conmutadores, etc.) o partes móviles (switches centrífugos). Esto hace que su mantenimiento sea mínimo y relativamente sencillo.

La Figura 6 nos muestra como esta constituido un motor de polos sombreados:

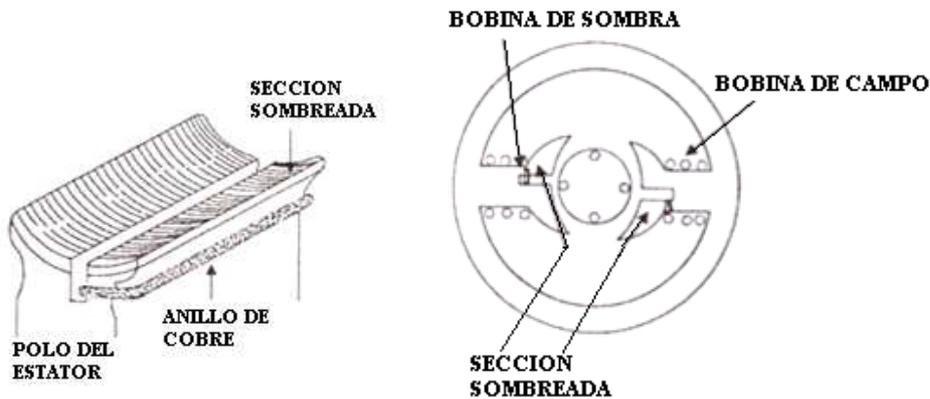


Figura 6.

Por otra parte los motores trifásicos usualmente son más utilizados en la industria, ya que en el sistema trifásico se genera un campo magnético rotatorio en tres fases, además de que el sentido de la rotación del campo en un motor trifásico puede cambiarse invirtiendo dos puntas cualesquiera del estator, lo cual desplaza las fases, de manera que el campo magnético gira en dirección opuesta.

Motores trifásicos:

Los motores trifásicos se usan para accionar máquinas-herramientas, bombas, elevadores, ventiladores, sopladores y muchas otras máquinas.

Básicamente están contruidos de tres partes esenciales: Estator, rotor y tapas.

El estator consiste de un marco o carcasa y un núcleo laminado de acero al silicio, así como un devanado formado por bobinas individuales colocadas en sus ranuras.

Básicamente son de dos tipos:

- **Motor trifásico de jaula de ardilla.**

Es el más usado hoy en día en la industria y recibe este nombre debido a que el rotor parece una jaula de ardilla que es de aluminio fundido que contiene un núcleo laminado en contacto sobre el eje. El motor tiene tapas en ambos lados, sobre las cuales se encuentran montados los rodamientos o baleros sobre los que rueda el rotor. Estas tapas se fijan a la carcasa en ambos extremos por medio de tornillos de sujeción. Los baleros o rodamientos pueden ser de rodillos o de deslizamiento.

En los agujeros o en las ranuras dispuestas hacia el exterior del cilindro y paralelamente a su eje se colocan los conductores.

Cada extremo de estos conductores se conecta a una corona metálica. El conjunto tiene el aspecto de una jaula de ardilla, de donde proviene el nombre de este tipo de rotor. En determinados motores, la jaula de ardilla está enteramente moldeada.

En estos motores la intensidad absorbida en la puesta en tensión es muy superior a la intensidad nominal.

La Figura 7 nos muestra un rotor jaula de ardilla:

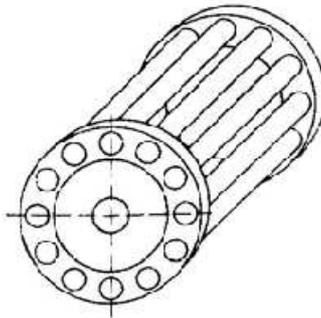


Figura 7.

- **Motor trifásico rotor devanado.**

Un motor de rotor devanado tiene un devanado trifásico similar al del estator. El devanado está distribuido uniformemente en las ranuras y casi siempre está conectado en estrella (Y) con 3 conductores. Las terminales están conectadas a tres anillos colectores, los cuales giran junto con el rotor. Los anillos colectores rotatorios y las escobillas rotatorias asociadas permiten conectar resistores externos en serie al devanado del rotor. Los resistores externos se utilizan principalmente durante el periodo de arranque; en condiciones de funcionamiento normal, las tres escobillas están en cortocircuito.

Aunque un motor de rotor devanado cuesta más que uno de jaula de ardilla, ofrece las siguientes ventajas:

La corriente con el rotor bloqueado se puede reducir drásticamente insertando tres resistores externos en serie con el rotor. No obstante, el par o momento de torsión con el rotor bloqueado seguirá siendo alto, e incluso más alto que el de un motor de jaula de ardilla de potencia equivalente.

Podemos variar la velocidad variando los resistores externos del rotor.

El motor es ideal para acelerar cargas de alta inercia, las cuales requieren mucho tiempo para adquirir velocidad.

La Figura 8 nos muestra el rotor devanado de un motor trifásico:

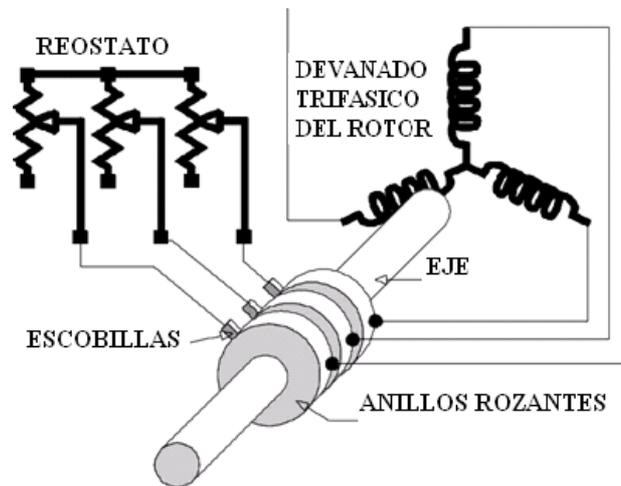


Figura 8.

c) Los Motores Universales:

El motor universal es un tipo de motor que puede ser alimentado con corriente alterna o con corriente continua, es indistinto. Sus características principales no varían significativamente, sean alimentados de una forma u otra. Por regla general, se utilizan con corriente alterna. También los encontraremos con el sobrenombre de motor monofásico en serie.

Este tipo de motor se puede encontrar tanto para una máquina de afeitar como para una locomotora, esto da una idea del margen de potencia en que pueden llegar a ser construidos. *Las partes principales de este motor son:*

1. Estator.
2. Rotor con colector.

Los bobinados del estator y del rotor están conectados en serie a través de unas escobillas.

El par de arranque se sitúa en 2 ó 3 veces al par normal.

La velocidad cambia según la carga. Cuando aumenta el par motor disminuye la velocidad. Se suelen construir para velocidades de 3000 a 8000 r.p.m., aunque los podemos encontrar para 12000 r.p.m. Para poder variar la velocidad necesitamos variar la tensión de alimentación, normalmente se hace con un reóstato o resistencia variable.

El cambio de giro es controlable, solo tenemos que intercambiar una fase en el estator o en el rotor, nunca en los dos, lo cual es fácilmente realizable en la caja de conexiones o bornes que viene incorporado con el motor.

Cuando el motor es alimentado, se produce que las corrientes circulan en el mismo sentido, tanto el estator como en el rotor, pero en el cambio de ciclo cambia el sentido en los dos, provocando el arranque del motor.

2.22 CONTROL DE MOTORES DE C.A.

El control, en su sentido más amplio, comprende todos los métodos utilizados, para controlar el desempeño de un sistema eléctrico. Cuando se aplica a maquinaria, implica arranque, aceleración, inversión de rotación, desaceleración y paro de un motor.

Dispositivos de control.

Todo circuito de control consta de varios componentes básicos conectados entre sí para lograr el desempeño deseado. El tamaño de los componentes varía con la potencia del motor, pero el principio de operación es el mismo. Con solo una decena de componentes básicos, es posible diseñar sistemas de control muy complejos. Los componentes básicos son los siguientes:

- 1) Interruptores de desconexión.
- 2) Cortacircuitos manuales.
- 3) Interruptores de leva.
- 4) Botones.
- 5) Relevadores.
- 6) Contactores magnéticos.
- 7) Relevadores térmicos y fusibles.
- 8) Luces piloto.
- 9) Interruptores de límite.

Interruptores de desconexión.

Un interruptor de desconexión aísla el motor de la fuente de potencia. Se compone de interruptores de cuchilla y fusibles por cada línea encerrados en una caja metálica, los interruptores de cuchilla se pueden abrir y cerrar de inmediato por medio de una manija externa. Un mecanismo de cierre impide que la tapa con bisagras se abra cuando se cierra el interruptor. Los interruptores de desconexión y sus fusibles se usan para conducir la corriente nominal a plena carga del motor y para soportar las corrientes de cortocircuito durante intervalos breves.



Cortacircuitos manuales.

Un cortacircuito manual abre y cierra un circuito, como un interruptor de manija. Se activa (abre) automáticamente cuando la corriente excede un límite predeterminado. Después de activarlo, se puede regresar a su posición original manualmente. A menudo se utilizan cortacircuitos manuales en lugar de interruptores de desconexión por qué no hay que reemplazar fusibles.



Interruptores de leva.

Un interruptor de leva tiene un grupo de contactos fijos y un número igual de contactos móviles. Se puede hacer que los contactos se abran y cierren en una secuencia preestablecida haciendo girar una manija o perilla. Los interruptores de leva se utilizan para controlar el movimiento y la posición de montacargas, calandrias, maquinas herramienta, etc.



Botones pulsadores.

Un botón pulsador es un interruptor activado por la presión de los dedos. Dos o más contactos se abren y cierran cuando el botón es oprimido. Por lo general, los botones disponen de un resorte para regresarlos a su posición normal cuando dejan de ser oprimidos.



Relevadores de control.

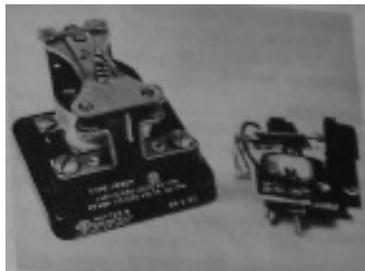
Un relevador de control es un interruptor electromagnético que abre y cierra un juego de contactos cuando la bobina relevadora es energizada. La bobina relevadora produce un

intenso campo magnético que atrae una armadura móvil, la cual contiene los contactos. Los relevadores de control se utilizan principalmente en circuitos de baja potencia.

Así como también podemos hacer mención de los relevadores de tiempo o temporizadores que son elementos de control que permiten la operación de la apertura y cierre de circuitos después de un tiempo de que se ha energizado o desenergizado la bobina.

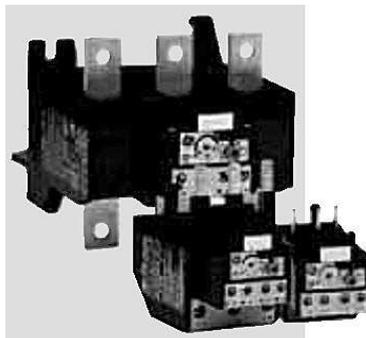
Básicamente existen dos tipos de los cuales existen muchas variantes y son:

- Relevador de tiempo retardado al energizar su bobina (ON DELAY): En el instante de energizar la bobina de este empieza a transcurrir un tiempo programado y una vez que este lapso de tiempo termina se activan sus contactos y así permanecen mientras el relevador permanezca energizado, al desenergizarse los contactos vuelven a su posición original, es decir se desactivan.
- Relevador de tiempo retardado al desenergizarse la bobina (OFF DELAY): En el momento de energizar el relevador sus contactos se activan y así permanecen mientras este energizado, al desenergizarlo empieza a correr un tiempo programado y al finalizar este los contactos vuelven a su posición original, es decir se desactivan.



Relevadores térmicos.

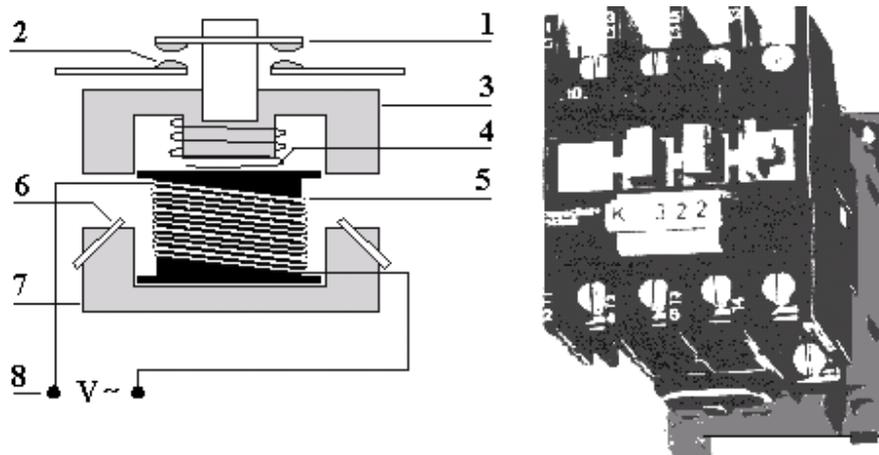
Un relevador térmico o relevador de sobrecarga, es un dispositivo sensible a la temperatura cuyos contactos se abren o cierran cuando la corriente en el motor excede un límite preestablecido. La corriente fluye a través de un pequeño elemento térmico calibrado que eleva la temperatura del relevador. Los relevadores térmicos son dispositivos inherentes de retraso porque la temperatura no puede seguir los cambios instantáneos de la corriente.



Contadores magnéticos.

Un contactor magnético es prácticamente un gran relevador de control diseñado para abrir y cerrar un circuito de potencia. Posee una bobina relevadora y un hierro móvil el cual como su nombre lo indica puede mover unos contactos móviles que hacen contacto con un juego de contactos fijos, con lo cual se cierra el circuito de potencia. Además de los contactos de potencia, por lo general hay uno o más contactos auxiliares abiertos o cerrados, para propósitos de control. Cuando la bobina relevadora es desenergizada, los contactos regresan a su posición original. Se utilizan contactores magnéticos para controlar motores de 0.5 hasta varios cientos de caballos de fuerza. El tamaño, las dimensiones y el desempeño de los contactores son estándar.

Cuando un contactor magnético está desenergizado o abierto, el circuito magnético tiene un entrehierro muy grande, a comparación de cuando está cerrado. Por consiguiente, en el caso de un contactor de C.A. la reactancia inductiva de la bobina es mucho más baja cuando el contactor está abierto que cuando está cerrado. Como la bobina es excitada por un voltaje de C.A. fijo, la corriente magnetizante es mucho más alta cuando el contactor está abierto que cuando está cerrado. En otras palabras, la bobina relevadora absorbe una considerable corriente de entrada al momento de ser excitada. Esto hace que los contactos auxiliares que energizan la bobina trabajen más de lo esperado.



- 1- Contactos móviles
- 2- Contactos fijos
- 3- Hierro móvil
- 4- Entrehierro
- 5- Bobina
- 6- Espira Sombreada (en C.A.)
- 7- Hierro fijo
- 8- Alimentación a bobina

Luces piloto.

Una luz piloto indica el estado activado/desactivado de un componente remoto en un sistema de control.



Interruptores de límite.

Un interruptor de límite es un dispositivo de acción rápida de baja potencia que abre o cierra un contacto, según la posición de una parte mecánica. Otros interruptores limitadores son sensibles a la presión, temperatura, nivel de líquido, dirección de rotación, etc.

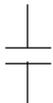


Diagramas de control.

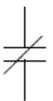
Antes que nada dentro de este apartado debemos hacer mención a lo siguiente:

Contactos normalmente abiertos y contactos normalmente cerrados: Los diagramas de circuitos de control siempre muestran los componentes en un estado de reposo, es decir, cuando no están energizados (eléctricamente) o activados (mecánicamente). En este estado, algunos contactos se abren mientras que otros se cierran. Se llaman contactos normalmente abiertos (NA) y contactos normalmente cerrados (NC), respectivamente, y se designan mediante la simbología americana de la siguiente manera:

Contacto normalmente abierto (NA).



Contacto normalmente cerrado (NC).



Un sistema de control se puede representar mediante cuatro tipos de diagramas de circuito, los cuales son los siguientes:

- Diagrama a bloques.
- Diagrama unifilar.
- Diagrama de cableado eléctrico.
- Diagrama esquemático.

Un diagrama a bloques se compone de un conjunto de rectángulos, cada uno de los cuales representa un dispositivo de control, y una breve descripción de su función los rectángulos están conectados por flechas que indican la dirección del flujo de potencia o de señales.

Un diagrama unifilar es similar a un diagrama de bloques, excepto que sus componentes se muestran por sus símbolos y no por rectángulos. Los símbolos nos dan una idea de la naturaleza de los componentes; por consiguiente, un diagrama de una línea da más información.

Un diagrama de cableado eléctrico muestra las conexiones entre los componentes, teniendo en cuenta la ubicación física de las terminales e incluso los colores de los cables. Estos diagramas se emplean cuando se instala un equipo o al reparar un circuito.

Un diagrama esquemático muestra todas las conexiones eléctricas entre los componentes, sin importar su ubicación física o disposición final. Este tipo de diagrama es indispensable al reparar un circuito o analizar su modo de operación.

Métodos de arranque.

Los motores trifásicos de jaula de ardilla se arrancan conectándolos directamente a través de la línea o aplicando un voltaje reducido al estator. El método de arranque depende de la capacidad de potencia de la línea de suministro y tipo de carga.

El arranque a través de línea es simple y barato: La principal desventaja es la alta corriente de arranque, la cual es 5 a 6 la corriente nominal a plena carga. Esto puede producir una caída de voltaje de línea significativa y afectar a otros usuarios conectados a la misma línea.

Los dispositivos sensibles al voltaje, como lámpara incandescentes, y maquinas herramienta de alta precisión, presentan mal funcionamiento debido a estas caídas de voltaje.

El choque mecánico es otro problema que no se debe ignorar. El equipo puede sufrir daños serios si el arranque a todo voltaje produce un par o momento de torsión muy brusco. Las bandas transportadoras son otro ejemplo en el que el arranque repentino es inconveniente.

Un circuito de control de motores contiene dos componentes básicos: Un interruptor de desconexión siempre se conecta entre la línea de suministro y el arrancador. En ocasiones, el interruptor y el arrancador se montan en la misma caja para formar un arrancador combinado. Los fusibles del interruptor de desconexión son para aproximadamente 3.5 veces la corriente a plena carga; en consecuencia, no protegen al motor contra sobrecargas sostenidas. Su función primordial es proteger al motor y la línea de suministro contra corrientes catastróficas producidas por un corto circuito en el motor o en el arrancador o por una falla de arranque. En condiciones de arranque normales, los fusibles no se funden, aun cuando la corriente inicial sea 6 o 7 veces la corriente a plena carga.

En algunos casos, el interruptor de desconexión y sus fusibles son reemplazados por un cortacircuito manual.

- **Arrancadores manuales a través de línea.**

Los arrancadores trifásicos manuales se componen de un cortacircuito y de dos o tres relevadores térmicos todos montados en una caja apropiada. Estos arrancadores se utilizan en motores pequeños (de 10 hp o menos) a voltajes que van de 120 a 600 Volts. Los relevadores térmicos activan el circuito siempre que la corriente en una de las fases excede el valor nominal durante un lapso de tiempo considerable.

Los arrancadores manuales monofásicos se construyen bajo los mismos principios pero contienen solo un relevador térmico (observe Figura 1). Los relevadores térmicos se seleccionan para el motor particular que esté conectado al arrancador.

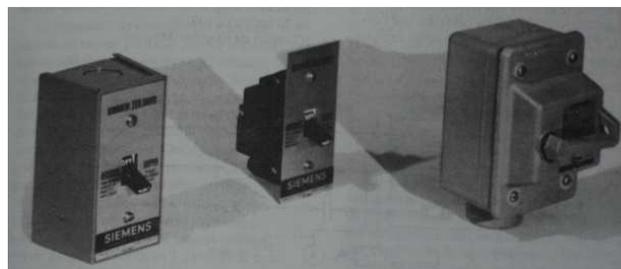


Figura 1. Nos representa arrancadores manuales para motores monofásicos de 1 hp (0.75 KW); Izquierda: montado en la superficie; Centro: montado al ras; Derecha: compartimiento a prueba de agua.

- **Arrancadores magnéticos a través de línea.**

Los arrancadores magnéticos a través de línea se emplean cuando es necesario controlar un motor desde una ubicación remota. También se utilizan cuando siempre que la capacidad de potencia es superior a los 10 KW.

Este arrancador tiene tres componentes principales: un contactor magnético, un relevador térmico y una estación de control.

- El contactor magnético posee tres contactos grandes principales y un auxiliar pequeño. Los contactos principales deben ser lo suficientemente grandes para transportar la corriente de arranque y la corriente nominal a plena carga sin sobrecalentarse. El contacto auxiliar es mucho más pequeño por que transporta solo la corriente de la bobina relevadora.
- El relevador térmico protege el motor contra sobrecargas sostenidas. El relevador incluye tres elementos térmicos individuales, conectados en serie con cada una de las tres fases. Un pequeño contacto normalmente cerrado forma parte del ensamble relevador. Que se abre cuando el relevador térmico se calienta demasiado y permanece abierto hasta que el relevador se restablece manualmente.
- La estación de control, compuesta de botones de arranque-paro, puede estar cerca o lejos del arrancador.

Nota: Podemos invertir la dirección de rotación de un motor trifásico intercambiando dos líneas cualesquiera.

- **Arranque con voltaje reducido.**

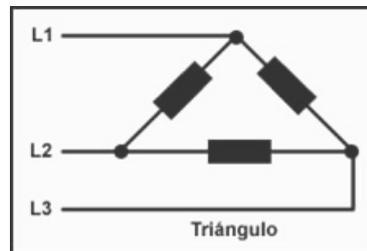
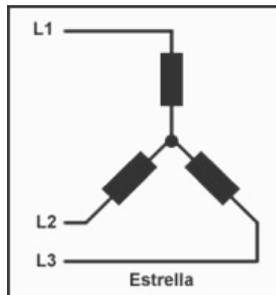
Algunas cargas industriales tienen que ser arrancadas de forma muy gradual. Algunos ejemplos son devanadores de bobinas, prensas de impresión bandas transportadoras y maquinas que procesan productos frágiles. En todos estos casos tenemos que reducir el voltaje aplicado al motor ya sea conectando resistores en serie a la línea o empleando un autotransformador. Al reducir el voltaje debemos recordar lo siguiente:

La corriente con el rotor bloqueado es proporcional al voltaje. La reducción del voltaje a la mitad también reduce la corriente a la mitad.

El par o momento de torsión con el rotor bloqueado es proporcional al cuadrado del voltaje. La reducción de voltaje a la mitad reduce el par o momento de torsión en un factor de cuatro.

- **Arranque estrella triangulo.**

Las conexiones de un motor son muy sencillas de realizar, para ello el fabricante dispone en la carcasa del motor de una caja de conexiones con 6 bornes, en donde nosotros haremos las conexiones pertinentes, dependiendo de si deseamos una conexión tipo estrella o una conexión tipo triángulo.



Puede ser que nos interese hacer, mediante contactores, un cambio de conexión estrella-triángulo, en ese caso solo tenemos que conectar la salida de los contactores a la caja de bornes.

Este tipo de arranque se utiliza para limitar la intensidad absorbida en el momento de arranque del motor. Si disponemos de un motor de 220 V y lo conectamos, en primer lugar, en estrella, tendremos una tensión de 127 V, con la cual, obtendríamos una intensidad 2 veces la nominal. En cambio, si lo hacemos directamente, tendríamos una intensidad de 5 veces la nominal. Al conectar primero en estrella y después en triángulo, mediante un temporizador, reducimos el sufrimiento del bobinado al rebajar la intensidad de absorción.

En la actualidad existen unos equipos llamados arrancadores estrella-triángulo que realizan este cometido de forma mucho más exacta, pues, lo ideal es que se realice el cambio de estrella a triángulo cuando el motor haya alcanzado el 80% de su velocidad nominal.

- **Arranque con resistencia primaria.**

El arranque con resistencia primaria consiste en colocar tres resistores en serie con el motor durante el periodo de arranque. Un contactor A se cierra primero y cuando el motor casi ha alcanzado la velocidad síncrona, un segundo contacto B pone en cortocircuito los resistores. Este método produce un arranque muy suave pues no hay ningún choque mecánico. La caída de voltaje a través de los resistores es alta al principio, pero disminuye gradualmente conforme el motor adquiere velocidad y la corriente se reduce. Por consiguiente, el voltaje a través de las terminales del motor se incrementa con la velocidad, así que el choque eléctrico y mecánico es insignificante cuando se aplica finalmente todo el voltaje.

- **Arranque con autotransformador.**

Comparado con un arrancador con resistencia, la ventaja de un arrancador con autotransformador es que con un par o momento de torsión dado absorbe una corriente de línea mucho más baja. La desventaja es que los autotransformadores cuestan más y la transición de voltaje reducido a pleno voltaje no es tan suave.

2.23 PROTECCION DE MOTORES ELECTRICOS.

Los motores eléctricos de inducción en corriente alterna, son los dispositivos más usados cotidianamente para la ejecución de trabajos mecánicos. Los encontramos en todo tipo de aplicación: ventilación, refrigeración, aire acondicionado, bombeo, molinos, medios transportadores, etc.

Las principales causas por las que estos dispositivos sufren daños irreparables, se deben a las alteraciones del suministro eléctrico, exceso de trabajo mecánico asociado y problemas en la instalación eléctrica que alimenta al motor. En un segundo plano se encuentran los problemas asociados al deterioro de las partes que componen el motor.

Tanto los motores monofásicos como los trifásicos son susceptibles a desperfectos debido a las causas antes mencionadas.

El desbalance de voltaje, la pérdida de una fase, el bajo y alto voltaje son alteraciones del suministro eléctrico que causan daños irreversibles a los motores eléctricos.

Estas alteraciones dañan los motores y reducen su tiempo de vida. Incluso, pueden ocasionar accidentes que involucren al personal humano que interactúen con ellos.

Proteger los motores trifásicos, se ha vuelto una necesidad imperativa para los usuarios y/o propietarios de los mismos. Ello debido a las pérdidas económicas que implican la reparación o reposición del motor dañado y las asociadas al servicio que dejaron de prestar estando fuera de operación.

La protección de un motor trifásico debe de contemplar problemas asociados a voltajes y al consumo de corriente. Para ello, se requieren de dispositivos que estén en capacidad de supervisar los valores de voltaje y de las corrientes, con que opera el motor.

Muchos dispositivos en el mercado ofrecen protección de motores trifásicos, la oferta es amplia y contempla desde los clásicos relés térmicos de sobrecarga, los supervisores electrónicos de voltaje, los relés electrónicos de sobrecarga, hasta las últimas tecnologías de protecciones integrales y las protecciones totales para motores trifásicos. Las dos últimas ofrecen protección al motor procesando digitalmente los valores de las corrientes, de los voltajes y de la temperatura del motor simultáneamente.

Relés térmicos de Sobrecarga.

Generalmente la protección más utilizada en las aplicaciones de motores trifásicos es el relé térmico de sobrecarga. A través de él fluyen las corrientes que consume el motor, calentándose y enfriándose de igual manera que este.

Para ello, hacen uso de unas resistencias calentadoras por las que fluyen las corrientes del motor. Si el calor acumulado en las resistencias es mayor o igual al máximo permitido, un contacto asociado a estas, se dilatará por efecto del calor y desenergizará al motor. En ese

momento, el relé térmico comenzará a enfriarse y cuando el calor llegue a un nivel seguro, energizará nuevamente al motor. Por lo general los relés térmicos de sobrecarga poseen un selector, que permite programar su rearme de manera manual o automática.

Adicionalmente en condiciones de fallas de voltaje sostenidas en el tiempo, del tipo bajo voltaje, sobrevoltaje o pérdida de una fase, los relés térmicos de sobrecarga, estando programados para en rearme automático, presentarán un desempeño poco satisfactorio. En estas condiciones, desconectarán el motor cuando el calor acumulado innecesariamente supere o iguale al máximo permitido. Una vez que el motor este frío, el relé térmico de sobrecarga se rearmará automáticamente y energizará al motor. Al ser la falla de voltaje sostenida en el tiempo, el relé térmico nuevamente se calentará hasta desconectar al motor, para posteriormente enfriarse y volver a energizarlo. Así este dispositivo de protección, entrará en un ciclo indefinido de maniobras de parada y arranque que dañará al motor de manera irreversible.

De igual manera que en el caso anteriormente descrito, de presentarse una sobrecarga mecánica sostenida en el tiempo, los relés térmicos de sobrecarga entrarán en ciclo indefinido de paradas y arranques, dañándose el motor supuestamente protegido.

Estando un relé térmico de sobrecarga sometido a un ciclo continuo de calentamiento y enfriamiento, producto de una falla sostenida en el tiempo, en muy poco tiempo estará descalibrado y su capacidad de protección se verá severamente afectada.

La capacidad de este dispositivo de protección contra sobrecarga esta asociada también al llamado factor de servicio que identifica la sobrecarga continua que un motor de una potencia dada puede soportar, es decir, si el fabricante ha dado al motor un factor de servicio nos da a entender que se le puede permitir desarrollar más de los HP de placa sin causar un deterioro al material aislante.

El factor de servicio es un margen de seguridad. Por ejemplo, un motor de 10 HP puede operar con seguridad con 10 HP si tiene un factor de servicio de 1.0 como mínimo. Algunos motores de 10 HP pueden también impulsar con seguridad cargas de 11 HP y 12 HP en forma continua, en este caso se dice que tienen de servicio de 1.1 o 1.2 respectivamente.

Por lo general los dispositivos de protección contra sobrecarga se ajustan al 125% de la corriente de placa a plena carga para factores de servicio de hasta 1.15. Si el motor se ve afectado en forma adversa en su arranque o en su operación, el dispositivo de sobrecarga se avanza gradualmente hasta un máximo de 140%.

El dispositivo de protección contra sobrecarga se debe seleccionar para disparar o con una capacidad no mayor del siguiente porcentaje de la corriente a plena carga del motor.

Motores con factor de servicio no menor de 1.15	125%
Motores con elevación de temperatura no superior a 40 °C	125%
Para otros motores	115 %

Cuando el relevador de sobrecarga seleccionado de acuerdo con las recomendaciones anteriores no son suficientes para arrancar el motor o para conducir la carga, se pueden seleccionar los siguientes valores más altos de relevadores de sobrecarga, con la limitante de que no excedan los siguientes porcentajes de las corrientes a plena carga de los motores.

Motores con factor de servicio no menor de 1.15	140%
Motores con elevación de temperatura no superior a 40 °C	140%
Para otros motores	130 %

Protecciones por fallas de voltaje.

Actualmente, la totalidad de la oferta de protecciones de voltaje para motores trifásicos existentes en el mercado operan electrónicamente. Estas, procesan los valores de voltaje de manera analógica o digital, dependiendo de la tecnología con que estén construidas. De presentarse la falla de voltaje, desenergizarán al motor y tan solo lo reconectarán una vez desaparecida la falla.

La oferta de protecciones de voltaje para motores trifásicos es muy amplia. La diferenciación entre marcas y modelos está comprendida por funciones de protección, temporización, ajustes, modos de rearme, visualización de las fallas, capacidad de comunicación, formato de la carcasa, etc.

El uso de una protección de voltaje para proteger un motor trifásico en ningún momento descarta el uso de un relé térmico de sobrecarga. Ambas protecciones son complementarias aunque no abarquen todos los escenarios en que el motor deba ser protegido.

Lo más importante a la hora de seleccionar una protección por fallas de voltaje es que incluya, inexcusablemente, la protección por desbalance. Luego, dependiendo de la calidad del suministro eléctrico con que opera el motor, deberá considerarse si la protección debe incluir, adicionalmente, las fallas de bajo voltaje o sobrevoltaje. La pérdida de una fase es un desbalance extremo.

Proteger por secuencia invertida o inversión de fases, se requerirá dependiendo del tipo de aplicación que desempeñe el motor.

Es necesario tener en cuenta que para obtener el desbalance de voltaje, la protección debe de supervisar las tres fases y procesar sus valores de voltaje.

De allí que la diferencia en costos con una protección que incluya todas las fallas de voltaje no es significativa para la cantidad de funciones que realizará.

Seleccionar y utilizar una protección de voltaje para un motor trifásico, no es algo sencillo. Primero que todo, se deben descartar aquellos modelos que no incluyan protección por desbalance de voltaje.

Luego, se partirá de la premisa que el motor estará sobredimensionado de tal manera, que un desbalance hasta el 8% no lo sobrecalentara a niveles peligrosos, aun en presencia de un sobre esfuerzo mecánico. La mayoría de las protecciones por desbalance poseen un valor fijo del máximo permitido del 8%. Si la premisa anterior es inadmisibles, se deberá utilizar una protección que permita ajustar el valor máximo de desbalance permitido. Es importante recordar que un desbalance de voltaje del 5% provocara un aumento de la temperatura del 50% en los arrollados del motor.

Las otras funciones de protección como bajo voltaje y sobrevoltaje, deberán de tener valores permitidos similares a los que especifica el fabricante del motor. La protección por pérdida de una fase estará implícita en la de desbalance. Los dispositivos digitales reportan por separado las fallas de desbalance de voltaje y pérdida de una fase, al igual que el resto de las fallas.

Relés electrónicos de sobrecarga.

Estos dispositivos calculan con tecnología electrónica el calentamiento del motor en función de las corrientes que consume. Cuando el calor llegue al máximo permitido, desenergizarán al motor y lo energizaran nuevamente una vez que se haya enfriado. Algunos están en capacidad de reportar inversión en la secuencia de las fases, pero lo hacen con el motor en marcha lo que es particularmente peligroso, sobre todo en aquellos procesos con personal asociado al desempeño del motor. En ausencia de una fase solo actuarán si el motor está en marcha, al igual que los relés térmicos de sobrecarga, calentándose el motor innecesariamente antes de ser desconectado. Estos dispositivos, son incapaces de actuar inmediatamente ante fallas de voltaje asociadas a la red y además que toman solo dos señales de voltaje exclusivamente para energizarse. También es importante destacar, que la mayoría de estos dispositivos no poseen memoria térmica y de presentarse una falla completa del suministro eléctrico, mientras el relé este enfriando al motor, la información del calor remanente en el motor se perderá y una vez desaparecida la falla de voltaje el motor arrancara con una temperatura interna elevada.

Relés Integrales de Protección de Motores Eléctricos.

Estos avanzados dispositivos integran la protección contra sobrecarga y fallas de voltaje en un solo elemento. Están contruidos sobre la base de microcontroladores y supervisan constantemente los valores de las tres corrientes del motor y de los tres voltajes de red. Al ocurrir una sobrecarga, desenergizarán al motor y la reconectaran una vez se haya enfriado. Para el cálculo real del calentamiento del motor, utilizan los valores de las tres corrientes y del desbalance de voltaje. De esta manera, obtienen el calor en exceso que adiciona la presencia del desbalance de voltaje y protegerán de manera precisa al motor. Su alta capacidad de procesamiento, les permite distinguir si un contacto del contactor o alguna parte del conexionado que energiza al motor, presentan alguna alteración que deje al motor operando con dos fases y de ser así lo desconectaran inmediatamente, evitando el sobrecalentamiento innecesario del mismo. Ante fallas de voltaje, desconectaran al motor y no permitirán su arranque hasta que las condiciones en la red sean las adecuadas.

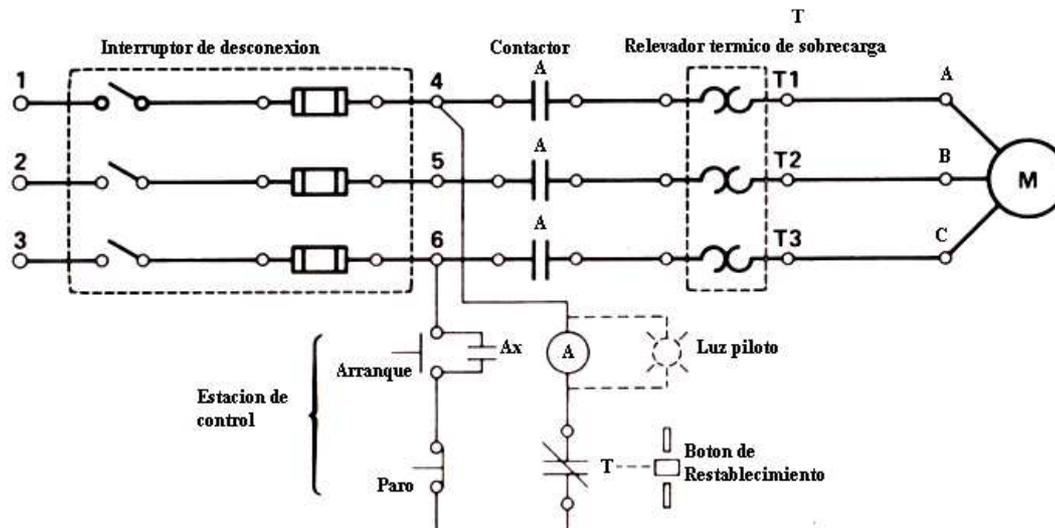
Adicionalmente, estos dispositivos ofrecen la función de parada definitiva por fallas sucesivas, prestación que evita que el motor este constantemente arrancando y parándose de manera indefinida ante una sobrecarga sostenida. A diferencia de los Relés Electrónicos de Sobrecarga, los Relés Integrales de Protección si poseen memoria térmica. Esta característica, les permite mantener la información del calor remanente en el motor de encontrarse la protección bajo una ausencia total de energía. En esta condición, estos avanzados dispositivos descuentaran el calor remanente en el motor, de igual manera que ocurra el enfriamiento del motor producto de encontrarse este en reposo.

Relés de Protección Total de Motores Eléctricos.

Al igual que los Relés Integrales de Protección, están contruidos sobre la base de microcontroladores y supervisan constantemente los valores de las tres corrientes del motor y de los tres voltajes de red. Realizan de igual manera las mismas protecciones y otras funciones especiales de protección, tales como arranque con alta carga y detección rápida de rotor trancado. Permiten también, a través de una sonda de medición, obtener la lectura de la temperatura real interna del motor, con lo cual corrigen las desviaciones que puedan existir, debido a la temperatura ambiental, en el cálculo del calor en función de las corrientes de trabajo del motor y del desbalance de voltaje. La gran capacidad de procesamiento de estos dispositivos, permite obtener información tal como el consumo de energía (KW/H), potencia activa (KW), potencia reactiva (KVA), factor de potencia (FP), horas de operación del motor, etc. La mayoría de los productos de este tipo que se ofrecen en el mercado, permiten el ajuste de todos los parámetros de protección y tiempos de actuación, lo que los hacen los dispositivos de protección más completa y confiable que existen en el mercado.

2.24 DIAGRAMA DE CONEXIÓN PARA EL CONTROL DE UN MOTOR TRIFASICO A TRES HILOS A TENSION PLENA.

Diagrama esquemático de un arrancador magnético trifásico a través de línea.



La Figura anterior hace uso de la simbología americana. Para arrancar el motor primero se cierra el interruptor de desconexión (como puede ser un switch) y luego se oprime el botón de arranque. La bobina A se energiza de inmediato y hace que los contactos A y Ax se cierren. El voltaje de línea completo aparece a través del motor y la luz piloto se enciende. Cuando se suelta el botón, este regresa a su posición normal, pero la bobina del arrancador permanece excitada porque el contacto auxiliar Ax, ahora está cerrado, se dice que el contacto Ax es un contacto de cierre automático.

Para detener el motor, simplemente se oprime el botón de paro, el cual abre el circuito de la bobina. En el caso de una sobrecarga, la apertura del contacto T produce el mismo efecto.

En ocasiones sucede que un relevador térmico se activa sin ninguna razón aparente. Esta condición puede ocurrir cuando la temperatura ambiente alrededor del arrancador es demasiado alta, pero se puede remediar cambiando de lugar el arrancador o reemplazándolo por otro de mayor capacidad de corriente.

2.25 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN PARA EL CONTROL DE MOTORES TRIFÁSICOS A TENSION REDUCIDA.

Arranque con autotransformador.

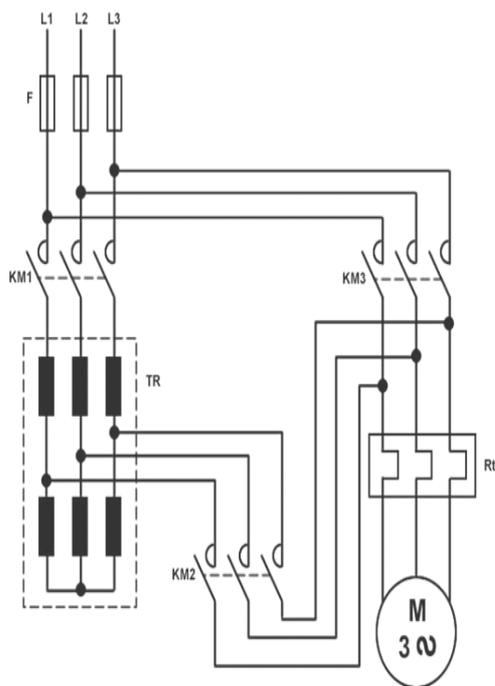


Diagrama de Potencia

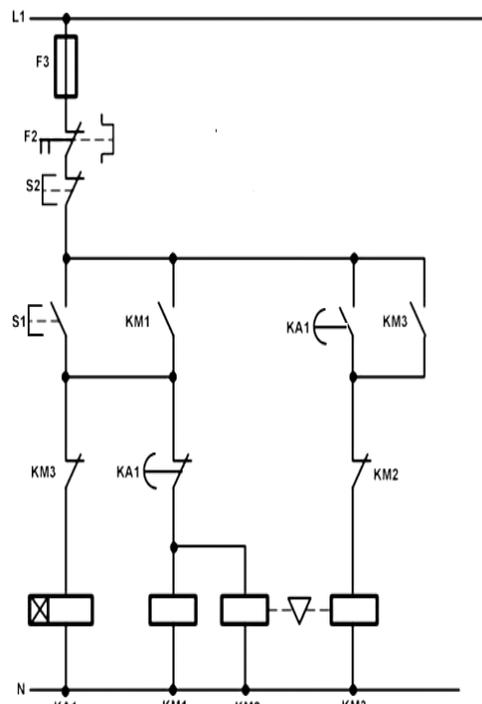


Diagrama de Control

La utilidad de éste tipo de arranque es poder reducir la intensidad durante el arranque, se usa en máquinas donde el par resistente sea bajo.

En donde ambos diagramas hacen uso de simbología europea. El diagrama de control nos da la representación de los tres fusibles mediante (F_3) por el hecho de utilizar un motor trifásico, un relé térmico (F_2) que se utiliza para proteger el motor contra sobrecarga, por lo tanto si accionamos primeramente S_1 se energizara la bobina del temporizador K_{A1} , y las de los contactores K_{M1} y K_{M2} .

Y que posteriormente con la ayuda del temporizador K_{A1} regularemos el tiempo necesario para que cuando el motor se encuentre en los valores nominales, se desconecten K_{M1} , K_{M2} y K_{A1} esto se logra cuando se abre el contacto cerrado de K_{A1} y por lo tanto el abierto se cierra conectándose a su vez la bobina del arrancador K_{M3} , entonces el motor estará en régimen de trabajo habitual a tensión plena.

Nota: La diferencia entre un contactor y un arrancador es que el segundo incluye la protección contra sobrecarga. Además los contactores se usan por lo tanto, para interrumpir corrientes elevadas sin carga de motores y si se usan con estas la protección de sobrecarga deberá proporcionarse separadamente.

Así como también en el diagrama se representa que entre K_{M2} y K_{M3} (bobinas), está representado el enclavamiento mecánico (el cual no deja entrar una bobina mientras esta energizada la otra) dibujado con un triángulo pequeño que une las dos bobinas. En cambio, si deseamos detener el motor, solo tenemos que accionar el pulsador S_2 . La letra N representa el neutro lo que quiere decir que las bobinas del arrancador K_{M3} , de los contactores (K_{M1} , K_{M2}) y del temporizador (K_{A1}) se energizan con 127 Volts.

ARRANQUE EN ESTRELLA-DELTA.

(Solo para motores de 6 puntas)

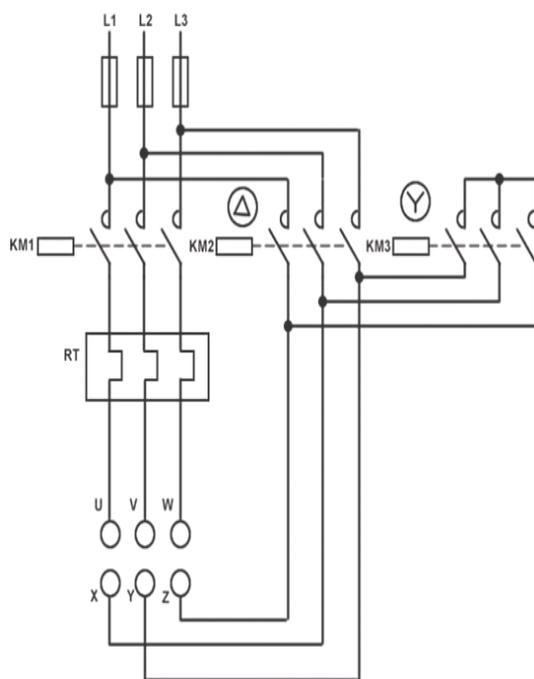


Diagrama de Potencia

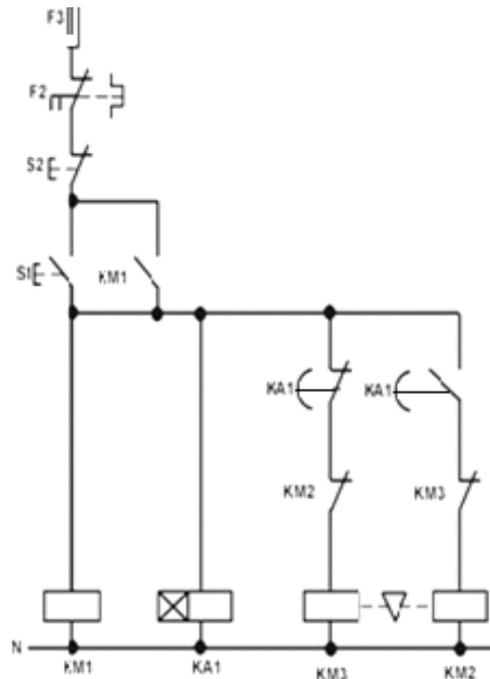


Diagrama de Control

En donde ambos diagramas hacen uso de simbología europea. Por otra parte el diagrama de control nos da la representación de los tres fusibles mediante (F_3) porque se utilizan las tres fases para alimentar al motor, un relé térmico (F_2) que se utiliza para proteger el motor, dos contactores (K_{M2} , K_{M3}) y un arrancador (K_{M1}). Además, si comparamos los dos diagramas, veremos que el de control incorpora un temporizador (K_{A1}) y dos botones pulsadores (S_1 , S_2). Así como también entre las bobinas K_{M2} y K_{M3} está representado el enclavamiento mecánico (el cual no deja entrar una bobina mientras esta energizada la otra), no es obligatorio dibujarlo, porque un poco más arriba está representado el enclavamiento eléctrico que son los dos contactos que están inmediatamente después de los contactos de K_{A1} .

Si pulsamos sobre S_1 tenemos la conexión en estrella, porque se energizan las bobinas K_{M1} , K_{M3} y K_{A1} . Transcurrido un tiempo, pasamos a la conexión en triángulo por medio del temporizador K_{A1} con ayuda de sus contactos, por lo tanto se energiza K_{M2} y se desenergiza

K_{M3} . En donde el temporizador debe activarse cuando se alcance el 80% de la velocidad nominal del motor.

Mientras que si pulsamos S_2 se para el automáticamente el motor.

ARRANQUE CON RESISTENCIAS:

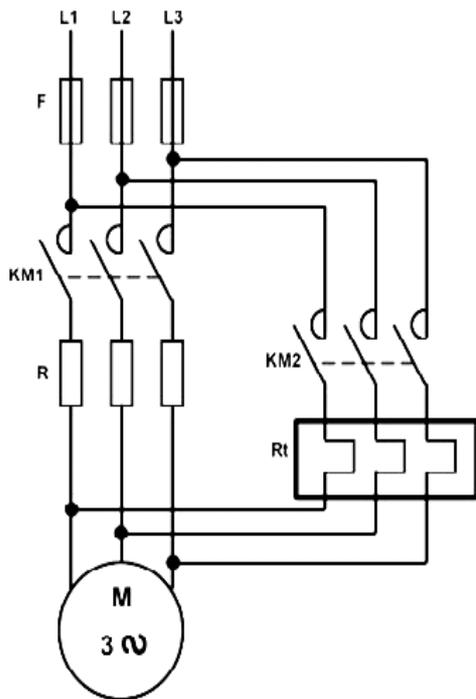


Diagrama de Potencia

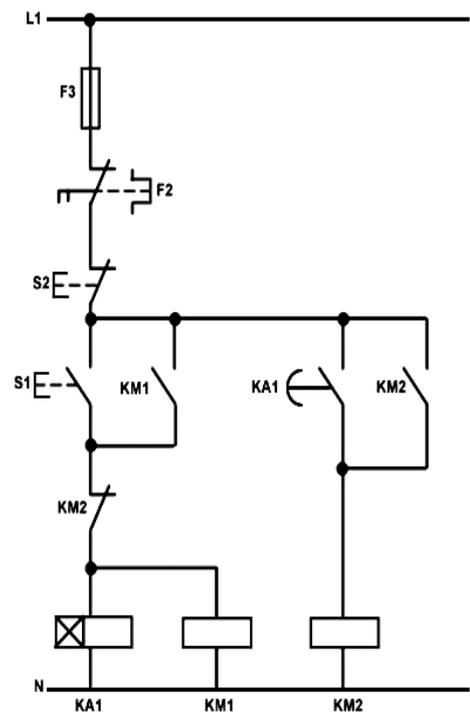


Diagrama de Control

Ambos diagramas hacen uso de simbología europea. El diagrama de control nos da la representación de los tres fusibles (F_3), un relé térmico (F_2), dos botones pulsadores (S_1 , S_2), un temporizador (K_{A1}), un contactor (K_{M1}) y un arrancador (K_{M2}).

En el diagrama de potencia se puede ver la representación de las resistencias (R). En donde no se pueden representar en el diagrama de la derecha porque no son un elemento de control, además, todo el diagrama de control es precisamente para controlar dichas resistencias.

Al pulsar sobre S_1 , se energizan las bobinas K_{M1} y K_{A1} . Transcurrido un tiempo el contacto abierto de K_{A1} se cierra y de inmediato se energiza la bobina K_{M2} y a su vez K_{M1} se desenergiza junto con K_{A1} .

Mientras que si pulsamos S_2 se para el motor.

2.26 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN PARA MOTORES TRIFASICOS CON ARRANCADORES REVERSIBLES.

En la industria existen necesidades de inversión de giro en muy diversa maquinaria desde inversiones instantáneas hasta inversiones en sistema de frenado. Y como para invertir la rotación de un motor solo se requiere la inversión de 2 hilos, por lo cual es relativamente

simple. En el caso de los motores trifásicos la inversión implica la posibilidad de un corto circuito por lo cual se han desarrollado formas para evitarlo.

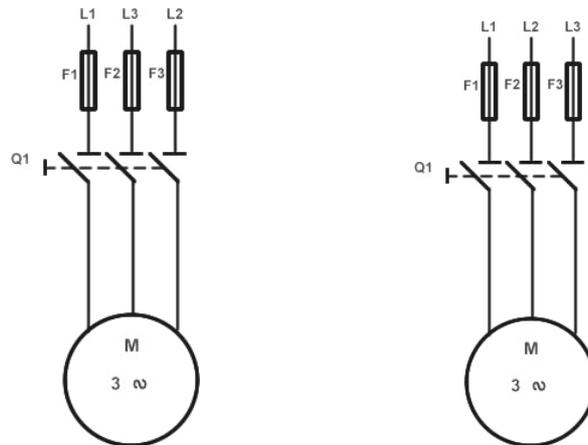
Como puede ser por:

Enclavamiento: Es un sistema que permite solo una operación entre varias dejando inhabilitadas las otras.

Todos los arrancadores reversibles cuentan con 2 tipos de enclavamiento al menos que son:

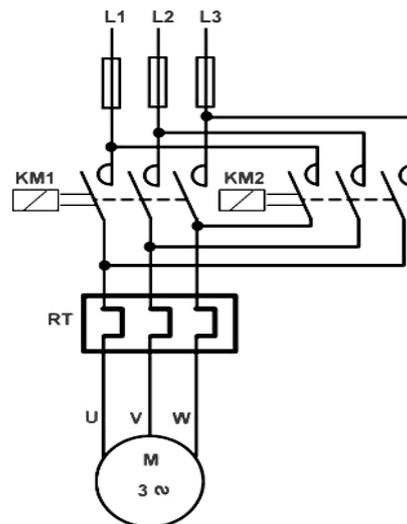
- a) Mecánico
- b) Contactos
- c) Botones

Cambio de giro en motores trifásicos:



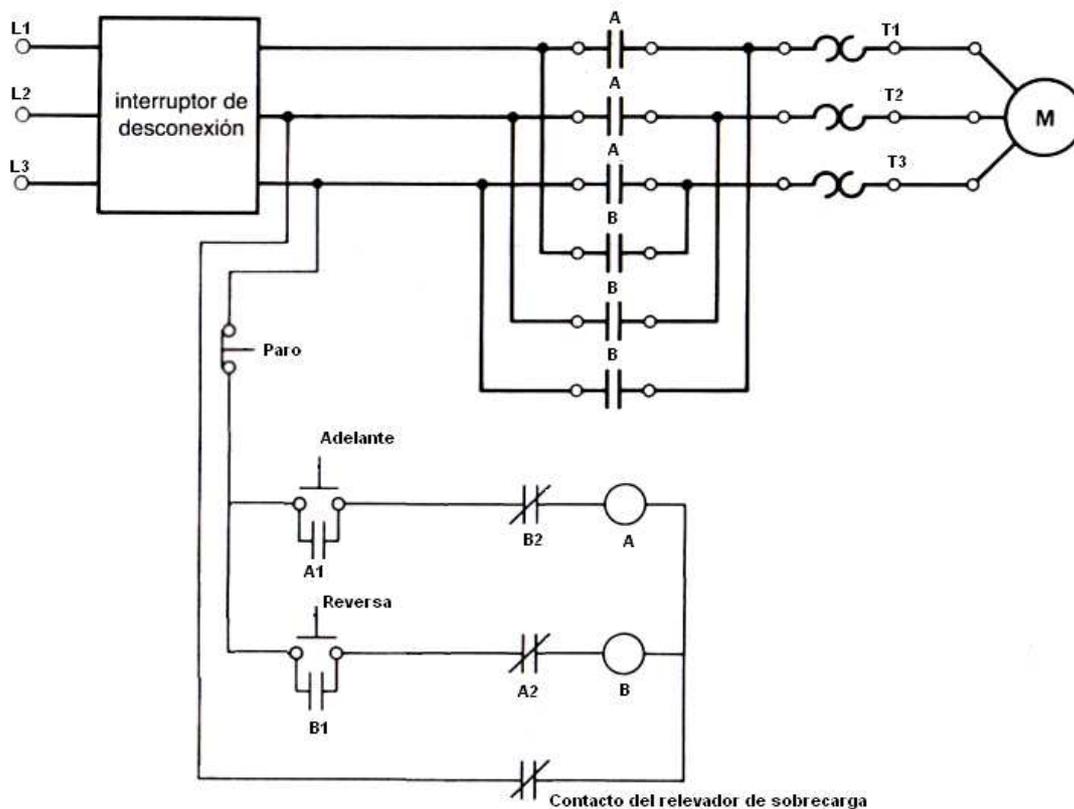
Como se observa en los dos circuitos, vemos como dos líneas están cambiadas (L₂ por L₃), de esta forma se consigue un cambio de giro del motor.

Tanto el circuito de la izquierda como el de la derecha, están formados por fusibles en cada una de las fases y un interruptor.



Con el circuito anterior conseguimos hacer un cambio de sentido de giro automático. En donde el circuito esta formado por un fusible en cada fase, un relé térmico contra sobrecarga (RT), un arrancador (K_{M1}) y un contactor (K_{M2}) que efectúan el cambio de giro. Si observamos el circuito con detenimiento, nos daremos cuenta de que las fases que se están intercambiando son L1 y L3. Sin embargo podemos intercambiar cualquier par de fases.

DIAGRAMA DE UN CONTROL REVERSIBLE CON ENCLAVAMIENTO POR CONTACTOS:



La Figura anterior hace uso de la simbología americana. Lo primero que tenemos que observar es que dos líneas están intercambiadas gracias a los contactos de B. Al accionar el botón de arranque (Adelante) se energiza la bobina A por lo que el contacto A1 se cierra y A2 se abre con la finalidad de que la bobina B no sea energizada y de esta manera gira el motor en un sentido. Mientras que si pulsamos el botón de arranque (Reversa) se energiza la bobina B y el contacto B1 se cierra y B2 se abre en donde este no permite energizar a la bobina A, entonces el motor gira hacia el otro sentido. El paro del motor se logra pulsando el botón de paro.

CAPITULO 3.
METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACION ELECTRICA.

En esta sección se presentan los 4 sistemas comúnmente utilizados en el diseño de instalaciones eléctricas, se presenta el análisis para determinar el calibre de los conductores empleados y los usos de cada uno de estos sistemas.

3.1 APLICACIÓN Y ANALISIS PARA SISTEMAS MONOFASICOS A DOS HILOS Y TRES HILOS.

Sistema monofásico a dos hilos.

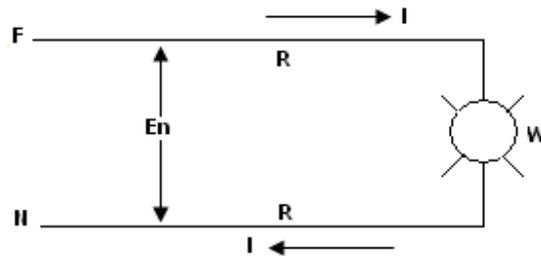


Figura 3.1 Sistema monofásico a dos hilos (1Φ – 2H).

Si queremos calcular la potencia real de un sistema la formula (3.1) no es suficiente, ya que solo nos da la potencia aparente o de línea y la potencia real siempre y cuando se tenga en el circuito carga 100% resistiva.

$$W = E I \tag{3.1}$$

Donde:

- W = Potencia
- E = Voltaje
- I = Corriente

Con el fin de tener una formula general, que abarquen combinaciones de los tres tipos de cargas eléctricas (resistiva, inductiva y capacitiva) a la formula (3.1) le agregaremos el factor de potencia, matemáticamente expresado como $\text{Cos } \theta$. Entonces la formula para la potencia es:

$$W = E_n I \text{ Cos } \theta \tag{3.2}$$

La corriente por conductor se encuentra despejando I de la ecuación (3.2) obteniéndose la ecuación (3.3)

$$I = \frac{W}{E_n \text{ Cos } \theta} \tag{3.3}$$

También es importante determinar la caída de tensión entre fase y neutro (e). Entonces para este sistema se determina mediante la ecuación (3.7)

$$e = 2 RI \text{ (por ser ida y retorno)} \quad (3.4)$$

$$e = 2 \left(\rho \frac{L}{S} \right) I \quad (3.5)$$

$$e = 2 \left(\frac{1}{50 S} \right) L I \quad (3.6)$$

$$e = \frac{L I}{25 S} \quad (3.7)$$

Donde:

ρ = Resistividad del cobre

$\rho = 1/58$ a 20°C de temperatura ambiente

$\rho = 1/50$ a 60°C de temperatura ambiente, se considera este valor de temperatura ambiente dando con ello un alto factor de seguridad

e = Caída de tensión entre fase y neutro.

R = Resistencia.

L = Distancia expresada en metros desde la toma de corriente (subestación eléctrica, interruptor general, tablero de control, tablero de distribución, etc.), hasta el centro de carga; conocida como distancia al centro de carga.

S = Área del conductor expresada en mm²

E_n = Voltaje entre Fase y Neutro (127 V).

La caída de voltaje en tanto por ciento ($e\%$) se calcula utilizando la siguiente formula:

$$e \% = e \frac{100}{E_n} = \frac{L I}{25 S} \frac{100}{E_n} = \frac{4 L I}{S E_n} \quad (3.8)$$

Nota: $100/E_n$, representa la caída de tensión en tanto por ciento para sistemas monofásicos.

Habiendo determinado la caída de voltaje en tanto por ciento se puede calcular el calibre mínimo de cada uno de los conductores, utilizando la ecuación (3.9). En este tipo de sistema los cables serán del mismo calibre ya que ambos tienen que soportar la misma circulación de corriente.

$$S = \frac{4 L I}{E_n e \%} \quad (3.9)$$

Aplicación.

Se utilizan en instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos (para pequeños aparatos), cuando todas las cargas parciales son monofásicas y la carga total instalada no es mayor de 4000 Watts (tomando en cuenta el factor de utilización).

Cada circuito derivado de alumbrado y contactos sencillos (para aparatos pequeños), alimentados con un hilo de corriente y un hilo neutro, considerar una carga efectiva no mayor a 1500 Watts.

Sistema monofásico a tres hilos.

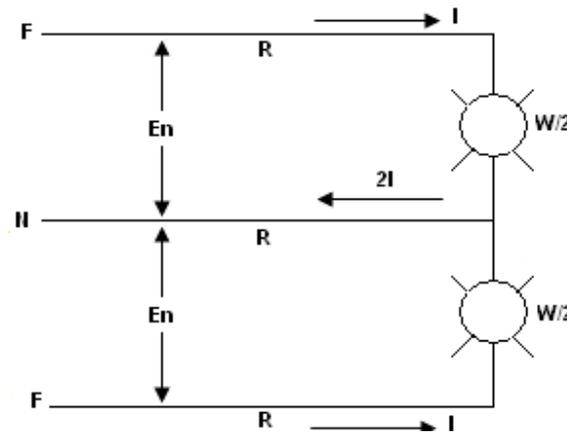


Figura 3.2 Sistema monofásico a tres hilos (2Φ – 3H).

Al observar detenidamente al diagrama anterior, se puede llegar a la conclusión que realmente el sistema monofásico a tres hilos es igual a dos sistemas monofásicos a dos hilos. Entonces la potencia se puede calcular como:

$$W = 2 E_n I \cos \theta \quad (3.10)$$

Y la corriente que circula por cada una de las fases se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$I = \frac{W}{2 E_n \cos \theta} \quad (3.11)$$

Como la carga total conectada en realidad se reparte en dos sistemas monofásicos a dos hilos, la corriente y en consecuencia la caída de tensión es exactamente la mitad con respecto al sistema elemental de fase y neutro.

$$e = RI = \rho \frac{L}{S} I = \frac{1}{50} \frac{L}{S} I = \frac{L I}{50S} \quad (3.12)$$

$$e\% = e \frac{100}{E_n} = \frac{L I}{50S} \frac{100}{E_n} = \frac{2 L I}{S E_n} \quad (3.13)$$

Y el calibre del conductor será:

$$S = \frac{2LI}{\text{En e\%}} \quad (3.14)$$

Como se trata de un sistema que en realidad es difícil de balancear 100%, en un momento dado el neutro trabaja como fase o hilo de corriente, transportando 1.4142 veces la corriente eficaz por fase. Por lo anterior, es recomendable que cuando se trabajen dos fases con neutro común, al neutro se le considere mayor área que a los hilos de corriente por lo menos en un calibre.

Para entender mejor lo anterior, hay que tener presente que los aparatos de medición de corriente alterna (C.A.) no indican valores máximos ni valores promedios de las ondas sinusoidales de tensión, corriente o potencia, sino que indican valores eficaces. Los cuales se calculan como 0.7071 del valor máximo, por lo tanto, $0.7071 \times 2 = 1.4142$.

Aplicación.

Se utiliza en instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos (para aparatos pequeños), cuando todas las cargas son monofásicas y la carga total instalada es superior a 4000 *Watts* pero que no sobrepase los 8000 *Watts*. Cuyo valor multiplicado por el factor de demanda promedio de 0.7, entonces se obtiene una demanda máxima aproximada de $8000 \times 0.7 = 5600$ *Watts*, que repartida en dos circuitos derivados corresponden a 2800 *Watts* a cada uno.

3.2 APLICACIÓN Y ANALISIS PARA SISTEMAS TRIFASICOS A TRES HILOS Y CUATRO HILOS.

Sistema trifásico a tres hilos

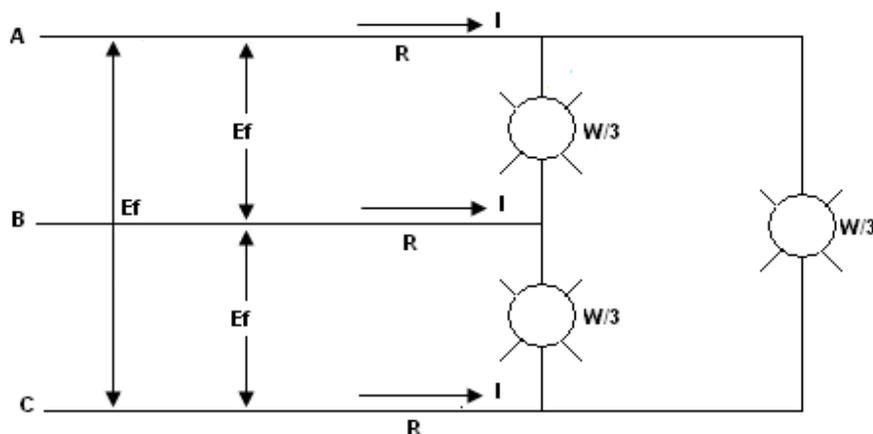


Figura 2.3 Sistema trifásico a tres hilos ($3\Phi - 3H$).

Para este sistema trifásico la potencia y la corriente se calculan utilizando las siguientes dos formulas respectivamente:

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos\theta \quad (3.15)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos\theta} \quad (3.16)$$

E_f = Voltaje entre una fase con respecto a otra (220V).

Este sistema se aplica cuando todas las cargas parciales son trifásicas y puede ser dividido en dos casos específicos.

Caso 1:

Cuando las cargas parciales son 100% resistivas como resistencias de secadores, hornos eléctricos, en donde el factor de potencia o $\cos\theta = 1$. Para este caso las formulas de la potencia y la corriente son:

$$W = \sqrt{3} E_f I \quad (3.17)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f} \quad (3.18)$$

Caso 2:

Cuando las cargas parciales son inductivas como motores eléctricos en su generalidad y dispositivos o equipos que utilicen bobinas, hay necesidad de incluir el factor de potencia o $\cos\theta$, la eficiencia N promedio de los motores, cuyo valor nunca es superior a 0.9. Para este sistema trifásico la potencia y la corriente se calculan utilizando las siguientes dos formulas respectivamente:

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos\theta N \quad (3.19)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos\theta N} \quad (3.20)$$

Para un sistema trifásico a tres hilos se tiene que la corriente de línea se obtiene de acuerdo a la relación (3.21). En consecuencia, las ecuaciones de la caída de tensión entre fases se calculan según la ecuación (3.22).

Si:

$$I_L = I_{FASE} \sqrt{3} \quad (3.21)$$

$$e_f = R (I \sqrt{3}) = \sqrt{3} RI = \sqrt{3} \rho \frac{L}{S} I = \sqrt{3} \frac{1}{50} \frac{L}{S} I = \frac{\sqrt{3} L I}{50 S} \quad (3.22)$$

Donde:

e_f Caída de tensión entre fases.

La caída de tensión en tanto por ciento se calcula como:

$$e\% = \frac{e_f 100}{E_f} = \frac{\sqrt{3} L I}{50 S} \frac{100}{E_f} = \frac{2 \sqrt{3} L I}{S E_f} \quad (3.23)$$

Nota: $100/E_f$ representa la caída de tensión en tanto por ciento para sistemas trifásicos.

Entonces:

$$S = \frac{2 \sqrt{3} L I}{E_f e\%}; \text{ pero } E_f = \sqrt{3} E_n$$

Por lo tanto:

$$S = \frac{2 \sqrt{3} L I}{\sqrt{3} E_n e\%} = \frac{2 L I}{E_n e\%} \quad (3.24)$$

Este sistema de 3 fases a 3 hilos es balanceado, por lo que se considera exactamente la misma corriente por conductor.

Aplicación.

Este sistema se utiliza en los siguientes casos:

- En instalaciones eléctricas en las que se dispone únicamente de cargas trifásicas, independientemente de la carga total instalada.
- En alimentaciones generales o derivados que proporcionan la energía eléctrica a cargas trifásicas.
- Para suministrar energía a instalaciones eléctricas con servicio o contrato de alta tensión.
- En redes de distribución primaria a tensiones de 13,200 o 20,000 *Volts* entre fases.
- En líneas de transmisión a tensiones entre fases mayores de 20,000 *Volts*.

Sistema Trifásico a cuatro hilos

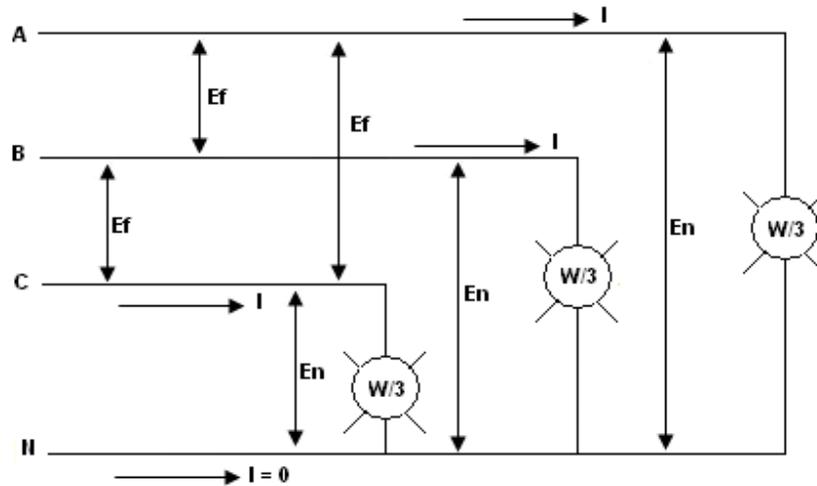


Figura 2.4 Sistema trifásico a cuatro hilos (3Φ – 4H).

Tratándose de un sistema trifásico a cuatro hilos que se considera 100% balanceado, en el neutro se toma una intensidad de corriente igual a cero $I_n=0$, además, si se analiza la figura se puede observar que realmente son 3 sistemas monofásicos a dos hilos. Entonces la potencia y la corriente se calculan de acuerdo a las ecuaciones (3.25) y (3.26) respectivamente.

$$W = 3 E_n I \cos \theta = \sqrt{3} E_f I \cos \theta \quad (3.25)$$

$$I = \frac{W}{3 E_n \cos \theta} = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \theta} \quad (3.26)$$

Cuando se tienen cargas de alumbrado y contactos, motores monofásicos y trifásicos, en las formulas (3.25) y (3.26) se debe hacer intervenir la eficiencia N , considerando un máximo valor promedio de $N = 0.85$ o menor, el cual estará determinado por las características de las cargas parciales.

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos \theta N \quad (3.27)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \theta N} \quad (3.28)$$

Nota: Cuando no se da el factor de potencia o $\cos \theta$ como dato se supone normalmente un valor de 0.85, ya que en ningún caso la carga total instalada es puramente resistiva.

Calculando las caídas de tensión:

$$e_f = \frac{\sqrt{3} L I}{50 S} \quad (\text{de la expresión 3.22}) \quad (3.29)$$

$$e\% = \frac{100}{E_f} e_f = \frac{100}{E_f} \frac{\sqrt{3} L I}{50 S} = \frac{2\sqrt{3} L I}{E_f S} \quad (3.30)$$

Pero como E_f es igual a E_n multiplicado por la raíz de 3, entonces:

$$e\% = \frac{2\sqrt{3} L I}{\sqrt{3} E_n S} = \frac{2 L I}{E_n S} \quad (3.31)$$

Finalmente el diámetro del conductor será:

$$S = \frac{2 L I}{E_n e\%} \quad (3.32)$$

Aplicación.

Este tipo de sistema se utiliza en los siguientes casos:

- En instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos, cuando todas las cargas parciales son monofásicas y la total instalada es mayor de 8000 *Watts*.
- Cuando se tienen tanto cargas monofásicas como cargas trifásicas, independientemente del valor de la carga total instalada.
- En redes de distribución secundarias a tensiones de 220 *Volts* entre fases y de 127 entre fase y neutro, este último valor comercialmente conocido como 110 *Volts*.

3.3 RESOLUCION DE PROBLEMAS PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES ELECTRICOS POR CORRIENTE.

Nota: Para la resolución de los siguientes ejemplos se hace uso de las Tablas del apartado 2.20.

Ejemplo 1.

Calcular la corriente, calibre de los conductores eléctricos (alambres) con aislamiento tipo TW y diámetro de la tubería conduit pared delgada para instalar los alimentadores generales, si en una instalación eléctrica se tiene una carga total instalada de 3400 Watts, resultado de sumar solo cargas parciales monofásicas (alumbrado y contactos).

Datos:

W = 3400 Watts

En = 127 Volts

Como se puede observar el problema nos habla de cargas monofásicas y la suma total no sobrepasa el valor de 4000 watts, el sistema escogido es un monofásico a dos hilos de acuerdo al análisis visto anteriormente. Por lo tanto se utilizaran las formulas establecidas en el sistema (1Φ – 2H):

Cuando no se da el factor de potencia o $\cos \theta$ como dato, se supone un valor que normalmente varia de 0.85 a 0.90 ya que en ningún caso la carga total instalada es puramente resistiva (en este caso utilizaremos 0.85).

$$I = \frac{W}{E_n \cos \theta} = \frac{3400 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.85)} = 31.50 \text{ A}$$

Como en ninguna instalación eléctrica utilizamos la carga total instalada en forma simultanea, es decir no todo va a estar funcionando o encendido al mismo tiempo, es aplicable un factor de utilización o factor de demanda (F.U.) que varia de 0.6 a 0.9 (del 60 al 90%), para este caso en que no se especifica si se trata de una casa habitación comercio u oficinas, se aplicara un factor de demanda de 0.7. En consecuencia, al multiplicar la corriente calculada por 0.70, se obtiene la corriente máxima efectiva, conocida como corriente corregida I_c .

$$I_c = (31.50 \text{ A}) (0.70) = 22.05 \text{ A}$$

Ahora procedemos a utilizar las tablas ya establecidas y observamos que para una corriente de 22.05 A, se necesitan conductores eléctricos con aislamiento tipo TW calibre # 10 que transportan hasta 30 A de acuerdo a la Tabla 2 a una temperatura ambiente de 30 °C.

Y como nuestro sistema es a dos hilos los dos conductores sólidos calibre # 10 con todo y aislamiento tipo TW ocupan un área total de 31.4mm² (ya que cada conductor tiene un área

de 15.7mm^2) según la Tabla 1.1 que muestra las dimensiones de conductores eléctricos (alambres) de cobre con aislamiento THW.

Tomando en consideración el factor de relleno de los tubos conduit (40% de su área interior) según la Tabla 5 de diámetros y áreas interiores, dos conductores calibre # 10 deben alojarse en tubería conduit pared delgada de 13 mm. de diámetro ya que de esta pueden ocuparse hasta 78mm^2 .

Ejemplo 2.

Calcular la corriente, el calibre de los conductores eléctricos (alambres) con aislamiento THW y el diámetro de la tubería conduit en que deben ser alojados los alimentadores generales, si se tiene una carga total instalada de 6800 Watts, resultado de sumar solo cargas monofásicas.

Datos:

$$W = 6800 \text{ Watts}$$

$$E_n = 127 \text{ Volts}$$

Después del ejemplo anterior consideramos que:

$$\cos \theta = 0.85$$

$$F.U. = 0.70$$

Si todas las cargas parciales son monofásicas y el valor de la carga total instalada es mayor de 4000 Watts pero no sobrepasa el de 8000 Watts, el sistema elegido es monofásico a tres hilos. Por lo tanto se utilizarán las fórmulas establecidas en el sistema ($2\Phi - 3H$):

$$I = \frac{W}{2 E_n \cos \theta} =$$

$$I = \frac{6800 \text{ W}}{2 (127\text{V}) (0.85)} = 31.50 \text{ A}$$

$$I_c = I \times F.U. = (31.50 \text{ A}) (0.70) = 22.05 \text{ A}$$

Para una corriente efectiva máxima aproximada de 22.5 A es necesario instalar conductores eléctricos con aislamiento tipo THW calibre # 10 como mínimo (Tabla 2) ya que la Norma impide calibres menores al # 10 para alimentadores generales.

Para tres conductores sólidos del calibre # 10 con todo y aislamiento en este caso THW, ocupan un área total de 47.1 mm^2 (ya que cada uno tiene un área de 15.7 mm^2) según la Tabla 1.1 de área de conductores (alambres) de cobre.

Por lo que de la Tabla 5 de diámetros y áreas interiores, tres conductores calibre # 10 deben ir en tubería conduit de 13 mm. de diámetro pared delgada o pared gruesa, pues en ellas pueden ocuparse hasta 78 y 96 mm² respectivamente.

Ejemplo 3

Calcular el calibre de los conductores eléctricos (cables) por corriente con aislamiento tipo TW y el diámetro de la tubería conduit en que deben colocarse los alimentadores generales, para una carga total instalada de 8700 Watts, resultado de sumar solo cargas trifásicas.

Datos:

$$W = 8700 \text{ Watts}$$

$$E_f = 220 \text{ Volts}$$

Consideramos que:

$$\text{Cos } \theta = 0.85$$

$$\text{F.U.} = 0.80$$

$$N = 0.80 \text{ (80\%)}$$

Estableciendo que las cargas son trifásicas, el sistema debe ser necesariamente trifásico a tres hilos (3Φ – 3H), por lo tanto se utilizarán las fórmulas previamente establecidas.

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \text{Cos} \theta N} = \frac{8700 \text{ W}}{\sqrt{3} (220\text{V}) (0.85) (0.80)} = 33.58 \text{ A}$$

$$I_c = (33.58 \text{ A}) (0.80) = 26.86 \text{ A.}$$

Para una corriente aproximada de 26.86 A es necesario utilizar conductores eléctricos con aislamiento TW calibre 10 que conducen en condiciones normales hasta 30 Amperes a una temperatura ambiente de 30 °C.

El área de los tres cables calibre # 10 en este caso con aislamiento TW ocupan un área de 49.2 mm² (si cada uno tiene un área de 16.40 mm²) según la Tabla 1.2. Por lo que estos conductores pueden ir alojados en una tubería de 13mm de diámetro pared gruesa o delgada de acuerdo a la Tabla 5.

Ejemplo 4.

Se debe calcular el calibre de conductores eléctricos (cables) por corriente con aislamiento THW, así como el diámetro de la tubería conduit para una carga total instalada de 19000 watts, resultado de sumar solo cargas monofásicas como alumbrado y contactos sencillos.

Como datos tenemos:

$$W = 19000 \text{ Watts}$$

$$E_n = 127 \text{ Volts}$$

$$\cos \theta = 0.85$$

$$F.U. = 0.70$$

Si todas las cargas son monofásicas y observamos que la suma total de la carga sobrepasa 8000 Watts, ahora el sistema a escoger será el trifásico a 4 hilos ($3\Phi - 4H$), por lo tanto utilizamos sus expresiones establecidas:

$$I = \frac{W}{3 E_n \cos \theta} = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \theta}$$

$$I = \frac{19\,000 \text{ W}}{\sqrt{3} (220 \text{ V}) (0.85)} = 58.66 \text{ A}$$

$$I_c = I \times F.U. = (58.66 \text{ A}) (0.70) = 41.062 \text{ A}$$

Para una corriente de 41.062 A de acuerdo a la Tabla 2 se necesitan conductores THW del calibre #8 que transportan en condiciones normales hasta 50 A, a una temperatura ambiente de 30 °C.

Como en los sistemas trifásicos a 4 hilos, son balanceados y por el neutro no circula corriente alguna, por lo que el calibre del conductor para el neutro se disminuye en un calibre, ahora de esta manera tendríamos tres conductores del calibre # 8 para los hilos que llevarán la corriente o fase y otro del calibre # 10 para el neutro.

Por lo que 3 conductores THW del calibre # 8 ocupan un área 89.1 mm^2 (si cada uno tiene un área de 29.70 mm^2) de acuerdo a la Tabla 1.2 para cable y por su parte el del calibre #10 para el neutro ocupa un área de 16.40 mm^2 .

Por lo tanto $89.1 \text{ mm}^2 + 16.40 \text{ mm}^2 = 105.5 \text{ mm}^2$ de área total, entonces de acuerdo a la Tabla 5 podemos ocupar una tubería de pared delgada de 19 mm que puede alojar hasta 142 mm^2 , o bien una de pared gruesa de igual forma de 19 mm que puede alojar hasta 158 mm^2 .

Ejemplo 5.

Calcular el calibre de conductores eléctricos (alambres) con aislamiento TW y el diámetro de la tubería conduit pared delgada, para una línea monofásica a 2 hilos que deben transportar una corriente de 24 Amperes a una temperatura ambiente de 30°C, así como de acuerdo al calibre resultante escoger la protección contra sobrecorriente.

Si tenemos:

$$I = 24 \text{ Amperes}$$

$$E_n = 127 \text{ Volts}$$

$$\cos \theta = 0.85$$

De acuerdo a la Tabla 2, para una corriente de 24 A se necesitan conductores eléctricos con aislamiento THW del calibre # 10 que pueden soportar hasta 30 A.

Y que los dos conductores ocupan un área con todo y aislamiento de 31.4 mm² (ver Tabla 1.1) y tomando en consideración el factor de relleno de los tubos conduit (40% de su área interior) según la Tabla 5 de diámetros y áreas interiores, dos conductores calibre # 10 deben alojarse en tubería conduit pared delgada de 13 mm. de diámetro ya que de esta pueden ocuparse hasta 78mm².

Por otra parte el interruptor de seguridad de acuerdo al calibre de los conductores y al sistema elegido debe ser de 2 X 30 A, los elementos fusibles también serán de 30 A, ya que la Norma Oficial recomienda que la protección contra sobrecorriente, como máximo puede ser de acuerdo a la capacidad promedio mínima de conducción de corriente de los conductores eléctricos para obligar a que la parte más débil sean los elementos fusibles.

La siguiente tabla muestra información de cómo actualmente se establece que de acuerdo a la capacidad mínima promedio de conducción de los conductores, sea la capacidad de los elementos fusibles:

Calibre	Capacidad de Conducción de corriente. (Amperes)	Capacidad de los elementos fusibles o termomagnéticos. (Amperes)
14	15	15
12	20	20
10	30	30
8	40	40
6	55	50
4	70	60

Por lo tanto, en circuitos derivados de alumbrado y contactos, debido a que los contactos son conectados con conductores calibre #10 como mínimo, la protección contra sobrecorriente debe ser de 30 A y que en los circuitos de alumbrado al tenerse hilos de retorno de calibre #12, la protección contra sobrecorriente debe ser como máximo de 20 A.

Ejemplo 6.

Calcular el calibre de los conductores eléctricos (alambres) con aislamiento THW y el diámetro del tubo conduit pared gruesa, en donde deben ir dos líneas trifásicas a tres hilos para conducir una corriente de 90 A por fase considerando una temperatura ambiente de 40 °C.

Para una corriente de 90 Amperes se requieren conductores calibre #2 con aislamiento THW ya que estos pueden transportar 115 A a una temperatura ambiente de 30 ° C. Pero como nuestro ejemplo nos pide que sea para una temperatura ambiente de 40°C con

conductores THW el factor de corrección para esta temperatura es de 0.88 (observar Tabla 2).

Y multiplicando los 115 A que puede transportar nuestro conductor por 0.88 se obtiene 101.2 A. Y como aun multiplicando 115 A por el factor de corrección de temperatura da un valor arriba de 90 A por transportar, es valido utilizar un calibre #2.

Para la resolución de este problema se puede utilizar también la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Corriente por transportar}}{\text{Factor de corrección por temperatura}} = \frac{90 \text{ A}}{0.88} = 102.27 \text{ A}$$

Para conducir 102.27 A en condiciones normales de temperatura (30°C), se necesitan conductores calibre # 2 que tienen una capacidad de corriente de 115 A de acuerdo a la Tabla 2.

Por ser dos líneas trifásicas se necesitan 6 conductores de corriente dentro de una tubería, por lo cual se debe de utilizar en este caso el factor de corrección por agrupamiento de la Tabla 3 de 4 a 6 conductores que tiene un valor del 80%.

Utilizando la capacidad de corriente del calibre del conductor elegido se hace lo siguiente:

$$(115 \text{ A}) (0.8) = 92 \text{ A}$$

Como aun multiplicando los 115 A por 0.8 la corriente resultante es mayor de 90 A, el calibre #2 esta bien elegido.

Para 6 conductores del calibre #2 de acuerdo a la Tabla 1.1 el área total es de 516mm², si cada alambre tiene un área de 86mm². Por lo tanto la tubería conduit de pared gruesa a utilizar es de 38 mm (1 ½) ya que el 40% de su área interior (máxima utilizable) es de 570 mm².

Ejemplo 7.

Calcular el calibre de los conductores eléctricos con aislamiento tipo TW para dos líneas a la intemperie (sin entubar) que van a alimentar a las siguientes cargas puramente resistivas.

a) 2400Watts

b) 5600Watts

Si el F.U. es 0.80

Como las cargas son puramente resistivas $\text{Cos } \theta = 1$

Para el inciso a):

Como vemos una carga de 2400 Watts será alimentada por un sistema (1Φ – 2H).

Utilizando sus formulas:

$$I = \frac{W}{\text{En Cos}\theta} = \frac{2400 \text{ W}}{(127 \text{ V}) (1)} = 18.90 \text{ A}$$

$$I_c = I \times F.U. = (18.90 \text{ A}) (0.80) = 15.12 \text{ A}$$

Para esta corriente se necesitan conductores con calibre #10 de acuerdo a la Tabla 4 ya que de acuerdo a la Norma Oficial impide calibres menores para alimentadores generales.

Si fuera para una línea entubada el calibre sería el mismo.

Para el inciso b):

Como se observa la carga instalada está entre los 4000 Watts y 8000Watts por lo que el sistema elegido es bifásico a tres hilos ($2\Phi - 3H$).

Utilizando sus fórmulas:

$$I = \frac{W}{2 E_n \cos \theta} =$$

$$I = \frac{5600 \text{ W}}{2 (127 \text{ V}) (1)} = 22.05 \text{ A}$$

$$I_c = I \times F.U. = (22.05 \text{ A}) (0.80) = 17.64 \text{ A}$$

Para esta corriente como en el caso anterior se necesitan conductores con calibre #10 de acuerdo a la Tabla 4 ya que de acuerdo a la Norma Oficial impide calibres menores para alimentadores generales.

Ejemplo 8.

Calcular por corriente, los conductores eléctricos (alambres) con aislamiento tipo TW para alimentar una carga total de 19000 Watts resultante de sumar cargas parciales monofásicas y trifásicas conectadas a tensiones de 127 Volts y 220 Volts respectivamente y considerando un factor de potencia $\cos \theta = 0.85$

Al tener cargas monofásicas y trifásicas debemos utilizar para los cálculos las expresiones del sistema trifásico a 4 hilos ($3\Phi - 4H$).

Si consideramos:

$$F.U. = 0.70$$

$$\cos \theta = 0.85$$

$$N = 0.80 \Leftrightarrow (80\%)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \theta N} = \frac{19000 \text{ W}}{\sqrt{3} (220 \text{ V}) (0.85) (0.80)} = 73.33 \text{ A}$$

$$I_c = (73.33 \text{ A}) (0.70) = 51.33 \text{ A.}$$

Para conducir 51.33 A de acuerdo a la Tabla 2 se necesitan conductores TW de calibre #6.

Como en los sistemas trifásicos a 4 hilos, son balanceados por el neutro no circula corriente alguna, por lo que el calibre del conductor para el neutro se disminuye en un calibre, ahora de esta manera tendríamos tres conductores del calibre # 6 para los hilos que llevaran la corriente o fase y otro del calibre # 8 para el neutro.

Por lo que 3 conductores TW del calibre # 6 ocupan un área 140.4 mm^2 (si cada uno tiene un área de 46.8 mm^2) de acuerdo a la Tabla 1.1 para alambres y por su parte el del calibre #8 para el neutro ocupa un área de 28.2 mm^2 .

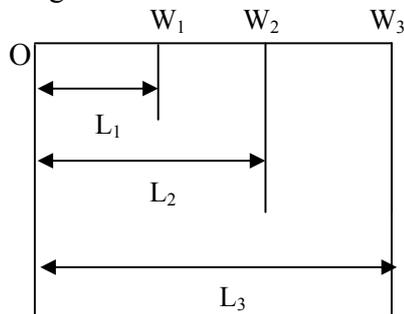
Por lo tanto $140.4 \text{ mm}^2 + 28.2 \text{ mm}^2 = 168.6 \text{ mm}^2$ de área total, entonces de acuerdo a la Tabla 5 podemos ocupar una tubería de pared delgada de 25 mm que puede alojar hasta 220 mm^2 , o bien una de pared gruesa de igual forma de 25 mm que puede alojar hasta 250 mm^2 .

3.4 QUE ES CENTRO DE CARGA Y RESOLUCION DE PROBLEMAS PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES ELECTRICOS POR CAIDA DE TENSION.

Otra forma de calcular el calibre de los conductores eléctricos es a través de caída de tensión, para lo cual se hace uso del concepto distancia al centro de carga que es expresada en metros y se representa con la letra L.

El centro de carga es el lugar o la suma donde están concentradas todas las cargas parciales, este puede calcularse dependiendo de como este distribuida la carga:

Cuando la carga este en un mismo lineamiento es decir:



La letra O nos representa el lugar donde se localiza la toma de energía o tablero de distribución. L_1 , L_2 y L_3 son las distancias a las que se encuentran las cargas W_1 , W_2 y W_3 .

Por lo que la distancia al centro de carga se puede calcular del siguiente modo:

$$L = \frac{L_1 W_1 + L_2 W_2 + L_3 W_3}{W_1 + W_2 + W_3}$$

Como la distancia siempre debe estar representada por metros a la hora de hacer algún cálculo hay que verificar que todas las distancias estén expresadas por esta unidad, si por alguna razón las cargas no estuvieran dadas en Watts sino en H.P. o bien por las intensidades de corriente las distancias al centro de carga se calculan de igual manera.

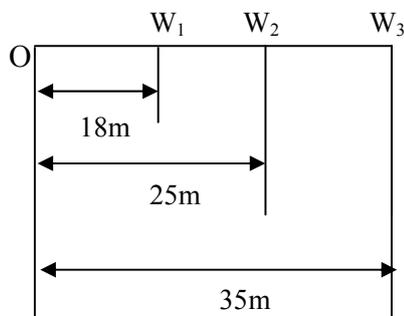
$$L = \frac{L_1 H.P._1 + L_2 H.P._2 + L_3 H.P._3}{H.P._1 + H.P._2 + H.P._3}$$

$$L = \frac{L_1 I_1 + L_2 I_2 + L_3 I_3}{I_1 + I_2 + I_3}$$

Ejemplo:

Calcular la distancia al tablero general para las siguientes cargas parciales conectadas en una misma dirección con respecto a la toma de energía eléctrica.

$$\begin{aligned} W_1 &= 3000 \text{ Watts} & L_1 &= 18 \text{ m} \\ W_2 &= 8000 \text{ Watts} & L_2 &= 25 \text{ m} \\ W_3 &= 1600 \text{ Watts} & L_3 &= 35 \text{ m} \end{aligned}$$



Utilizando la expresión:

$$L = \frac{L_1 W_1 + L_2 W_2 + L_3 W_3}{W_1 + W_2 + W_3}$$

Sustituyendo valores:

$$L = \frac{(18\text{m})(3000\text{W}) + (25\text{m})(8000\text{W}) + (35\text{m})(1600\text{W})}{3000\text{W} + 8000\text{W} + 1600\text{W}} = \frac{31000\text{mW}}{12600\text{W}} = 24.6 \text{ ó } 25\text{m}$$

El resultado anterior nos dice que todas las cargas están concentradas a 24.60 ó 25 metros de la toma de energía eléctrica por lo que con esta distancia podemos hacer el cálculo de conductores eléctricos utilizando las formulas de caída de tensión.

Por otra parte cuando las cargas parciales no se encuentran en una misma dirección o lineamiento, es decir que se encuentran distribuidas sin seguir cierto orden de dirección y distancia con relación a la toma de energía, se tienen que recurrir a un sistema de coordenadas cartesianas para el cálculo del centro de carga.

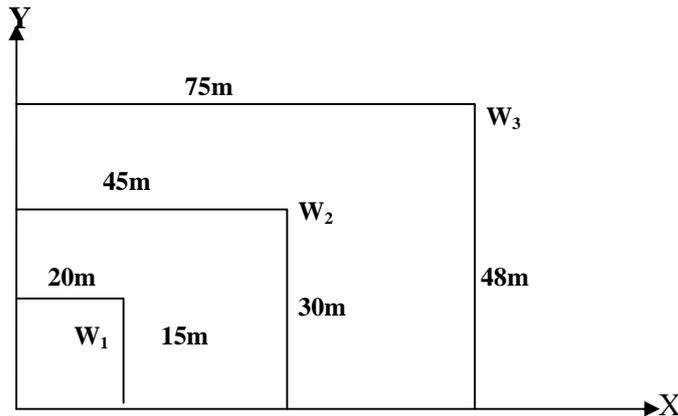
Ejemplo:

En un negocio se tienen tres cargas ubicadas sin tener lineamiento alguno. Calcular la distancia del centro de carga a la toma de energía.

$$W_1 = 3000 \text{ Watts}$$

$$W_2 = 8000 \text{ Watts}$$

$$W_3 = 1600 \text{ Watts}$$



Ahora con respecto a los ejes coordenados:

Se calcula la distancia media con referencia al eje de las YY.

$$L_y = \frac{L_1 W_1 + L_2 W_2 + L_3 W_3}{W_1 + W_2 + W_3}$$

Sustituyendo valores:

$$L_y = \frac{(20\text{m})(3000\text{W}) + (45\text{m})(8000\text{W}) + (75\text{m})(1600\text{W})}{3000\text{W} + 8000\text{W} + 1600\text{W}} = \frac{54000\text{m}\cdot\text{W}}{12600\text{W}} = 42.85 \text{ ó } 43\text{m}$$

Ahora se calcula la distancia media con respecto al eje de las XX.

$$L_x = \frac{L_1 W_1 + L_2 W_2 + L_3 W_3}{W_1 + W_2 + W_3}$$

Sustituyendo valores:

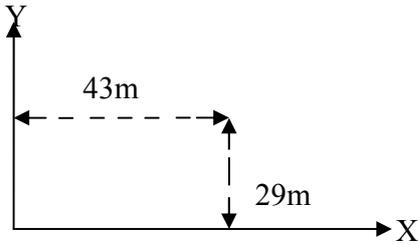
$$L_x = \frac{(15\text{m})(3000\text{W}) + (30\text{m})(8000\text{W}) + (48\text{m})(1600\text{W})}{3000\text{W} + 8000\text{W} + 1600\text{W}} = \frac{36180\text{m}\cdot\text{W}}{12600\text{W}} = 28.71 \text{ ó } 29\text{m}$$

Por lo tanto las coordenadas del centro de carga son:

$$L_y = 43\text{m}$$

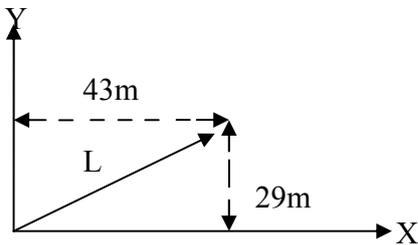
$$L_x = 29\text{m}$$

Dichas coordenadas se representan en el plano cartesiano:



La intersección entre ambas coordenadas es donde se va a ubicar nuestro centro de carga, para esto debemos de cerciorarnos que el lugar donde se va a colocar nuestro tablero de distribución es el adecuado, en caso contrario este se debe de recorrer hacia uno de los muros que en este caso es con respecto al eje de las X.

Para calcular exactamente la distancia desde la toma de energía hasta el centro de carga se hace uso del teorema de Pitágoras:



$$L = \sqrt{43^2 + 29^2} = 52 \text{ m}$$

Por lo tanto la distancia es un promedio con respecto a Y. Así como también el resultado anterior nos dice que todas las cargas están concentradas a 52 metros de la toma de energía eléctrica por lo que con esta distancia podemos hacer el calculo de conductores eléctricos utilizando las formulas de caída de tensión.

Ejemplo 1.

Calcular por corriente y caída de tensión, el calibre de los conductores (cables) para alimentar una carga total de 2600 Watts, que se considera concentrada a 60 metros.

Si establecemos:

$$E_n = 127 \text{ Volts}$$

$$W = 2600 \text{ Watts}$$

$$\text{Cos } \theta = 0.85$$

$e\% = 2$
 $L = 70$ metros
 $F.U. = 0.8$

Observamos que se trata de un sistema ($1\Phi - 2H$).

Por corriente:

$$I = \frac{W}{\text{En Cos}\theta} = \frac{2600 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.85)} = 24.09 \text{ A}$$

$$I_c = (24.09 \text{ A}) (0.8) = 19.272 \text{ A}$$

Observamos la Tabla 2 del apartado 2.20 y deducimos que podemos utilizar un calibre #12 con aislamiento TW o THW pero como la Norma no admite calibres menores a 10 se escoge este.

Por caída de tensión:

$$S = \frac{4 L I_c}{\text{En } e\%} = \frac{(4) (70 \text{ m}) (19.272 \text{ A})}{(127 \text{ V}) (2)} = \frac{5396.16}{254} = 21.24 \text{ mm}^2$$

Comparamos los valores de la Tabla 1.2 con el valor obtenido, si este valor no se encuentra, se escoge el calibre del conductor superior al obtenido en este caso utilizamos un calibre #4 que tiene una sección de 27.24 mm^2 .

Se utiliza el conductor del calibre de mayor área transversal, sin importar el resultado ya sea por corriente o caída de tensión.

Ejemplo 2.

Calcular por corriente y por caída de tensión los conductores eléctricos (alimentadores generales) para una carga total $W = 5200$ Watts que se considera concentrada a 20 metros de la toma de energía.

Si establecemos:
 $E_n = 127$ Volts
 $W = 5200$ Watts
 $\text{Cos } \theta = 0.9$
 $e\% = 1$
 $L = 20$ metros
 $F.U. = 0.8$

Observamos que se trata de un sistema (2Φ – 3H).

Por corriente:

$$I = \frac{W}{2 E_n \cos \theta} =$$

$$I = \frac{5200 \text{ W}}{2 (127 \text{ V}) (0.9)} = 22.75 \text{ A}$$

$$I_c = I \times F.U. = (22.75 \text{ A}) (0.8) = 18.2 \text{ A}$$

Para 18.2 A se pueden ocupar conductores de calibre #12 con aislamiento TW, THW, etc., sin dejar de mencionar la Norma que no permite calibres menores a 10 para alimentadores generales.

Por caída de tensión:

$$S = \frac{2LI_c}{E_n e\%} = \frac{(2) (20\text{m}) (18.2\text{A})}{(127 \text{ V}) (1)} = 5.73 \text{ mm}^2$$

Comparamos los valores de la Tabla 1.2 con el valor obtenido, si este valor no se encuentra, se escoge el calibre del conductor superior al obtenido en este caso utilizamos un calibre #10 que tiene una sección de 6.83 mm².

Como el sistema (2Φ – 3h) es desbalanceado, en un momento dado el neutro trabaja como fase circulando por el 1.4142 veces la corriente por fase, por lo que es aconsejable aumentar el área del neutro común por lo menos un calibre.

Por lo tanto se tendrán:

2 conductores del calibre #10, para las fases.

1 conductor del calibre #8 para el neutro.

OTRA FORMA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSION:

Si por alguna razón no nos acordáramos de las formulas establecidas para caída de tensión en todos los sistemas, o bien porque nos faltan algunos datos, se puede calcular el calibre de dichos conductores tomando en cuenta la resistencia de estos en ohms/km y la corriente por transportar teniendo en consideración la caída de tensión máxima permitida según sea el caso.

La caída de tensión aumenta conforme se incrementa la resistencia de los conductores eléctricos y la corriente que circula en estos, por lo que la caída de tensión se representa como $e = RI$.

Considerando la sección transversal, longitud y resistividad del cobre, por lo anterior la resistencia de los conductores eléctricos esta representada por la formula:

$$R = \rho L/S, \text{ en donde:}$$

La formula anterior nos dice que si aumenta la longitud de los conductores mayor es la resistencia de estos al paso de la corriente por lo que la caída de tensión también aumentaría más sin embargo esta caída de tensión se puede disminuir si se aumentara la sección transversal de los conductores.

Para comprender mejor se pondrán los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1.

Calcular el calibre de los conductores eléctricos de un sistema a dos hilos (1Φ – 2H) para alimentar una carga total de 2754 Watts que esta reunida a 100 metros de la toma de energía.

$$W = 2754 \text{ Watts}$$

$$E_n = 127 \text{ Volts}$$

$$\text{Cos } \theta = 0.9$$

$$e = 2\% \text{ de } E_n$$

$$L = 100 \text{ metros}$$

En donde el 2 % de 127 Volts es 2.54 de acuerdo a la tabla siguiente:

Caída de tensión máximas permitidas de acuerdo a la norma oficial mexicana:

Sistema	Voltajes		
	127	220	440
Alumbrado 3% Alimentadores principales 1%	1.27	2.2	
Circuitos derivados 2%	2.54	4.4	
Fuerza 4% Alimentadores principales 3%		6.6	13.2
Circuitos derivados 1%		2.2	4.4

$$I = \frac{W}{E_n \text{ Cos}\theta} = \frac{2754 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.9)} = 24.09 \text{ A}$$

Se procede al cálculo de la caída de tensión con la siguiente formula:

$$e = R I$$

En donde tenemos los valores siguientes:

$$e = 2.54 \text{ Volts}$$

$$I = 24.09 \text{ A}$$

Por lo que al despejar R de nuestra expresión original quedaría:

$$R = \frac{e}{I} = \frac{2.54 \text{ V}}{24.09 \text{ A}} = 0.105 \text{ ohms}$$

Del resultado anterior nos dice que para tener una caída de tensión de 2.54 volts, se necesita un conductor eléctrico que tenga una resistencia de 0.105 ohms en 100 metros.

Pero como la resistencia de los conductores esta expresada en ohms/km, se calcula para 1 km o 1000 metros para saber a que calibre corresponde, esto se logra haciendo una regla de tres de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ metros} \text{ -----} 0.105 \text{ ohms} \\ 1000 \text{ metros} \text{ -----} \text{¿X?} \end{array}$$

$$X = \frac{(1000 \text{ metros}) (0.105 \text{ ohms})}{100 \text{ metros}} = 1.05 \text{ ohms}$$

Con el valor que se obtuvo se tiene que recurrir a la tabla siguiente:

Resistencia de conductores eléctricos (cables).			
Calibre A.W.G. o M.C.M.	Resistencia Ohms/km a 20 °C	Peso en kg/km con aislamiento THW, TW y Vinanel 900	Peso en kg/km con aislamiento Vinanel Nylon
14	8.45	30	25
12	5.31	43	38
10	3.35	63	60
8	2.06	105	98
6	1.29	170	148
4	0.81	250	237
2	0.51	380	362
0	0.32	600	568
00	0.26	740	706
000	0.20	915	877
0000	0.16	1134	1094
250	0.14	1352	1295
300	0.11	1600	1539

400	0.09	2095	2026
500	0.07	2584	2509

Resistencia de conductores eléctricos (alambres).			
Calibre A.W.G. o M.C.M.	Resistencia Ohms/km a 20 °C	Peso en kg/km con aislamiento THW, TW y Vinanel 900	Peso en kg/km con aislamiento Vinanel Nylon
14	8.28	27	23
12	5.21	40	35
10	3.28	56	50
8	2.06	99	91

En caso de que el valor obtenido no se encuentre en la Tabla anterior, se tiene que elegir el inferior a este, como en nuestro caso se elige el 0.81ohms/km que corresponde al calibre #4 pues este valor es más cercano e inferior a 1.05 ohms/km.

Por consiguiente se corrobora la caída de tensión con este calibre para 100 metros usando otra vez una regla de tres.

1000 metros -----0.81 ohms

100 metros ----- ¿X?

$$X = \frac{(100 \text{ metros}) (0.81 \text{ ohms})}{1000 \text{ metros}} = 0.081 \text{ ohms}$$

Si sabemos que nuestra corriente es $I = 24.09 \text{ A}$, sustituyendo este valor en nuestra expresión de caída de tensión se deduce que:

$$e = R I = (0.081) (24.09) = 1.95 \text{ Volts}$$

Por lo que nuestro resultado es menor que la caída de tensión máxima permitida de 2.54 Volts, por lo que concluimos que un calibre # 4 es correcto.

Ejemplo 2.

Se tiene una carga monofásica a 2 hilos ($(1\Phi - 2h)$) concentrada a 100 metros de la toma de energía, la corriente que circula es de 20 Amperes, si se permite una máxima caída de tensión de 2%, calcular el calibre de los conductores eléctricos.

$$E_n = 127 \text{ Volts}$$

$$I = 20 \text{ Amperes}$$

$$e = 2\% \text{ de } E_n$$

L = 100 metros

En donde el 2% de 127 Volts es igual a 2.54 Volts

Sustituimos los valores que tenemos en la fórmula de caída de tensión:

$$e = RI$$
$$2.54V = (R) (20A)$$

$$R = \frac{2.54V}{20V} = 0.127 \text{ ohms}$$

En donde este resultado representa la resistencia que debe tener cada conductor en 100 metros, ahora como en el ejemplo anterior obtenemos la resistencia en ohms/km para utilizar nuestra tabla y saber a que calibre corresponde:

En 100 metros-----0.127 Ohms
En 1000 metros----- ¿X?

$$X = \frac{(1000 \text{ metros}) (0.127 \text{ ohms})}{100 \text{ metros}} = 1.27 \text{ ohms/km}$$

Con este valor de la resistencia podemos ver en la tabla que debemos emplear un calibre #4 que corresponde a 0.81ohms/km, por lo que ahora comprobamos que la caída de tensión sea menor a 2.54 V que debe ser la máxima permitida.

1000 metros -----0.81 ohms
100 metros ----- ¿X?

$$X = \frac{(100 \text{ metros}) (0.81 \text{ ohms})}{1000 \text{ metros}} = 0.081 \text{ ohms}$$

Si sabemos que nuestra corriente es I = 20 A, sustituyendo este valor en nuestra expresión de caída de tensión se deduce que:

$$e = R I = (0.081\Omega) (20A) = 1.62 \text{ Volts}$$

Como 1.62 Volts es menor a la caída de tensión máxima permitida, el calibre del conductor es el correcto.

3.5 QUE ES UN CIRCUITO DERIVADO.

Circuito derivado.

Un circuito derivado en una instalación eléctrica que se define como el conjunto de conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hasta las salidas de las cargas.

Circuito derivado individual.

Es un circuito derivado que alimenta a un solo equipo de utilización como un aparato o un motor, que por su tamaño requerirá de alimentación individual.

Clasificación de los circuitos derivados.

Los circuitos derivados se clasifican de acuerdo con la capacidad o ajuste de su dispositivo de protección contra sobrecorriente, el cual determina la capacidad nominal del circuito.

Los circuitos derivados que alimentan varias cargas pueden ser de: 15, 20, 30, 40 y 50 amperes. Cuando las cargas individuales son mayores de 50 amperes se debe alimentar con circuitos derivados individuales.

Tensión máxima de los circuitos derivados.

La tensión de los circuitos derivados que alimentan unidades de alumbrado y contactos de uso general no deben ser mayor a 150 volts a tierra. En casas habitación, cuartos de hotel, y locales similares, la tensión de los circuitos derivados que alimentan lámparas incandescentes, contactos y apagadores domésticos y comerciales, (excepto que estén conectados permanentemente) no debe de ser mayor de 150 volts entre conductores.

Carga máxima y uso de circuitos derivados.

La corriente máxima que demanda la carga total conectada a un circuito derivado no debe ser mayor que la capacidad nominal del propio circuito.

Para calcular la carga de equipos de iluminación que utilicen balastro, transformadores o autotransformadores, se debe considerar la corriente total que demanden dichos equipos y no solo la potencia de los mismos, con relación a circuitos derivados se puede mencionar lo siguiente:

- a) Los circuitos derivados de 15 y 20 amperes se pueden usar en cualquier tipo de local para alimentar unidades de alumbrado, aparatos portátiles o fijos o bien para alimentar una combinación de estas cargas.
- b) Los circuitos derivados de 30 amperes se pueden usar para alimentar unidades de alumbrado fijas en locales que no sean casas habitación o aparatos portátiles o fijos en cualquier tipo de local. Los portalámparas que se conecten a estos circuitos derivados deben ser del tipo pesado.
- c) Los circuitos derivados de 40 y 50 amperes se puede usar para alimentar unidades de alumbrado fijas en locales que no sean casas habitación. Se deben usar portalámparas del tipo pesado.

- d) Los circuitos derivados individuales pueden alimentar cualquier tipo de carga en cualquier tipo de local y las cargas individuales mayores de 50 amperes se deben alimentar con circuitos individuales.

Cálculo de carga.

Para determinar la capacidad que deben tener los circuitos derivados se consideran las cargas por conectarse, con los mínimos siguientes:

- *Alumbrado*: Por cada metro cuadrado del área del piso, una carga no menor que la indicada en la tabla siguiente:

La siguiente tabla muestra cargas de alumbrado general por tipo de inmueble:

LUGAR	CARGA RECOMENDADA EN WATTS POR METRO CUADRADO.
ALMACENES MILITARES Y AUDITORIOS	10
BANCOS	35**
BODEGAS O ALMACENES	2.5
CASAS DE HUESPEDES	15
CLUBES O CASINOS	20
EDIFICOS INDUSTRIALES Y COMERCIALES	20
ESCUELAS	30
EDIFICIOS DE OFICINAS	35**
ESTACIONAMIENTOS PUBLICOS	5
HOSPITALES	20
HOTELES Y MOTELES, INCLUYENDO CASA DE APARTAMENTOS SIN COCINA*	20
JUZGADOS	20
IGLESIAS	10
PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA	30
RESTAURANTES	20
TIENDAS	30
UNIDADES DE VIVIENDA*	30
APARADORES DE TIENDAS O COMERCIOS	60 Watts/metro

En cualquiera de las construcciones anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:

- Lugares de reunión y auditorios-----10
- Vestíbulo, pasillos, armarios, escaleras-----5
- Lugares de almacenamiento-----2.5

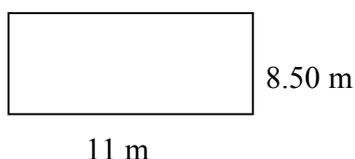
* Todas las salidas para receptáculos de uso general de 20 A nominales o menos, en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los clientes de hoteles y moteles, deben considerarse tomas para alumbrado general y en tales salidas no son necesarios cálculos para cargas adicionales.

** Además debe incluirse una carga unitaria de 10 W/m^2 para las salidas de receptáculos de uso general cuando este tipo de salidas de receptáculos sea desconocido.

Una vez determinada la carga sobre la base de Watts por metro cuadrado; el área del piso deberá calcularse con la superficie cubierta del edificio, apartamento o local de que se trate y el número de pisos, sin incluir pórticos, garajes anexos o casas habitación, ni otros lugares donde se necesite normalmente alumbrado.

Ejemplo:

Si tenemos un departamento individual con una superficie de:



En donde la estimación de la carga de alumbrado se hace sobre el área del departamento que en este caso:

$$A = (8.50 \text{ m}) (11 \text{ m}) = 93.5 \text{ m}^2$$

La carga que se puede conectar se calcula si por ejemplo consideráramos 20 Watts/m^2 :

Por lo tanto:

$$\text{Carga Conectada} = 93.5 \text{ m}^2 \left(20 \frac{\text{Watts}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\text{Carga Conectada} = 1870 \text{ Watts}$$

Circuitos derivados para alumbrado.

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas permiten solo el uso de circuitos derivados de 15 ó 20 Amperes para alimentar unidades de alumbrado con portalámparas estándar. Los circuitos derivados mayores de 20 Amperes se permiten solo para alimentar unidades de alumbrado fijas con portalámparas de uso rudo, es decir los circuitos derivados de más de 20 Amperes no se permiten para alimentar habitaciones unifamiliares o en edificios de departamentos.

Para la solución de cierto tipo de problemas en las instalaciones eléctricas es necesario calcular el número de circuitos derivados que se requieren para alimentar una carga dada. El número de circuitos derivados esta determinado por la carga y se calcula:

$$\text{No. de Circuitos} = \frac{\text{Carga total en Watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en Watts}}$$

Ejemplo:

Calcular el número de circuitos derivados de 20 Amperes a 127 Volts para alimentar una carga total de alumbrado de 60 000 Watts.

Por lo tanto.

Carga total en Watts = 60 000 Watts

Capacidad de cada circuito en Watts = (20 Amperes) (127 Volts) = 2540 Watts

Sustituyendo valores en:

$$\text{No. de Circuitos} = \frac{\text{Carga total en Watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en Watts}}$$

$$\text{No. de Circuitos} = \frac{60\,000 \text{ Watts}}{2540 \text{ Watts}} = 23.62 \text{ ó } 24 \text{ Circuitos}$$

Circuitos derivados para contactos:

Para los contactos de propósito general se especifica una carga de 180 Watts por cada contacto sencillo o múltiple; cuando la carga es continua (aquella cuya corriente eléctrica nominal circule durante tres horas o más) los valores calculados se deben incrementar 25 %, con esto se asegura que no se exceda al 80% de la capacidad del circuito.

En donde la capacidad del circuito derivado debe ser de 15 o 20 amperes por circuito, haciendo uso de la siguiente formula:

$$\text{No. de Circuitos} = \frac{(\text{Número de contactos}) (180 \text{ Watts})}{\text{Capacidad de cada circuito en Watts}}$$

Ejemplo:

Calcular el número de circuitos derivados de 15 Amperes a 127 Volts, si tuviéramos 30 contactos.

La carga de estos es:

(30 contactos) (180 Watts por contacto) = 5400 Watts

Por lo que el número de circuitos para alimentar a los 30 contactos es:

$$\text{No. de Circuitos} = \frac{5400 \text{ Watts}}{(15A) (127V)} = 2.83 \text{ o } 3 \text{ Circuitos}$$

Conductor de circuitos derivados.

Los conductores eléctricos deben tener las condiciones siguientes:

- *Capacidad de conducción:* Serán de calibre suficiente para conducir la corriente del circuito derivado y deberán cumplir con las condiciones de caída de voltaje y capacidad térmica.
- *Sección mínima:* La sección de los conductores no deberá ser menor que la correspondiente al calibre 14, para circuitos de alumbrado y aparatos pequeños, ni menor que la del calibre 12 para circuitos que alimenten aparatos de más de 3 amperes.

Los alambres y cordones pertenecientes a unidades de alumbrado o aparatos y que se usen para conectarlos a las salidas de los circuitos derivados pueden ser de menor sección, siempre que su corriente permitida según sea suficiente para la carga de las unidades o aparatos y que no sean de calibre más delgado que él.

No. 18 cuando se conecten a circuitos derivados de 15 amperes.

No. 16 cuando se conecten a circuitos derivados de 20 amperes.

No. 14 cuando se conecten a circuitos derivados de 30 amperes.

No. 12 cuando se conecten a circuitos derivados de 50 amperes.

Dispositivos de salida.

Los dispositivos de salida de los circuitos derivados deberán cumplir lo siguiente:

- Portalámparas: Deben tener una capacidad no menor que la carga por servir y se recomienda que cuando estén conectados a circuitos derivados con capacidad de 20 Amperes o más, sean del tipo de servicio pesado.
- Contactos: Deben tener una capacidad no menor que la carga por servir y se recomienda que cuando estén conectados en circuitos derivados con dos o más salidas, tengan las siguientes capacidades:

Capacidad del Circuito	Capacidad de los contactos
15 A	No mayor de 15 A
20 A	20 A
30 A	30 A
50 A	50 A

Los contactos conectados a circuitos de más de 150 volts entre conductores deberán ser de una construcción tal, que las clavijas usadas en circuitos de otros voltajes, en los mismos lugares, no pueden insertarse en ellos.

Calibre de los conductores alimentadores.

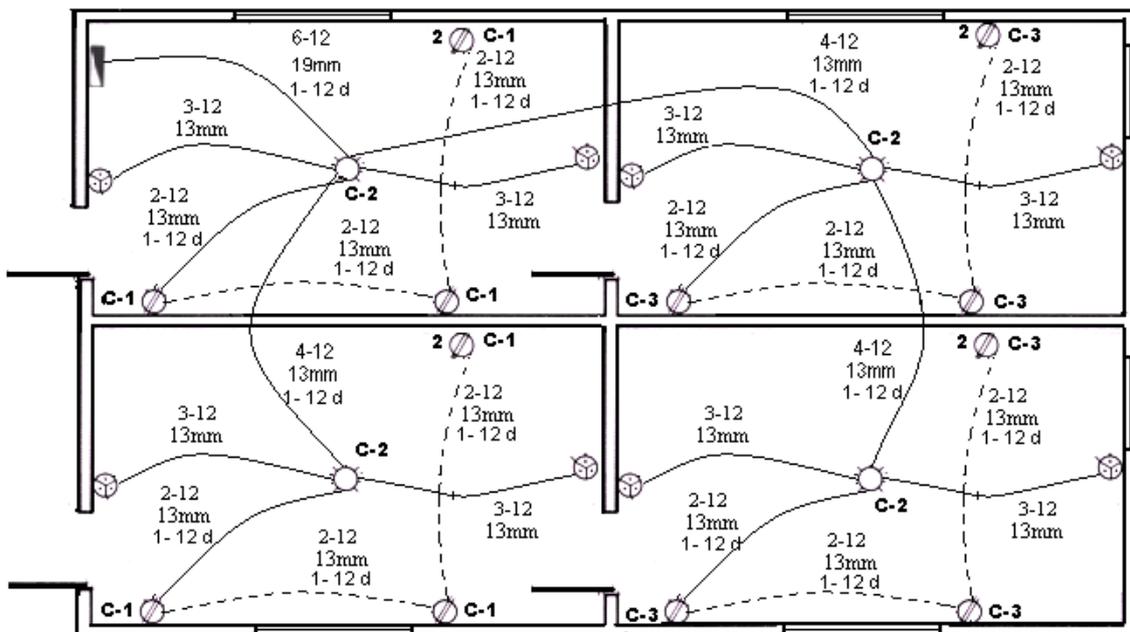
Los conductores alimentadores no deben ser de calibre más delgado que el que corresponda, de acuerdo a la carga por servir. El calibre de los conductores alimentadores no debe ser menor del #10 en los siguientes casos:

- Dos o más circuitos derivados de dos conductores conectados a un alimentador de dos conductores.

- Más de dos circuitos derivados de dos conductores, conectados a un alimentador de tres conductores.
- Dos o más circuitos derivados de tres conductores conectados a un alimentador de tres conductores.
- Dos o más circuitos derivados de cuatro conductores conectados a un alimentador de tres fases, cuatro conductores.

3.6 CALCULO DE LA CARGA EN LOS CIRCUITOS DERIVADOS REPRESENTANDOLO A TRAVES DE UN CUADRO DE CARGAS Y SU DIAGRAMA UNIFILAR.

Para poder entender mejor la forma de representar una instalación eléctrica a través de circuitos derivados se hará uso del siguiente plano de una vivienda para su mejor comprensión:



Lo primero que se debe de hacer es distribuir la carga (contactos y salidas incandescentes de centro) a sus respectivos circuitos derivados, por ejemplo en este caso las salidas incandescentes de centro pertenecen al C-2 y los C-1 y C-3 están conformados de contactos. **Considerando una carga de 180 Watts como mínimo para cada contacto y tomando en cuenta que la carga de cada circuito derivado no debe ser mayor de 1500 Watts ya sea para circuitos de alumbrado o contactos de acuerdo a la Norma Oficial.**

Lo anterior nos ayudara a poder interpretarlo a través de un cuadro de cargas lo cual es muy sencillo como se puede observar, ya que los elementos que pertenecen a cada circuito se representan de manera más clara pues esto nos permitirá conocer la carga total así como la carga de cada circuito, para posteriormente calcular la corriente de cada circuito y la total.

Y de esta manera conocer el calibre de los conductores, las protecciones, tipo de tubería, etc., a utilizar.

CUADRO DE CARGAS:

<i>No. de Circuito</i>	 <i>100 W</i>	 <i>75W</i>	 <i>180W</i>	 <i>180W</i>	<i>Total en Watts</i>	<i>Corriente en Amperes</i>
C-1			4	2	1080	12.1484
C-2	2	2			350	3.937
C-3			4	2	1080	12.1484
Total	2	2	8	4	2510	28.2340

Para el cálculo de la corriente de cada circuito se hace el uso de la siguiente formula:

$$I = \frac{W}{E_n \cos \theta}$$

Si establecemos que:

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

$$\cos \theta = 0.70$$

Por lo que para el C-1 y C-3 la corriente es:

$$I = \frac{W}{E_n \cos \theta} = \frac{1080 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.70)} = 12.1484 \text{ A}$$

Para el C-2:

$$I = \frac{W}{E_n \cos \theta} = \frac{350 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.70)} = 3.937 \text{ A}$$

De los resultados obtenidos anteriormente de la Tabla 2 (Sección 2.20) establecemos que podemos utilizar un conductor eléctrico TW del calibre # 12.

Para la corriente total se toma en cuenta toda la carga instalada $1080 \text{ W} + 350 \text{ W} + 1080 \text{ W} = 2510 \text{ W}$, por lo tanto:

$$I = \frac{W}{E_n \cos \theta} = \frac{2510 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.70)} = 28.2340 \text{ A}$$

En este caso de la Tabla 2 establecemos que podemos utilizar un conductor eléctrico TW del calibre # 10.

Por otra parte el interruptor de seguridad general es escogido de acuerdo al calibre de los conductores de la corriente total y al sistema elegido que en esta ocasión debe ser de $2 \times 30 \text{ A}$, los elementos fusibles también serán de 30 A , ya que la Norma Oficial recomienda que

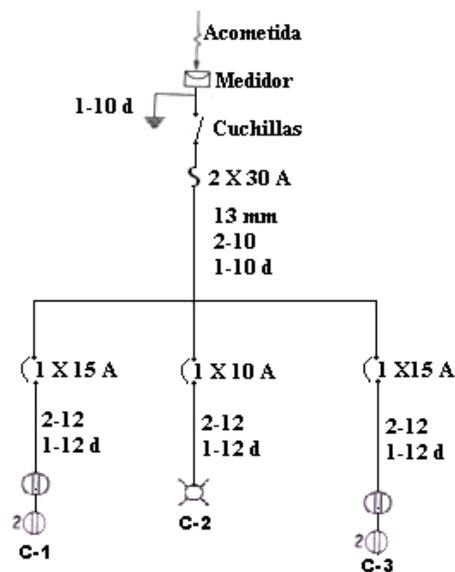
la protección contra sobrecorriente, como máximo puede ser de acuerdo a la capacidad promedio mínima de conducción de corriente de los conductores eléctricos, lo mismo sucede para cada circuito derivado para escoger su respectiva protección.

Para el calculo de la tubería a utilizar se siguió el procedimiento hecho en la sección 3.3 por ejemplo en donde tenemos 3 conductores del calibre #12 y 1 desnudo del mismo calibre, de la Tabla 1.1 deducimos que para los 3 conductores con aislamiento TW ocupan un área de 50.4 mm^2 y de la Tabla 1 de las dimensiones de conductores eléctricos desnudos (alambres) el calibre 12 tiene un área de 16.8 mm^2 , por lo tanto los cuatro conductores ocupan un área de 67.2 mm^2 . Por lo que estos conductores pueden ir alojados en una tubería de 13mm de diámetro pared gruesa o delgada de acuerdo a la Tabla 5.

Nota: El calibre de los conductores se escogió sin tomar en cuenta el Factor de Utilización y por ende las protecciones, por el hecho de tratarse de un ejemplo para la comprensión rápida de manera general, así como también se coloco en el plano que la tubería a utilizar es de 13mm lo cual no era necesario indicarla en la sección que sigue se dará una explicación del porque no.

Por lo tanto lo anterior lo podemos interpretar a través de un diagrama unifilar, la siguiente figura nos muestra la forma de hacerlo, y esta es la base de cómo debe de estar constituido este diagrama según sea el caso correspondiente.

DIAGRAMA UNIFILIAR



Nota: El calibre de nuestra conexión de puesta a tierra, ó alambre desnudo representado con la letra (d) se escogió en base a la corriente del dispositivo de protección o calibre del conductor.

3.7 CARACTERISTICAS DE PLANOS EN BAJA TENSION.

Para la elaboración de planos es necesario conocer las dimensiones del local, la localización del equipo, la localización de las fuentes y el trazo de las canalizaciones eléctricas que en realidad son tubos o ductos que contienen a los conductores eléctricos para eso es necesario ciertos instrumentos de medición como puede ser un flexometro, reglas, escuadras y sobre todo el uso del escalimetro con sus diferentes escalas.

El escalimetro esta formado de modo que su cuerpo tiene hasta 6 medidas de longitud diferentes todas ellas con referencia a la unidad básica o sea el metro, es decir un escalimetro es una pieza que permite que un dibujo pueda ser reducido o amplificado.

Para la ejecución de los planos así como su interpretación es necesario hacer uso de las escalas mediante el escalimetro los cuales tienen ciertas escalas de mayor aplicación por ejemplo para hacer planos menores de 25 metros se emplean escalas de 1:50 o más pequeñas esto con el fin de que el dibujo sea mas grande, para planos mayores de 25 metros y hasta 50 metros se emplean escalas de 1:75 a 1:100 y para planos mayores de 100 metros se pueden emplear escalas de 1: 125 a 1: 250.

El uso del escalimetro al dibujar o al interpretar un plano esta diseñado de tal manera que pueda aumentar o reducir un dibujo y sus escalas son comparadas en función de un metro. Entre las escalas más utilizadas y su relación con el metro se tienen las siguientes en la escala de 1:20 cada centímetro es igual a 0.20 metros en la escala de 1:25 cada centímetro es igual a 0.25 metros, en la escala de 1:50 cada centímetro es igual a 0.50 metros.

Otras:

1:100 cada cm = 1.00 metros

1:125 cada cm = 1.25 metros

1:150 cada cm = 1.50 metros

1:175 cada cm = 1.75 metros

1:200 cada cm = 2.00 metros

1:500 cada cm = 5.00 metros

1:1000 cada cm = 10.00 metros

1:1500 cada cm = 15.00 metros

Requisitos para un plano de baja tensión:

Es necesario entregar 2 copias heliográficas de cada plano, estas deben estar legibles y tener buena presentación, es decir los trazos rectos hechos con regla y los trazos curvos hacerlos de preferencia con una pistola de curvas, la letra del plano debe ser ejecutada con plantilla o con letra de molde, los símbolos usados en el plano estarán incluidos en un cuadro con sus especificaciones completas, en los planos eléctricos no deberán mostrarse instalaciones sanitarias, de agua potable, ni otro tipo de instalación, ni tampoco cortes relacionados con la construcción civil.

- Los planos deben tener como mínimo las siguientes dimensiones:

Tipo A de 43 X 56 cm

Tipo B de 63 X 84 cm

Tipo C de 84 X 112 cm.

Las escalas usadas son de 1:50 o de 1: 100 pero si el plano requiere otra escala se usara siempre y cuando se justifique el uso de la misma, además la escala empleada debe ser indicada en la copia, por otra parte se deberá dejar un espacio libre de aproximadamente 12 X 20 cm para la colocación de sellos de aprobación de la Dirección General de Electricidad.

- Los planos deben contener escrito el nombre completo del propietario, la ubicación correcta de la obra , es decir se hace un croquis de localización, indicando el nombre de la calle, avenida, calzada, cerrada, privada, etc.; así como el número oficial del predio, nombre de la colonia, fraccionamiento o barrio (observe Figura 1).

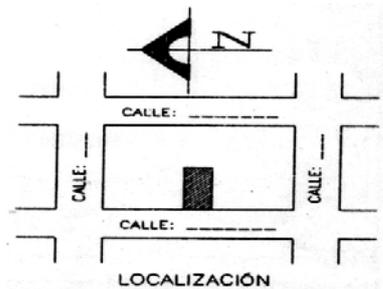


Figura 1.

- Además deberá llevar nombre, dirección, firma y número de registro en la Dirección General de Electricidad y el de su Cedula Profesional del responsable de la instalación eléctrica debiendo ser Ingeniero Electricista o Mecánico Electricista de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana. (observe Figura 2).

INSTALACION ELECTRICA – CASA HABITACION PROPIETARIO: _____ UBICACIÓN: _____	
PERITO DE PROYECTO: _____	PERITO DE OBRA ELECTRICA: _____
CEDULA PROFESIONAL: _____ DIRECCION: _____ ESCALA: _____ ACOTACION: _____ FECHA: _____	

Figura 2.

- Se indicara una lista de los materiales y equipos que se usaran, indicando su marca de fabrica y características generales que incluyen: tipo, número de catalogo, etc., y

el número de autorización de la Dirección General de Electricidad y en caso de motores se anotaran sus datos de placa.

Como en los proyectos de las instalaciones eléctricas deben anotarse los materiales a emplear y su número de registro en la Secretaría de Energía – Dirección General de Electricidad – (reg. S.I.C. D.G.E. No. ---), por consiguiente a continuación se indican algunos de ellos:

<i>MATERIALES</i>	<i>MARCA</i>	<i>REG. S.I.C. D.G.E. No.</i>
Tubo conduit esmaltado	CUAUHTEMOC	2795
Tubo conduit galvanizado	CUAUHTEMOC	154
Tubo conduit esmaltado	OMEGA	698
Tubo conduit galvanizado	OMEGA	698
Tubo conduit esmaltado	BUFALO	13
Tubo conduit esmaltado	JUPITER	4968
Tubo conduit plástico	CONDUPYNESA	4784
Tubo conduit plástico	POLYDUCTO	3139
Tubo conduit plástico	POLYDUCTO (TUBLEX)	3899
Ducto cuadrado	CUTLER – HAMMER	3486
Ducto cuadrado	SQUARE D	4364
Ducto cuadrado	DOMEX	3387
Ducto cuadrado	MULTI DUCT	4795
Cajas de conexión	DOMEX	3387
Cajas de conexión	GLEASON	222
Cajas de conexión	JET	5094
Cajas de conexión	MABRAS	27
Cajas de conexión	OMEGA	698
Cajas de conexión	SQUARE	4364
Cajas de conexión (Condulets)	ALGOT	5943
Cajas de conexión (Condulets)	ARCA	5459
Cajas de conexión (Condulets)	CONDUJET	5792
Cajas de conexión (Condulets)	CROUSE-HINDS	3387
Conductores eléctricos	CONDUMEX	2824
Conductores eléctricos	ACSA	2996
Conductores eléctricos	MONTERREY	3593
Conductores eléctricos	PYCSA	3465
Conductores eléctricos	RONAHE	4911
Conductores eléctricos	TEPEYAC	6283
Apagadores y contactos	QUINZAÑOS	4043
Apagadores y contactos	ARROW-HART	315
Apagadores y contactos	I.U.S.A.	666
Apagadores y contactos	I.U.S.A.	657
Apagadores y contactos	OTESA	3971
Apagadores y contactos	EAGLE	4429
Apagadores y contactos	ROYER	2893

Apagadores y contactos	ROYER	5915
Tableros de distribución	SQUARE D	1364
Tableros de distribución	CUTLER-HAMMER	3486
Tableros de distribución	GENERAL ELECTRIC	3554
Tableros de distribución	I.E.M.	2227
Tableros de distribución	FEDERAL PACIFIC	5031
Interruptores	I.U.S.A.	309
Interruptores	SQUARE D	4364
Interruptores	GENERAL ELECTRIC	3554

- Para instalaciones que tengan más de 2 circuitos derivados es necesario dibujar un diagrama unifilar.
- En el diagrama unifilar se indicara en vistas físicas los elementos de protección y control de los motores.
- Todos los planos deben tener un cuadro de distribución de cargas por circuitos considerando una carga de 180 Watts como mínimo para cada contacto en viviendas, edificios y casas. Y si se llegaran a utilizar contactos de mayor capacidad hay que especificarlos, tomando en consideración que la carga no debe ser mayor de 1500 Watts ya sea para circuitos derivados de alumbrado o contactos.
- En las canalizaciones o tuberías se deben indicar sus diámetros, el número y el calibre de los conductores alojados en cada tramo de las tuberías además de hacer mención al circuito que pertenecen tanto lámparas como contactos.

En todos los planos, solo se indican los diámetros de las tuberías de 19mm, en adelante y en un lugar visible, de preferencia debajo donde se anota el número de cajas de conexión.

Nota: Los diámetros de tuberías no indicadas ni especificadas son de 13mm.

Para indicar el diámetro de tuberías y número de conductores alojados en ellas se tienen los siguientes ejemplos:

$\overline{4 - 10}$ Como no tiene indicado el diámetro de la tubería, es de 13mm y en ella van cuatro conductores del calibre # 10.

$\overline{19 \text{ mm}}$ Nos indica que es una tubería de 19mm de diámetro y van siete
 $4 - 12$ conductores, cuatro del calibre # 12 y tres del calibre #10.
 $3 - 10$

- Se deben de mostrar en el plano las plantas de que constara la construcción por ejemplo sótanos, planta baja, planta alta, azotea, etc., en caso de condominios se pone la planta tipo, indicando el número de niveles, mostrando la instalación eléctrica y cortes de las conducciones verticales que se estimen pertinentes así como las tuberías para instalaciones de fuerza (bombas, elevadores, motores, etc.).

- Es necesario anotar en el plano el número de cajas de conexión a utilizar en las instalaciones eléctricas. Tomando en cuenta como caja de conexión en donde la unión de 2 o más conductores eléctricos vayan a dar un servicio determinado como por ejemplo las salidas para lámparas, apagadores, contactos, timbres, botones de timbre, portero eléctrico, salidas telefónicas o para antenas de TV o EM etc.
- Indicar el tanto por ciento de desbalanceo entre fases el cual no debe exceder de 5 %.

El análisis del desbalanceo de fases solo se hace para las alimentaciones bifásicas a 3 hilos ($2\Phi - 3h$) y trifásicas a 4 hilos ($3\Phi - 4h$).

Y para hacerse este cálculo se debe hacer lo siguiente:

1.- Se suma la carga total por cada fase.

2.- Por ejemplo para un sistema trifásico a 4 hilos ($3\Phi - 4h$) ya que se tiene la suma de la carga total por fase se procede a:

$$\text{Desbalanceo entre la fase A y B} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga Mayor}} \times 100$$

$$\text{Desbalanceo entre la fase B y C} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga Mayor}} \times 100$$

$$\text{Desbalanceo entre la fase A y C} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga Mayor}} \times 100$$

Como se puede ver el análisis en las formulas anteriores es el mismo solo hay que hacerlo de una fase con respecto a otra. El resultado de estas debe ser menor a 5% para poder ser aceptado en la Dirección General de Electricidad. Este resultado en realidad solo es teórico ya que en la practica el valor puede variar por causas ajenas a quien hace los cálculos respectivos, más sin en cambio se toma así para que las instalaciones eléctricas se hagan con más apego a los Reglamentos en vigor. Este cálculo debe ser mostrado en el plano en un lugar que sea visible, por lo regular se ponen debajo del cuadro de cargas.

- ***Como elaborar los planos eléctricos.***

El objetivo de esta sección es aprender a diseñar y leer un plano eléctrico para que cuando se haga la construcción de dicha instalación se puedan hacer las conexiones señaladas por el plano de cada uno de los elementos que se utilizaran, esto además nos ayudara a comprender de una manera más sencilla la instalación eléctrica de otro tipo de lugar o local.

Para la realización del diseño eléctrico de una casa se debe aplicar un procedimiento paso a paso para su completo entendimiento, que se inicia con la elaboración del plano del lugar a donde se va a realizar la instalación eléctrica indicando de manera concreta donde se localizaran las salidas para apagadores, contactos, lámparas incandescentes, etc. Y así al

tener localizadas las salidas de los elementos mencionados se puede hacer también un análisis para formar circuitos derivados.

Pasos a seguir:

1.- Al elaborar los planos para una instalación eléctrica se deben de utilizar de manera correcta los símbolos eléctricos que representaran cada uno de los elementos que van a conformar dicha instalación.

2.- Se debe de tener una noción de las salidas para la carga, es decir, en que lugar van a ir conectados aparatos y equipos eléctricos a utilizar con la finalidad de colocar el tomacorriente o contacto adecuado.

Como referencia se da la siguiente lista con su respectivo consumo en Watts de algunos aparatos más comunes usados en casas-habitación:

<i>Aparatos Domésticos:</i>	<i>Consumo en watts:</i>
Licuada	500
Plancha eléctrica	800
Refrigerador	1000
Tostador de pan	1200
Secadora de pelo	Entre 500 y 1000
Radio	100
Televisor	Entre 100 y 1000
Aspiradora	Entre 200 y 1000
Pulidora de piso	Entre 200 y 500
Rasuradora	20
Reloj eléctrico	5
Lavadora de ropa	800
Maquina de coser	150
Parrilla eléctrica Extractor de jugos	750
Aspiradora	450
Extractor de jugos	300

3.- Por consiguiente del paso anterior se ilustraran en el plano los contactos de acuerdo a la carga que se va alimentar o área donde se utilizara. Por ejemplo:

- Ⓜ Contacto polarizado sencillo en muro de áreas o locales con pisos y muros secos (Para viviendas se consideran 180 Watts por contacto; en oficinas, comercios, espectáculos, etc.; 300 Watts por contacto).
- Ⓜ Contacto polarizado sencillo en muro (en viviendas para conectar lavadora sencilla, se considera una carga mínima de 500 Watts).

- ① Contacto polarizado sencillo (mínimo 250 Watts para locales o áreas con pisos y muros húmedos).

Sin dejar de nombrar a los apagadores que llegaran a controlar el flujo de corriente de estos como es el caso de áreas de descanso que hacen uso de un apagador para tener un control del contacto que alimenta a una lámpara de mesa.

En la Figura A se ilustra la localización de contactos en una vivienda los cuales permitirán alimentar cargas, así como también en la Recamara 1, Recamara 2 y Recamara 3 se pueden observar apagadores de dos vías que están controlando contactos esto indicado con líneas curvas.

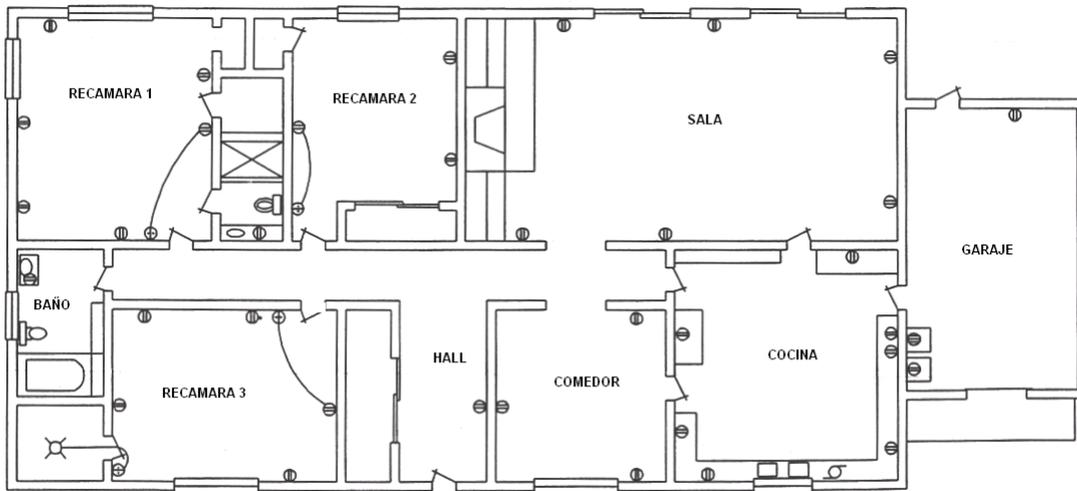


Figura A.

4.- Para después colocar las salidas de alumbrado, además dependiendo de su símbolo eléctrico nos podemos dar cuenta de que tipo es. Por ejemplo:

 Arbotante incandescente interior.

 Salida incandescente de centro

 Lámpara fluorescente tipo SLIM LINE de 2 X 60 W

5.- Posteriormente se deben dibujar los apagadores que se requieren para controlar sus respectivas lámparas que se necesiten.

Con referencia a los pasos 4 y 5, se dibujan los símbolos para apagadores y salidas de alumbrado, en este caso se indican con números que nos ilustran que lámparas incandescentes de centro serán controladas con su respectivo apagador de dos o tres vías (observe Figura B).

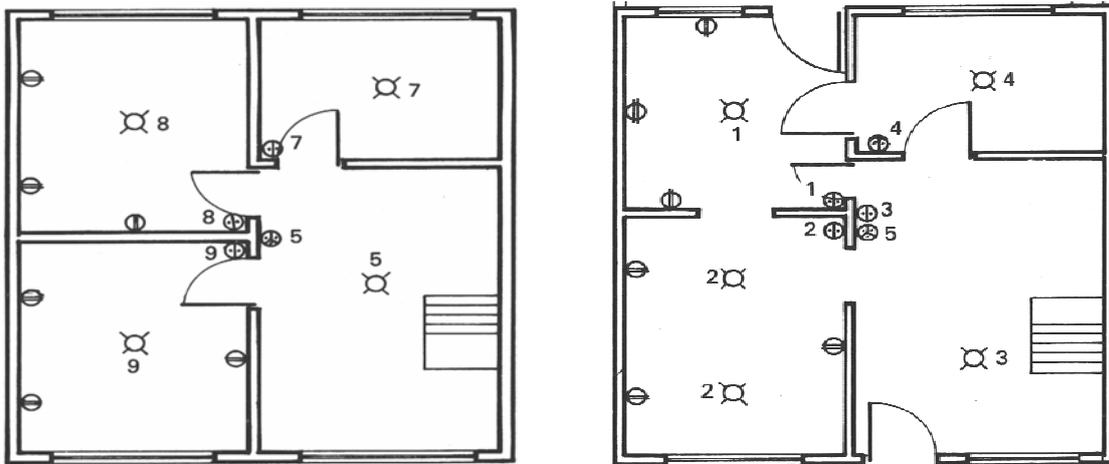


Figura B.

6.- Tomando en cuenta los pasos anteriores se pueden hacer circuitos derivados que alimenten a dos o más contactos o bien lámparas incandescentes.

En la Figura C se enumeraron tanto las lámparas incandescentes y contactos con la finalidad de saber a que circuito pertenece cada elemento.

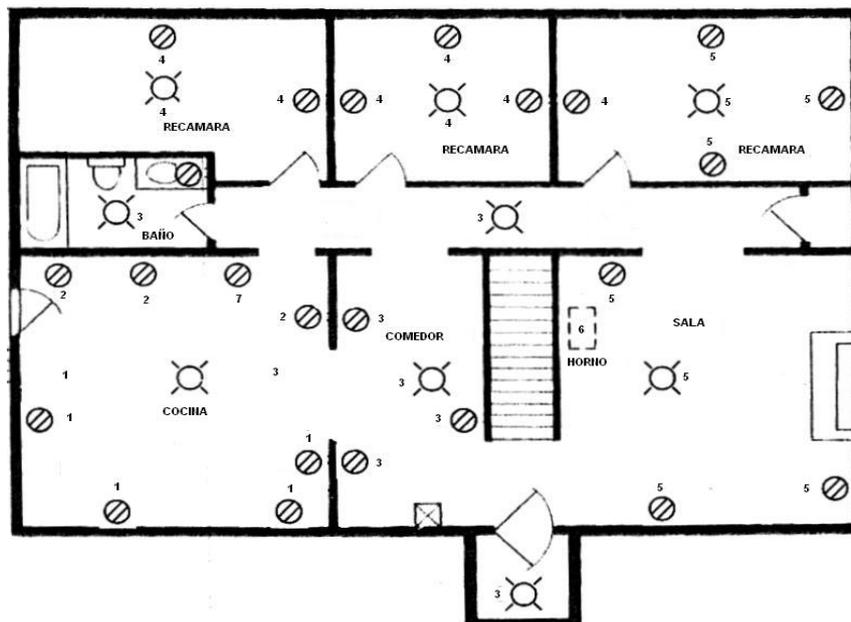


Figura C.

7.- Por ultimo se marcan todas las trayectorias de la tubería teniendo cuidado de que no haya tantas vueltas ya que de esto también depende si se gasta mucho conductor eléctrico y por ende también tubería.

Para entender mejor se hace uso de la siguiente ilustración que ejemplifica cómo trazar nuestras canalizaciones, en donde se puede ver que hay líneas curvas tanto punteadas como sin puntear las cuales indican las trayectorias de tubo conduit donde vamos alojar nuestros

conductores eléctricos, la primera (punteada) nos indica que es una línea por piso y la segunda por muro o losa. Por otra parte los números indican el diámetro de la tubería y la cantidad de conductores que van en esta, como por ejemplo 2-12 indica que son 2 conductores del calibre 12 y 13mm da a conocer el diámetro de la tubería.

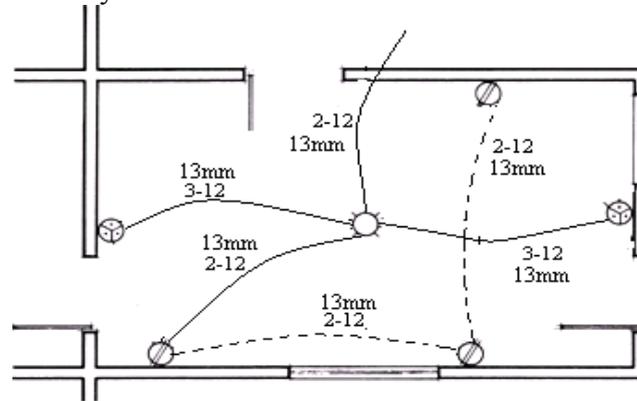


Figura D.

Explicando de manera concreta la Figura D nos muestra una habitación en donde el control de su lámpara incandescente es a través de dos apagadores de tres vías en esta también se encuentran alojados 3 contactos polarizados sencillos.

Podemos ver que en la parte superior llegan 2 conductores que son tanto el neutro como la fase, después de la lámpara incandescente bajan 2 conductores a un contacto sencillo que también son fase y neutro los cuales se extienden a los otros contactos y en las líneas que indican que van 3 conductores que en total son 6 estos nos indican que 4 conductores son los puentes comunes de los apagadores y los otros dos uno representa la fase o corriente y el otro el regreso hacia la lámpara incandescente.

Por lo regular para representar las trayectorias de la tubería se hace con líneas curvas con la finalidad de que no haya confusión con alguna línea del plano de la casa habitación.

- **Como hacer el conteo de la cantidad de material a utilizar en una instalación eléctrica.**

En esta sección se tratara de dar a conocer un procedimiento para conocer la cantidad de material a utilizar, el cual es de gran ayuda si se sigue de manera correcta.

Para hacer una correcta estimación de la cantidad de material necesario para una instalación eléctrica es necesario valernos de los planos en los cuales se indican las salidas para alumbrado, para contactos y salidas especiales, así como las dimensiones a escala de la casa habitación y alturas del techo en donde se tendrán las salidas del alumbrado así como la altura a que se instalaran las cajas que contendrán los contactos y apagadores.

La siguiente información nos permitirá dar una idea de los materiales que se pueden llegar a utilizar en alguna instalación eléctrica residencial, esperando que sea de gran utilidad:

Para tuberías debemos de tener en cuenta:

La altura del techo con respecto al nivel del piso terminado, para conocer las longitudes de las bajadas. Cuya altura para el caso de casas habitación individuales o departamentos varia entre los 2.5 a 2.7 metros.

Como se ha mencionado en temas anteriores, los apagadores se instalan de 1.20 o 1.35m con respecto al nivel de piso terminado y los contactos entre 30 a 50 cm, de manera que digamos que la losa de cierta casa tiene una altura de 2.5 m, la tubería por muro para alimentar apagadores a 1.25 m será de $(2.5 \text{ m} - 1.25 \text{ m} = 1.25 \text{ m})$ y para alimentar contactos con bajada por muro $(2.5 \text{ m} - 0.5 \text{ m} = 2 \text{ m})$.

Mientras que la distancia entre centros de salidas, se debe medir entre cada dos cajas y de esta manera se obtienen medidas que nos dan una idea de tramos rectos de tubería que se podrían utilizar. Pero debemos considerar que en las conexiones a las cajas se pierden pequeñas partes y sin dejar de mencionar también las curvas en donde se tiene que doblar tubo; por lo que se debe agregar un cierto porcentaje que pueda cubrir lo ya mencionado, por lo regular se le puede aumentar al total de la tubería el 15%.

Por ejemplo si el total de tubería a utilizar en una instalación fuera de 75 m se le debe agregar el 15% es decir:

$$0.15 \times 75 = 11.25 \longrightarrow 11.25 + 75 = 86.25 \text{ m}$$

Y si por ejemplo utilizáramos tubo conduit de pared gruesa que se fabrican de 3.05 m, la suma total anterior se divide entre 3 para de esta manera obtener el número de tramos de tubería para comprar. En el caso de tubería de PVC se puede adquirir de tramos mayores o rollos.

Por lo regular los tubos traen un cople para de esta manera tener tramos mayores, por lo que es recomendable comprar un cople adicional por cada 4 tramos de tubería.

Así como también las uniones de las cajas se deben de hacer con contratuercas, y esto se logra cuando al tomar medidas entre cada dos cajas, que no es más que tramo a tramo de tubo, lo cual da a entender que la cantidad de contratuercas a utilizar se puede obtener como:

$$\text{Número de conectores} = (\text{Total de tramos sin aplicar el } 15\%) \times 2$$

Siguiendo el ejemplo anterior:

$$\text{No. De Tramos: } 75/3 = 25$$

$$\text{Número de conectores} = 25 \times 2 = 50$$

Para conductores eléctricos:

En el plano de la instalación eléctrica nos da a conocer en cada tubo el número de conductores eléctricos, de manera que al tener la longitud total de tubo, podemos calcular la longitud del conductor, lo cual se debe analizar por secciones de tubo, pues el calibre puede variar dependiendo a lo que vaya a alimentar. En donde al total de cada calibre del conductor se le multiplica por el número de conductores en el tubo conduit, y para tomar en

cuenta las puntas que se cortan para los amarres en las cajas de conexión, al total se le agrega el 20%.

Para cajas de conexión:

Esto de acuerdo a los tramos de tubo y la indicación de salidas para contactos, alumbrado y salidas especiales representada en el plano, nos podemos dar una idea de la cantidad de cajas que se requieren, pero dependiendo de la función de las cajas, pues no todas las cajas son iguales y es necesario entonces el tipo de caja y sus dimensiones.

Para cajas en muro:

Para las salidas en muros es recomendable usar cajas de los siguientes tipos:

Rectangulares: Cuando se utilizan para alojar 1 o 2 dispositivos intercambiables como pueden ser apagadores, contactos, o bien una combinación de estos y además la tubería que llega sea de 13mm de diámetro. También se recomienda el uso de cajas rectangulares en muro cuando llegan dos tubos conduit de 13mm y en la caja son hay un dispositivo intercambiable.

Cuadradas en el caso de que se tengan uniones de tubo de 13mm y 19mm de diámetro.

Octogonales de 13mm con su tapa para arbotantes cuando se use tubo de 13mm.

Para las salidas en techo o losa:

Octogonales o redondas de 13mm de entrada, con tapa para conexión de 1 a 3 tubos conduit de 13mm de diámetro que lleguen por distintas direcciones.

Cuadrada con tapa para 1 a 3 tubos de 13mm de diámetro, estas cajas se recomiendan en los casos que se requieran hasta dos tubos en una misma dirección cuando son de 13mm sus salidas. Si son perforaciones de 19 mm, entonces se pueden tener hasta 5 tubos conduit de 13mm y 19 mm en distinta dirección.

Por lo regular las cajas cuadradas se utilizan para salidas de alumbrado y las rectangulares para contactos y apagadores, solo hay que verificar en el plano cuantos conductores van a llegar a cada salida y escoger la caja correspondiente para no tener mucho amontonamiento de conductores por lo que es recomendable hacer uso de la Tabla 6 de la sección 2.20 que representa el número máximo de conductores en cajas de conexión.

Para apagadores y contactos:

De acuerdo con el plano para la instalación eléctrica los apagadores se encuentran uno a uno según las lámparas o lámpara que controlen además especificando si van hacer sencillos de tres vías o cuatro vías, así como su localización, si son interior o intemperie. En el caso de los contactos se hace lo mismo, es decir se cuenta uno a uno especificando el tipo, si van hacer sencillos o dobles, además de acuerdo a su montaje si son para piso o muro y de acuerdo a su localización si son interior o intemperie.

Contactos para aplicaciones especiales: Los cuales se usan para propósitos específicos, es decir como toma de corriente de aparatos de servicio individual como pueden ser estufas eléctricas, lavadoras de platos, planchadoras, etc. Debido a que su tipo y capacidad de corriente es distinta a la de los contactos normales, se deben contar por separado.

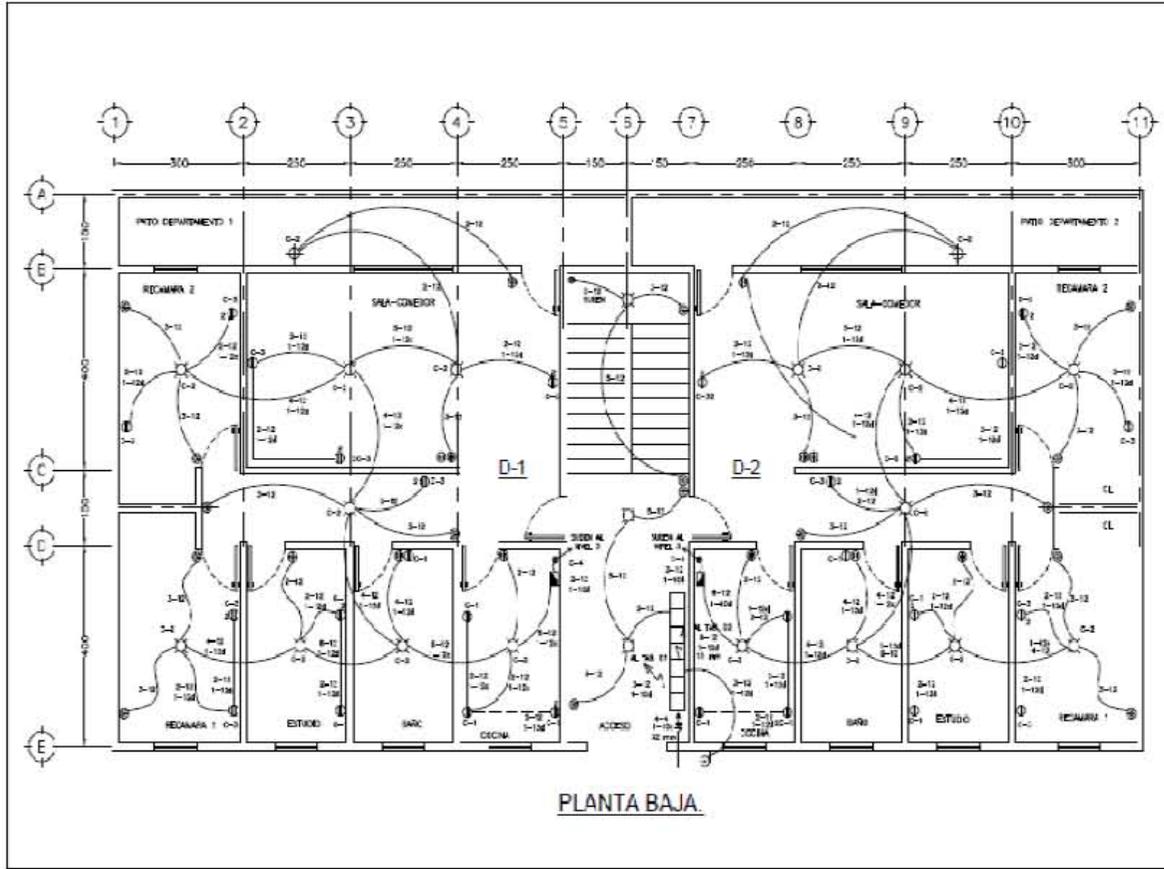
Para salidas de alumbrado:

En las casas habitación que tengan jardín, patio o alguna otra área exterior, es necesario indicarlas para determinar las cajas y montaje de los portalámparas.

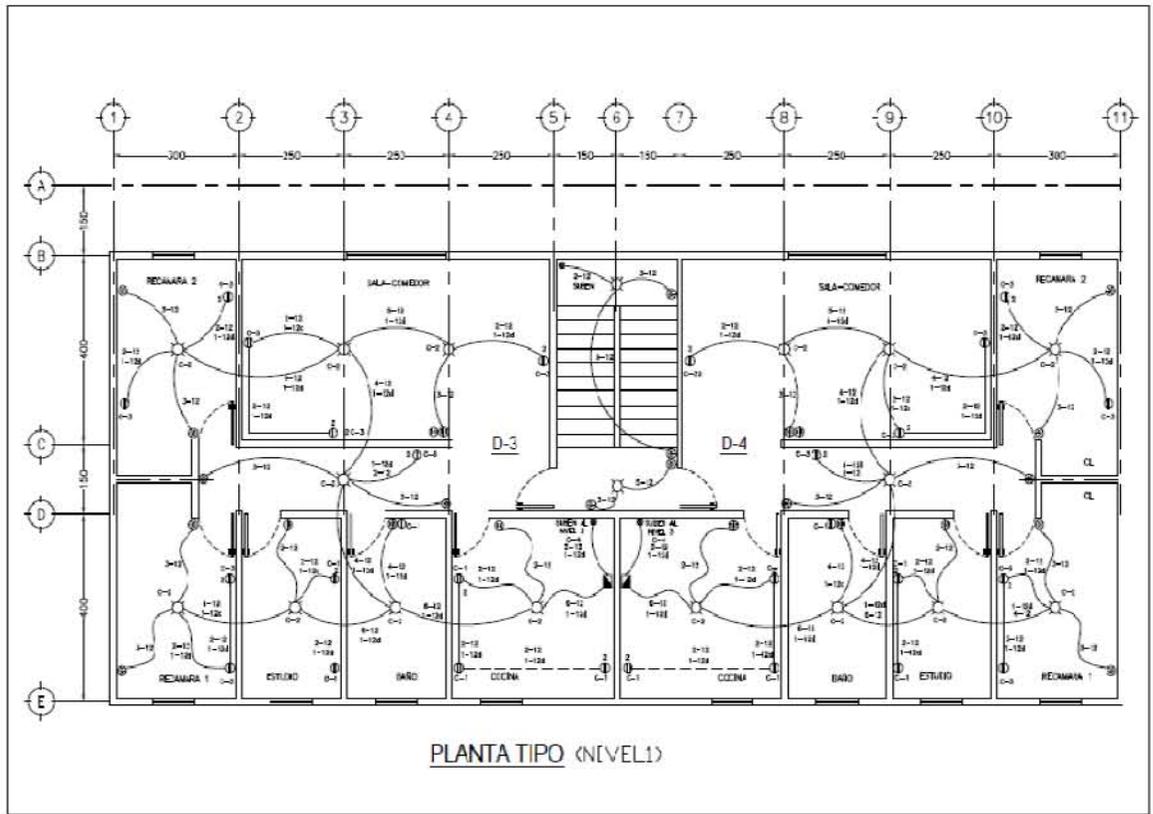
Placas o tapas:

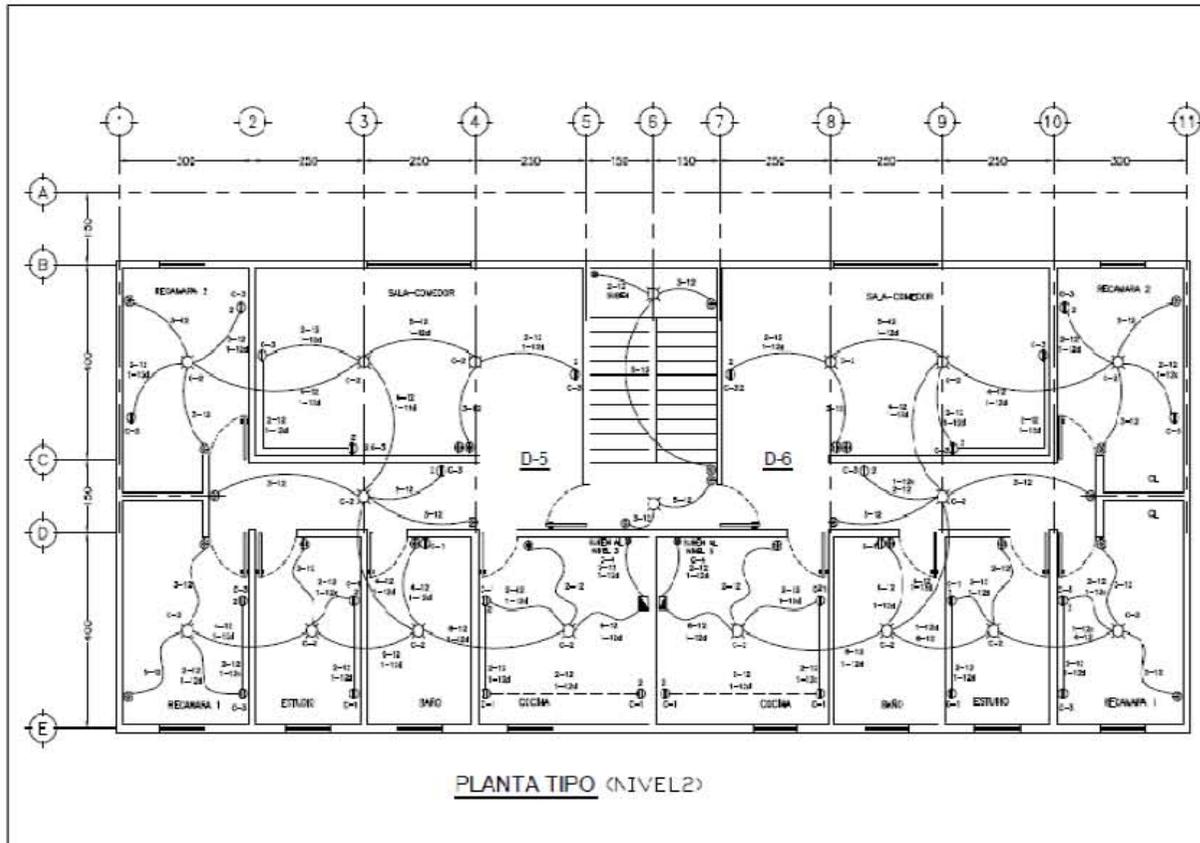
Todos los apagadores y contactos deben llevar sus respectivas tapas, por lo que es necesario indicar en el recuento que se haga de acuerdo con el plano de la instalación, si las placas son para una, dos o tres unidades según sea la aplicación de la caja.

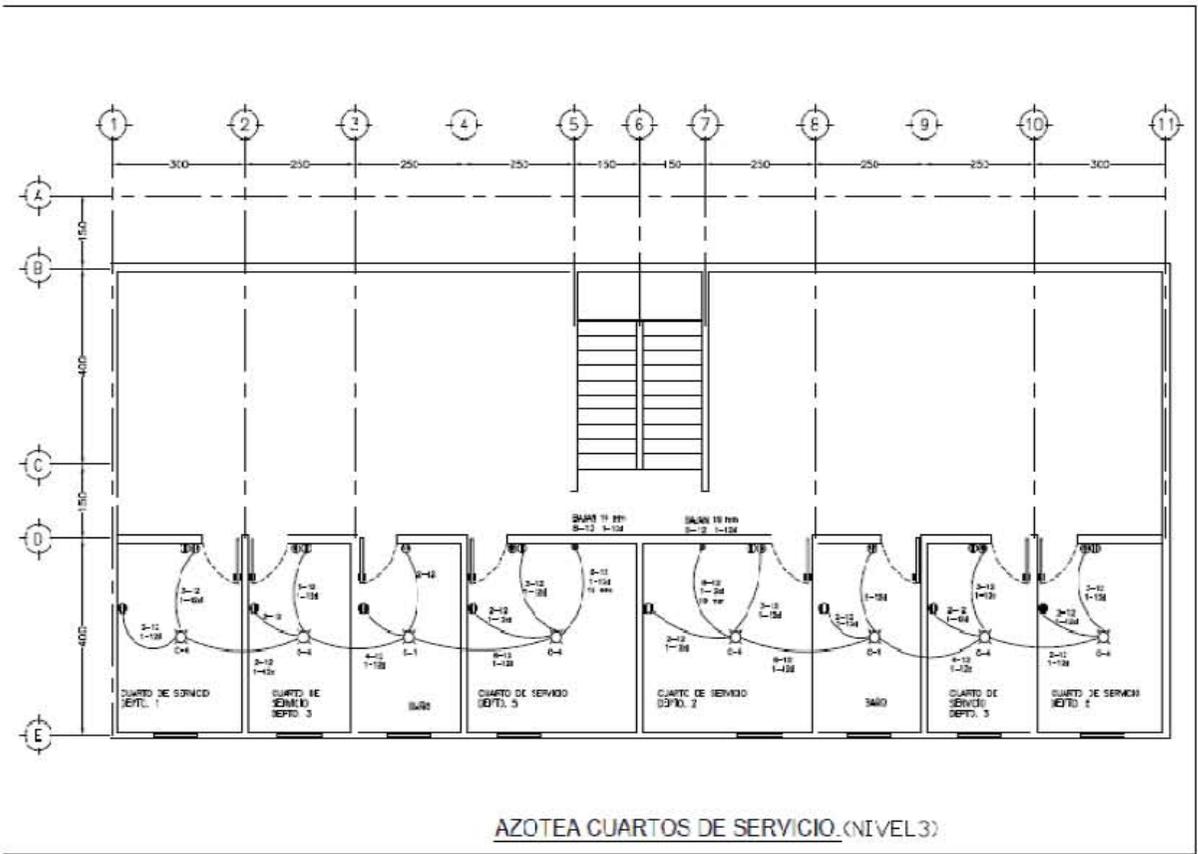
3.8 PROYECTO DE UNA INSTALACION ELECTRICA RESIDENCIAL CON EL USO DE CIRCUITOS DERIVADOS.



PLANTA BAJA







En base a los planos presentados podemos representar nuestra carga instalada de la siguiente manera:

CUADRO DE CARGAS PARA LOS DEPARTAMENTOS 1,2.

<i>No. de Circuito</i>	 <i>100 W</i>	 <i>75 W</i>	 <i>60W</i>	 <i>180W</i>	 <i>180W</i>	 <i>250W</i>	 <i>250W</i>	 <i>500W</i>	Total en Watts	Corriente en Amperes
<i>C-1</i>				<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>		<i>1290</i>	<i>11.2861</i>
<i>C-2</i>	<i>6</i>	<i>2</i>	<i>1</i>						<i>810</i>	<i>7.0866</i>
<i>C-3</i>				<i>3</i>	<i>5</i>				<i>1440</i>	<i>12.5984</i>
<i>C-4</i>		<i>1</i>		<i>1</i>				<i>1</i>	<i>755</i>	<i>6.6054</i>
Total	6	3	1	6	6	2	1	1	4295	37.5766

Para el cálculo de la corriente de cada circuito se hace el uso de la siguiente formula:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta}$$

Si establecemos que:

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

$$\cos \theta = 0.9$$

Por lo que para el C-1 la corriente es:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta} = \frac{1290 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.9)} = 11.2861 \text{ A}$$

Para el C-2:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta} = \frac{810 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.9)} = 7.0866 \text{ A}$$

Para el C-3:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta} = \frac{1440 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.9)} = 12.5984 \text{ A}$$

Para el C-4:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta} = \frac{755 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.9)} = 6.6054 \text{ A}$$

Y la corriente total:

$$I = \frac{W}{E_n \cos\theta} = \frac{4295 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.9)} = 37.5766 \text{ A}$$

Como en ninguna instalación eléctrica utilizamos la carga total instalada en forma simultánea, es decir no todo va a estar funcionando o encendido al mismo tiempo, es aplicable un factor de utilización o factor de demanda, para este caso aplicaremos un factor de demanda del 70% . En consecuencia, al multiplicar la corriente calculada por 0.70, se obtiene la corriente máxima efectiva, conocida como corriente corregida I_c .

Por lo que para el C-1 la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (11.2861 \text{ A}) (0.7) = 7.90027 \text{ A}$$

Para el C-2 la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (7.0866 \text{ A}) (0.7) = 4.96062 \text{ A}$$

Para el C-3 la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (12.5984 \text{ A}) (0.7) = 8.81888 \text{ A}$$

Para el C-4 la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (6.6054 \text{ A}) (0.7) = 4.62378 \text{ A}$$

Para la corriente total:

$$I_c = (37.5766 \text{ A}) (0.7) = 26.3036 \text{ A}$$

De las corriente corregidas y de las tablas de la sección 2.20, nos permitirán conocer que calibre de conductor vamos a utilizar por lo que para cada circuito derivado se utilizaran conductores con aislamiento TW calibre 12, aunque de acuerdo a nuestros cálculos y tablas también se puede utilizar calibre 14 pero una justificación sería que en caso de que la instalación se ampliara en un futuro se da un calibre más grande esto básicamente es como un consejo práctico a la hora de hacer una instalación eléctrica, así como el calibre escogido esta dentro de la norma.

De aquí mismo podemos establecer que los interruptores termomagnéticos para los cuatro circuitos derivados de los Departamentos 1 y 2 serán de 1 X 15 A en donde dichas protecciones se escogieron en base a la conducción de corriente del calibre 14 como lo indica la norma ya que se escogen a partir de la corriente que va a circular en cada circuito, aunque si observamos en los C-2 y C-4 podemos utilizar interruptores termomagnéticos de 1 X 10 A esto con el fin de que la protección a dicho circuito sea más eficaz .

Mientras que los conductores que salen del interruptor seguridad de cada departamento hacia el tablero de distribución de alumbrado y contactos serán del calibre 10 con aislamiento TW, esto en base a la corriente total corregida.

En donde este interruptor de seguridad es escogido de acuerdo al calibre de los conductores y al sistema elegido que en esta ocasión debe ser de 2 X 30 A, los elementos fusibles también serán de 30 A, ya que la Norma Oficial recomienda que la protección contra sobrecorriente, como máximo puede ser de acuerdo a la capacidad promedio mínima de conducción de corriente de los conductores eléctricos, lo mismo sucede para cada circuito para escoger su respectiva protección.

CUADRO DE CARGAS PARA LOS DEPARTAMENTOS 3, 4, 5, 6.

<i>No. de Circuito</i>	 <i>100 W</i>	 <i>180W</i>	 <i>180W</i>	 <i>250W</i>	 <i>250W</i>	 <i>500W</i>	Total en Watts	Corriente en Amperes
<i>C-1</i>		<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>2</i>		<i>1360</i>	<i>11.8985</i>
<i>C-2</i>	<i>8</i>						<i>800</i>	<i>6.9991</i>
<i>C-3</i>		<i>3</i>	<i>5</i>				<i>1440</i>	<i>12.5984</i>
<i>C-4</i>	<i>1</i>	<i>1</i>				<i>1</i>	<i>780</i>	<i>6.8241</i>
Total	9	5	6	2	2	1	4380	38.3202

Para el cálculo de la corriente de cada circuito se hace el uso de la formula:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta}$$

Si establecemos que:

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

$$\cos \theta = 0.9$$

Por lo que para el C-1 la corriente es:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta} = \frac{1360 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.9)} = 11.8985 \text{ A}$$

Para el C-2:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta} = \frac{800 \text{ W}}{127 \text{ V} (0.9)} = 6.9991 \text{ A}$$

Para el C-3:

$$I = \frac{W}{\text{En } \cos\theta} = \frac{1440 \text{ W}}{127 \text{ V } (0.9)} = 12.5984 \text{ A}$$

Para el C-4:

$$I = \frac{W}{\text{En } \cos\theta} = \frac{780 \text{ W}}{127 \text{ V } (0.9)} = 6.8241 \text{ A}$$

Y la corriente total:

$$I = \frac{W}{\text{En } \cos\theta} = \frac{4380 \text{ W}}{127 \text{ V } (0.9)} = 38.3202 \text{ A}$$

Como en los casos anteriores para los departamentos 1 y 2, al multiplicar la corriente calculada por 0.70, se obtiene la corriente máxima efectiva, conocida como corriente corregida I_c .

Por lo que para el C-1 la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (11.8985 \text{ A}) (0.7) = 8.32895 \text{ A}$$

Para el C-2 la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (6.9991 \text{ A}) (0.7) = 4.89937 \text{ A}$$

Para el C-3 la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (12.5984 \text{ A}) (0.7) = 8.81888 \text{ A}$$

Para el C-4 la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (6.8241 \text{ A}) (0.7) = 4.77687 \text{ A}$$

Para la corriente total:

$$I_c = (38.3202 \text{ A}) (0.7) = 26.8241 \text{ A}$$

De lo anterior nos permitirá conocer que calibre de conductor vamos a utilizar por lo que para cada circuito derivado se utilizaran conductores con aislamiento TW calibre 12, aunque de acuerdo a nuestros cálculos y tablas también se puede utilizar calibre 14 pero una justificación sería que en caso de que la instalación se ampliara en un futuro se da un calibre más grande esto básicamente es como un consejo práctico a la hora de hacer una instalación eléctrica, así como el calibre escogido está dentro de la norma.

De aquí mismo podemos establecer que las protecciones para los cuatro circuitos derivados de los Departamentos 3, 4, 5 y 6 serán de 1 X 15 A en donde dichas protecciones se escogieron en base a la conducción de corriente del calibre 14 como lo indica la norma. Mientras que los conductores que salen del interruptor seguridad de cada departamento hacia el tablero de distribución de alumbrado y contactos serán del calibre 10 con aislamiento TW. Sin dejar de mencionar que dicho interruptor de seguridad será de 2 X 30 A (por lo explicado anteriormente todos los valores escogidos en base a lo ya explicado en la parte de los departamentos 1 y 2).

CUADRO DE CARGAS PARA LOS SERVICIOS.

No. de Circuito	 60W	 75 W	 2 HP 1492 W	Total en Watts	Corriente en Amperes
C-1	7	2		570	4.9869
C-2			1	1492 W	4.8339 A
Total	7	2	1	2062 W	7.0737 A

Para el cálculo de la corriente del circuito para los servicios (C-1) se hace el uso de la formula:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta}$$

Si establecemos que:

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

Como las cargas son puramente resistivas $\cos \theta = 1$

Por lo que para este circuito la corriente es:

$$I = \frac{W}{En \cos \theta} = \frac{570 \text{ W}}{127 \text{ V} (1)} = 4.4882 \text{ A}$$

Por lo que la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (4.4882 \text{ A}) (0.7) = 3.1417 \text{ A}$$

Por lo que su interruptor termomagnético será de 1 X 15 A utilizando conductores con aislamiento TW calibre 12, todo esto por razones explicadas anteriormente.

Mientras que para el motor trifásico de 2 HP (C-2).

Si 1 HP = 746 W

Entonces: 2 HP = 1492 W

La corriente que demandara será igual a:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \text{Cos } \theta N}$$

Si:

W = 1492 W

E_f = 220 V

N = 0.9

Cos θ = 0.9

Sustituyendo valores:

$$I = \frac{1492 \text{ W}}{\sqrt{3} (220 \text{ V}) (0.9) (0.9)} = 4.8339 \text{ A}$$

Por lo que su interruptor termomagnético será de 3 X 15 A utilizando conductores con aislamiento TW calibre 12. Y su interruptor de seguridad será de 3 X 30 A debido a su corriente de arranque que puede llegar a elevarse.

Mientras que la corriente total para los servicios por tratarse de un sistema trifásico a 4 hilos se utiliza la formula siguiente:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \text{Cos } \theta N}$$

Si:

W = 2062 W

E_f = 220 V

Cos θ = 0.9

N=0.85

Sustituyendo valores:

$$I = \frac{2062 \text{ W}}{\sqrt{3} (220 \text{ V}) (0.85) (0.9)} = 7.0737 \text{ A}$$

Por lo tanto es necesario instalar conductores eléctricos con aislamiento tipo TW calibre 10 como mínimo ya que la Norma impide calibres menores a este para alimentadores. Sin dejar de mencionar que dicho interruptor de seguridad será de 3 X 30 A.

Por otra parte para conocer el desbalanceo entre fases se procede a la tabla siguiente:

DEPARTAMENTOS Y SERVICIOS	CARGA POR FASE		
	A	B	C
Departamento 1 (D-1)	4295		
Departamento 2 (D.2)	4295		
Departamento 3 (D-3)		4380	
Departamento 4 (D-4)		4380	
Departamento 5 (D-5)			4380
Departamento 6 (D-6)			4380
Servicios (Lámparas)	570		
Servicios (Motor trifásico)	497.33	497.33	497.33
Total	9657.33	9257.33	9257.33

La carga total del motor se divide entre tres para repartir dicha carga en partes iguales a cada fase:

$$\text{Si } 2 \text{ HP} = 1492 \text{ W}$$

Por lo tanto:

$$\frac{1492 \text{ W}}{3} = 497.33 \text{ W}$$

$$\text{Para la carga total: } 9657.33 \text{ W} + 9257.33 \text{ W} + 9257.33 \text{ W} = 28171.99 \text{ W}$$

La corriente que se demandara será calculada de la siguiente manera:

Cuando se tienen cargas de alumbrado y contactos, motores monofásicos y trifásicos, se debe hacer intervenir la eficiencia N , considerando un máximo valor promedio de $N=0.85$.

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \text{Cos } \theta N}$$

Si:

$$W = 28171.99 \text{ W}$$

$$E_f = 220 \text{ V}$$

$$\text{Cos } \theta = 0.9$$

$$I = \frac{28171.99 \text{ W}}{\sqrt{3} (220 \text{ V}) (0.9) (0.85)} = 96.6435 \text{ A}$$

Por lo que la corriente corregida I_c es:

$$I_c = (96.6435 \text{ A}) (0.7) = 67.65045 \text{ A}$$

De lo anterior nos permitirá conocer que calibre de conductor vamos a utilizar por lo que se utilizaran conductores con aislamiento TW calibre 4. Sin dejar de mencionar que dicho interruptor de seguridad general será de 3 X 100 A y sus elementos fusibles también serán de 100 A.

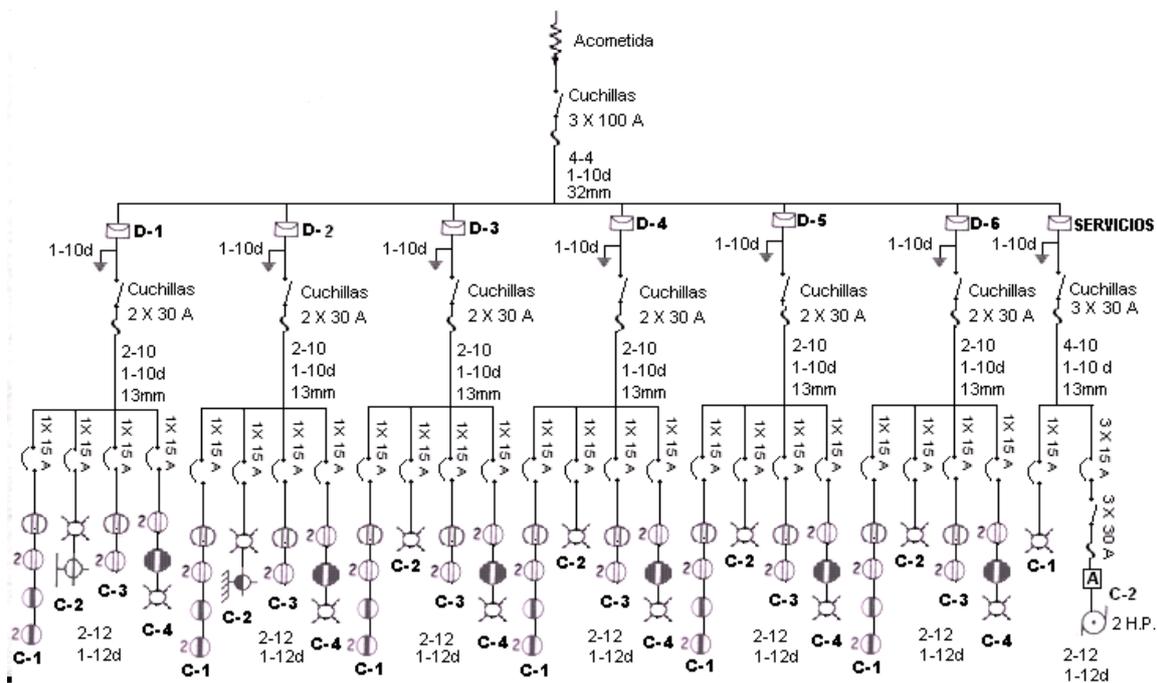
DESBALANCEO ENTRE FASES:

$$\frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga Mayor}} \times 100$$

$$\frac{9657.33 - 9257.33}{9657.33} \times 100 = 4.14\%$$

Cuyo valor obtenido esta dentro del límite permisible.

DIAGRAMA UNIFILAR.



Nota: En los circuitos derivados de todos los departamentos el calibre del conductor a utilizar será del calibre 12 el cual es señalado en la parte inferior de cada departamento en el diagrama unifilar, la tubería que no esta marcada en el plano es de 13mm. Mientras como se ha estado mencionando anteriormente el calibre del conductor a tierra

ó alambre desnudo representado con la letra (d) se puede escoger en base a la corriente del dispositivo de protección o calibre del conductor.

SIMBOLOGIA:

-  Salida incandescente de centro
-  Arbotante incandescente a intemperie
-  Apagador sencillo
-  Apagador de tres vías o escalera
-  Contacto polarizado sencillo en muro de áreas o locales con pisos y muros secos, (Como mínimo 180 watts por norma)
-  Dos contactos polarizados sencillos en muro o locales secos en una caja de conexión (Como mínimo 180 Watts por norma).
-  Contacto polarizado sencillo en muro de áreas o locales con pisos y muros húmedos, (En cocinas, baños, cuartos de lavado y planchado, etc., en donde es usual conectar aparatos de 3 amperes o más, considerar un mínimo de 250 Watts.).
-  Dos contactos polarizados sencillos en muro de áreas húmedas en una caja de conexión, en locales o áreas con pisos y muros húmedos, (se considera la carga de uno o de que sean 250 Watts).
-  Línea por muros y losas.
-  Línea por piso.
-  Interruptor.
-  Tablero de distribución de alumbrado y contactos
-  Acometida de Compañía Suministradora de Energía
-  Medidor Compañía Suministradora de Energía
-  Sube tubería, indicando diámetro y numero de conductores así como su calibre



Baja tubería



Bomba Trifásica de 2 H.P.



Conexión de puesta a tierra



Contacto polarizado sencillo en muro (como mínimo de 500 Watts.)



Arrancador



Interruptor de navaja



Interruptor termomagnético

MATERIAL A UTILIZAR:

- Tubería conduit de acero esmaltado pared delgada, Omega, registro 698 o similar.
- Cajas de conexión galvanizadas omega, registro 698 o similares.
- Conductores de cobre suave o recocido, con aislamiento TW marca Condumex, registro 2824 o similares.
- Dispositivos intercambiables quinziños, registro 4043 o similares.
- Interruptores de seguridad y tableros de distribución, Square D, registros 4364 y 1364 o similares.

CONCLUSIONES:

Las instalaciones eléctricas forman parte esencial en nuestras vidas, pues constantemente estamos colaborando en su funcionamiento y en las distintas aplicaciones sociales que sin duda constituyen uno de los elementos más importantes en las construcciones comercial, industrial y residencial.

Como nos pudimos dar cuenta la manera de realizar una instalación debe de llevar consigo el previo conocimiento de algunos temas que por muy simples que sean son de gran importancia y utilidad para tal objetivo, es un hecho que en la actualidad esta información la podemos encontrar en libros los cuales muchas veces son muy difíciles de entender, es por eso que con este material se esta dando una ayuda a la comprensión de dicho tema de una manera concisa y clara.

La manera de hacer un plano para una instalación eléctrica es relativamente fácil y con nuestro proyecto mostrado en la última sección es la base para poder realizar la instalación eléctrica de cualquier otro lugar.

Por lo tanto con todo el contenido aquí mostrado se tienen las herramientas necesarias cuando se despierte la necesidad de entender desde lo más sencillo hasta lo más complejo de una instalación eléctrica. Sin importar cuanto conocimiento se tenga del tema, pues si se ha entendido todo lo aquí expuesto cualquier lector será capaz de realizar o comprender una instalación eléctrica.

Es triste decir que desgraciadamente vivimos en un país en donde no sabemos seguir reglamentos al pie de la letra. Es por eso que en base a las normas vigentes se puede realizar una buena instalación eléctrica, pues de esta manera estamos tomando muy en cuenta la seguridad de la familia en nuestros hogares, así como proteger la economía.

Es obvio razonar que una instalación en mal estado gasta más energía y daña los aparatos eléctricos. Por lo tanto si se construye una instalación en buen estado significa seguridad, ahorro de energía y reducción de gastos, por lo que es indispensable hoy en día realizar una instalación eléctrica de forma económica y de calidad en apego a la norma vigente

Así como también se espera crear conciencia en el lector para que se den cuenta de los efectos que puede tener la corriente eléctrica en los seres humanos.

“ANEXO”

SIMBOLOS QUE SON UTILIZADOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS.

Los símbolos son objetos gráficos que representan algo, por ejemplo en este caso un objeto material. Los símbolos eléctricos representan los materiales, componentes utilizados en una instalación eléctrica y su forma de interconexión y conexión externa.

Los símbolos están conforme a normas nacionales e internacionales y hasta podríamos decir que comprenderlos e interpretarlos es como saber otro lenguaje, no importa el lugar del mundo donde nos encontremos siempre sabremos interpretar un plano eléctrico.

Si, es muy importante saber que pueden variar por las normas propias de cada país, pero difícilmente si los conocemos no podamos apreciar las diferencias.



Salida incandescente de centro.



Salida incandescente de vigilancia.



Salida incandescente de centro con pantalla tipo RLM.



Lámpara fluorescente tipo SLIM LINE de 2 X 60 W.



Lámpara fluorescente de 2 X 18 W, 2 X 32 W, etc., en todas se especifica tipo y medidas.



Arbotante incandescente interior.



Arbotante incandescente a intemperie.



Arbotante fluorescente interior.



Arbotante fluorescente a intemperie.



Apagador sencillo.



Apagador de tres vías o escalera.

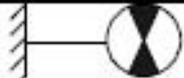
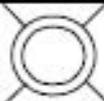
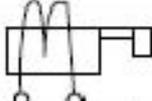
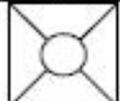
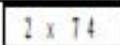
-  Apagador de cuatro vías o de paso.
-  Contacto polarizado sencillo en muro de áreas o locales con pisos y muros secos (Para viviendas se consideran 180 watts por contacto; en oficinas, comercios, espectáculos, etc.; 300 watts por contacto y en instalaciones industriales 800 Watts/contacto).
-  Dos contactos polarizados sencillos en muro o locales secos en una caja de conexión (Hasta 3 en una caja de conexión, se consideran como mínimo la carga de uno o que sean 180 Watts).
-  Contacto polarizado sencillo en muro de áreas o locales con pisos y muros húmedos, (En cocinas, baños, cuartos de lavado y planchado, etc., en donde es usual conectar aparatos de 3 amperes o más, considerar un mínimo de 250 Watts.).
-  Dos contactos polarizados sencillos en muro de áreas húmedas en una caja de conexión, en locales o áreas con pisos y muros húmedos, (se considera la carga de uno o de que sean 250 Watts).
-  Contacto polarizado sencillo en piso.
-  Contacto polarizado trifásico en muro.
-  Contacto polarizado trifásico en piso.
-  Botón de timbre.
-  Timbre o zumbador.
-  Campana.
-  Transformador de timbre.
-  Cuadro indicador.
-  Llamador de enfermos.

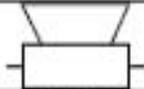
-  Ventilador.
-  Tablero de portero eléctrico.
-  Teléfono de portero eléctrico.
-  Salida especial para antena de televisión.
-  Registro en muro o losa.
-  Teléfono directo.
-  Teléfono extensión.
-  Registro de teléfonos.
-  Alarma.
-  Generador de corriente alterna.
-  Generador de corriente continua.
-  Motor de corriente alterna.
-  Motor de corriente continua.
-  Amperímetro.
-  Voltmetro.
-  Wattmetro.
- Línea por muros y losas.
- - - Línea por piso.
-  Interruptor.
-  Tablero general.
-  Tablero de distribución de fuerza.
-  Tablero de distribución de alumbrado y contactos.

-  Acometida de Compañía Suministradora de Energía.
-  Medidor Compañía Suministradora de Energía.
-  Sube tubería, indicando diámetro y número de conductores así como su calibre.
-  Baja tubería.
-  Bomba.
-  Conexión de puesta a tierra.
-  Contacto polarizado sencillo en muro (en viviendas para conectar lavadora sencilla, se considera una carga mínima de 500 watts.).

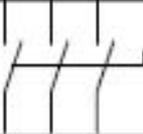
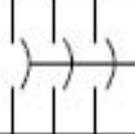
SIMBOLOGIA SISTEMA AMERICANO

1) Acometida eléctrica de C.F.E.			
2) Tablero general			
3) Equipo de medición (medidor)			
4) Contacto sencillo			
5) Contacto trifasico (tres polos 220 volts)			
6) Contacto trifasico (salida especial)			
7) Contacto de piso			
8) Contacto doble			
9) Lampara piloto			
10) Cuadro indicador			
11) Teléfono extensión			
12) Reloj eléctrico marcador			
13) Tubería que sube			
14) Tubería que baja			
15) Teléfono conmutador			
16) Salida de teléfono para puerto de computadora			

17) Teléfono directo			
18) Reloj eléctrico secundario			
19) Llamador de enfermos con piloto			
20) Botón de timbre			
21) Lámpara fluorescente de 22 W			
22) Chapa eléctrica			
23) Bocinas para sistema de sonido			
24) Apagador sencillo			
25) Apagador de escalera, o tres vías			
26) Apagador de cuatro vías			
27) Apagador de puerta o presión			
28) Apagador de cadena			
29) Interruptor de seguridad			
30) Tablero de alumbrado o centro de carga			
31) Tablero de distribución o de fuerza			
32) Salida de centro incandescente			
33) Luminaria fluorescente 2 x 74 y 2 x 38 W			

34) Timbre o campana			
35) Zumbador			
36) Corneta o sirena			
37) Salida para antena T.V. de 75 y 300 ohms			
38) Reflector			
39) Portero eléctrico			
40) Interruptor electromagnético			
41) Registro eléctrico			
42) Ventilador			
43) Salida spot			
44) Tubería conduit para teléfono			
45) Tubería por piso (subterránea)			
46) Tubería por losa o muro (visible)			

• Interruptores

47) Desconectador de navajas	
48) Interruptor termomagnético. (desconectador en caja moldeada)	

49) Desconectador moldeado con elemento térmico	
50) Desconectador moldeado con elemento magnético	
51) Desconectador moldeado termomagnético	

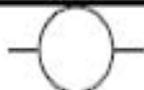
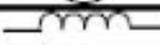
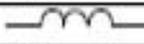
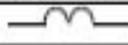
• **Transformadores**

52) Núcleo de hierro	
53) Núcleo de aire	
54) Doble voltaje	

• **Motores de C.A.**

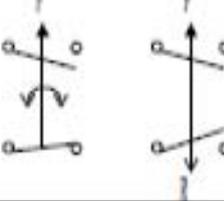
55) Motor monofasico	
56) Motor trifasico	
57) Motor de rotor devanado	

• Motores de Corriente Directa

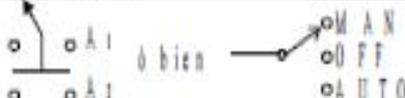
58) Armadura	
59) Campo derivado (se muestran 4 ondas)	
60) Campo serie (se muestran 3 ondas)	
61) Campo mixto (se muestran 2 ondas)	

Simbolos usados en diagramas de control

• Interruptores

62) Interruptor de limite (fin de carrera)	
Normalmente abierto	
Retenido cerrado	
Normalmente cerrado	
Retenido abierto	
63) Interruptor de pie	
64) Interruptor de presión y vacío	
65) Interruptor de nivel	
66) Interruptor de temperatura	
67) Interruptor de flujo	
68) Interruptor de velocidad para frenado	
69) Interruptor en reposo de velocidad para arranque	

- **Selectores**

70) Selector de 2 posiciones	
71) Selector de 3 posiciones	
72) Selector de 2 posiciones, botón de oprimir	

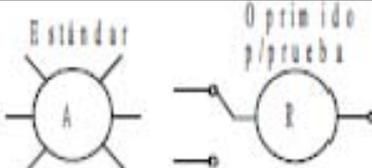
- **Alambrado**

73) Conductores que se cruzan (no conectado)	
74) Conductores conectados	
75) Línea de fuerza	
76) Línea de control	
77) Terminal	

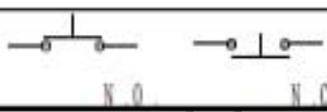
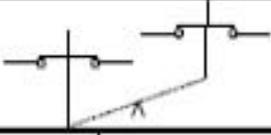
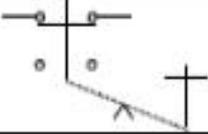
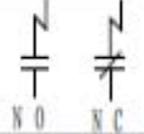
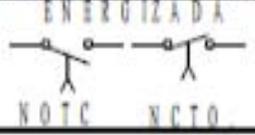
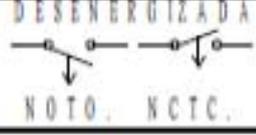
- **Conexiones**

78) Mecánica	
79) Bloqueo mecánico	

- **Lamparas**

<p>80) Lamparas piloto A = color ambar R = color rojo</p>	
81) Botón con contacto iluminado	

• Botones y contactos

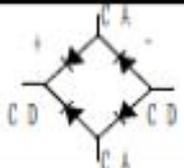
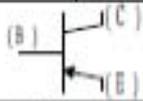
82) Botones con contacto momentáneo	
Un circuito	
Doble circuito	
Cabeza tipo hongo	
83) Botones con contacto mantenido	
Dos de un circuito	
Un doble circuito	
84) Contactos con operación instantánea	
Con supresor	
Sin supresor	
85) Contactos de relevador de tiempo	
La acción del contacto es retardada después que la bobina es:	
	

• Resistencias, capacitores y termopares

86) Resistencia	
87) Resistencia variable	
88) Reostato	
89) Termopar de calentamiento indirecto	
90) Termopar de calentamiento directo	
91) Capacitor fijo	

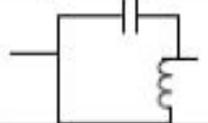
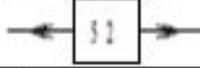
92) Capacitor variable	
------------------------	---

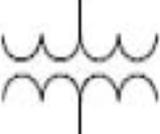
• **Semiconductores**

93) Diodo o rectificador de media onda	
94) Rectificador de onda completa	
95) Diodo túnel	
96) Diodo zener	
97) Diodo zener bidireccional	
98) Fotocelda	
99) Diodo controlado de silicio, SCR	
100) Transistor unijuntura programable	
101) Transistor tipo PNP	
102) Transistor tipo NPN	

Simbología usada en diagramas unifilares

103) Wattmetro	
104) Voltmetro	
105) Kilowattmetro	
106) Ampermetro	

107) Conmutador Voltmetro	
108) Conmutador Ampermetro	
109) Motor de inducción jaula de ardilla	
110) Motor de inducción de rotor devanado	
111) Kilowatt-horimetro	
112) Bateria	
113) Generador de corriente continua	
114) Generador	
115) Motor C.D.	
116) Control de motor	
117) Arrancador a tensión plena	
118) Arrancador a tensión reducida	
119) Apartarrayos	
120) Interruptor de potencia tipo removible, operación en aire o poco volumen de acetil	
121) Cuchillas o desconectador	
122) Conexión a tierra	
123) Transformador de corriente tipo boquilla o Bushing	

124) Transformador de corriente para control y medición	
125) Transformador de potencia	
126) Transformador de corriente de secuencia cero	
127) Transformador de potencial para control en el primario y en el secundario tipo removible	
128) Fusible	
129) Campo excitador	
130) Reostato de campo	
131) Interruptor termomagnético	
132) Resistencia detectora de temperatura (RID)	
133) Contactor	

Elementos generales de circuito

DESCRIPCION	SIMBOLOGIA ALEMANA	SIMBOLOGIA BRITANICA	SIMBOLOGIA ESTADOUNIDENSE Y CANADIENSE	SIMBOLOGIA INTERNACIONAL
Resistencia		= o 	= o 	= o
Resistencia con derivaciones		=	=	=
Embobinado, inductor				= o
Embobinado, inductor con derivaciones				= o
Capacitor				= o
Capacitor con derivaciones				=
Capacitor electrolítico polarizado				=
Imán permanente		=		=
Batería			=	=
Tierra		=	=	=
Estructura o chasis				
Estado variable en operación		= = =	= = =	= = =

Continuo, N por pasos variables, para la prueba (ajuste preinstalado)		== ==	== ==	== ==
Variable bajo la influencia de una cantidad fisica	Lineal No lineal 	= =	= =	= =
Descargador a distancia explosiva				
Derivador de ondas				=
Simbolo para sobrearco o punto de aislamiento para descarga disruptiva				=
Termopar		=		=
Reloj				
Convertidor, transmisor		=		=
Amplificador, simbolo general				=
Puente rectificador de onda completa				

BIBLIOGRAFÍA:

- Diseño de las instalaciones eléctricas para la utilización de la energía eléctrica.
Aurelio Moctezuma Garduño
Ed. Trillas
- Normas técnicas para instalaciones eléctricas.
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI
- Instalaciones eléctricas prácticas.
Becerril L. Diego Onésimo.
- Apuntes de instalaciones eléctricas.
Catedrático: Ing. Rolando Cruz De la Rosa.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2005, INSTALACIONES ELECTRICAS
- Bratu N., (1992), Instalaciones eléctricas, Introducción a las instalaciones eléctricas, Alfa omega grupo editor, 2da. Edición, México D. F.
- Harper E., Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas, Editorial Limusa.
- Harper E., (1992), Manual de las Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales, Ed. Limusa, México.
- Harper E., (1992), El ABC de las Instalaciones Eléctricas, Editorial Limusa, México. D. F.
- Richter H., (1986), Manual Practico de Instalaciones Eléctricas (Domesticas de Granjas e Industrias), Editorial C.E.C.S.A., México.
- López López, A y Guerrero-Strachan Carrillo, J. Instalaciones Eléctricas para Proyectos y Obras. Ed. Paraninfo, (6ª edición). Madrid, 2.001.
- Toledano Gasca, José y Martínez Requena, Juan. "Puesta a tierra en edificios y en instalaciones eléctricas". Paraninfo 1997