



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PARA UNA INSTALACIÓN
ELÉCTRICA DE UN CONJUNTO HABITACIONAL
BASADO EN LA NOM-001-SEDE-2005**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO "ELÉCTRICO ELECTRÓNICO"

PRESENTA:

EDUARDO TORRES ROJAS
JUAN DANIEL VÁZQUEZ CARRERA

ING. JAVIER BROSA CURCO

CIUDAD UNIVERSITARIA 21 /06/ 2013.



AGRADECIMIENTOS	i
1 INTRODUCCIÓN	
1.1 Utilización de la energía en residencias	1
1.2 Elementos principales que constituyen una instalación eléctrica	3
1.3 La planeación en un proyecto de instalación eléctrica	6
2. PRINCIPIOS GENERALES DE ELECTRICIDAD	
2.1. Electricidad	21
2.2. Fundamentos de Corriente Continua y Corriente Alterna	23
2.3. Circuito en Serie	26
2.4. Circuito en Paralelo	28
2.5. Relaciones entre Corriente, Tensión, Resistencia y Potencia en el Circuito	29
3. RIESGOS E IMPLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD	
3.1. Niveles de resistencia del cuerpo humano	32
3.2. Consecuencias de la corriente en el cuerpo humano	33
3.3. Tensión y corriente de contacto	36
4. REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO ELECTRICO	
4.1. Memoria de cálculo	40
4.2. Cuadro de cargas	45
4.3. Diagrama unifilar	47
5. NORMATIVIDAD	
5.1. Fundamento y sustento de la NOM-001-SEDE-2005	48
5.2. Objetivo de la NOM-001-SEDE-2005	51
5.3. Campo de aplicación de la NOM-001-SEDE-2005	51
5.4. Principios fundamentales de la NOM-001-SEDE-2005	52
5.5. Requerimientos y consideraciones normativas en una instalación eléctrica De tipo residencial.	58
5.6. Normas y reglamentos aplicables	68
6. DETERMINACION DE LA CARGA Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
6.1. Determinación de la carga	69
6.2. Circuitos derivados de alumbrado	69
6.2.1. Cálculo y selección de conductores	71
Por capacidad de conducción	71
Por caída de tensión	75
6.2.2. Cálculo y selección del dispositivo de protección contra sobrecorriente	77
6.2.3. Selección del conductor de puesta a tierra	80
6.2.4. Selección de la canalización	81
6.2.5. Dimensionamiento y selección de cajas y registros canalización	89
6.3. Circuitos derivados de receptáculo	93
6.3.1. Cálculo y selección de conductores	95
Por capacidad de conducción	95
Por caída de tensión.	96
6.3.2. Cálculo y selección del dispositivo de protección contra sobrecorriente	97
6.3.3. Capacidad nominal del receptáculos y capacidad del circuito derivado	97
6.3.4. Selección del conductor de puesta a tierra	99
6.3.5. Selección de la canalización	100
6.3.6. Dimensionamiento y selección de cajas y registros	104
6.4. Áreas comunes (elevador, bombeo, pasillos, estacionamiento, etc).	105
6.5. Circuitos alimentadores	115
6.6. Selección de la planta de emergencia y Transformador	123
6.7. Estudio de corto circuito trifásico en bus infinito transformador	127
6.8. Sistema de tierra	128
CONCLUSIONES	139
BIBLIOGRAFÍA	ii

AGRADECIMIENTOS

Daniel- Esto es en memoriam de mi padre el Sr. Juan Vázquez Nieto, agradezco todo el apoyo a mi mamá la Sra. Carmen Carrera Valencia que dio a mi carrera sin ella, esto no pudo haberse logrado porque fue la guía de un buen camino en la vida, a mis hermanos Eduardo Abraham y Javier.

Agradezco a nuestro asesor de tesis el Ing. Javier Brosa Curcó por su paciencia, a la Facultad de Ingeniería UNAM y a los ingenieros docentes por sus enseñanzas, por la formación que me dieron, ya que son los cimientos para poder desarrollarme profesionalmente como ingeniero y una parte académica muy importante en mi vida. Y sobre todo a Dios.

Eduardo- Infinitas gracias mis padres, el Sr. Noel Torres Lora y la Sra. Teresa Rojas Laguna, por su incondicional apoyo durante todos estos años, por sus valiosas enseñanzas y ejemplos, que han sido el complemento de mi educación. A Corina López Martínez, por motivarme a cerrar este ciclo. A mis hermanos Beatriz y Noé.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ingeniería y a todos los profesores que han contribuido a mi formación profesional, en particular al Lic. René Gómez y a la Ing. Carolina Garrido por el apoyo recibido. Agradecimientos especiales Ing. Javier Brosa Curcó por su apoyo para realización de esta tesis.

Y a Dios, por haber puesto y dispuesto a las personas e instituciones mencionadas en mi camino.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 FORMAS DE UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA EN RESIDENCIAS.

En las actividades cotidianas la energía eléctrica proporciona una serie de beneficios, facilita procesos, realiza junto con otros sistemas trabajo que nos ahorran tiempo y esfuerzo, es casi imposible citar alguna actividad humana en la que no este involucrada la electricidad, hoy en día resulta un suministro indispensable para las sociedades. En los distintos sectores productivos que componen a la sociedad, la energía eléctrica es uno de los principales energéticos que mueven e impulsan el desarrollo.

Son cinco grandes sectores que componen el conjunto de usuarios finales de energía eléctrica, industria, de servicios, agrícola, doméstico y comercial, cada uno con sus diferentes patrones de comportamiento.

Reportes de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), muestran que el sector doméstico representa el 87.99% de la clientela, la misma que le significa un 26.21% de las ventas directas al público. Por lo que este sector consume más de una cuarta parte de la energía eléctrica producida en el país. La figura 1.1 muestra la clientela de la C.F.E. por sector.

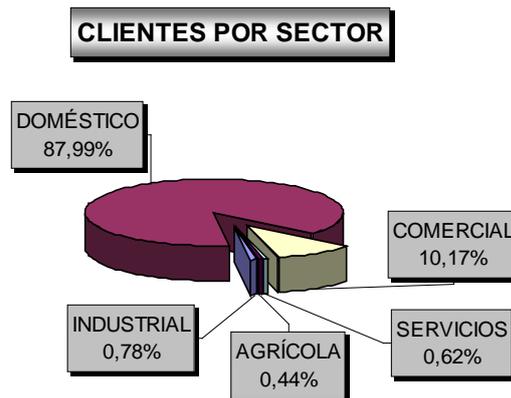


Figura 1.1 Fuente C.F.E.

En la figura 1.2 se observa el consumo de energía eléctrica por sector, según lo reportado por la C.F.E.

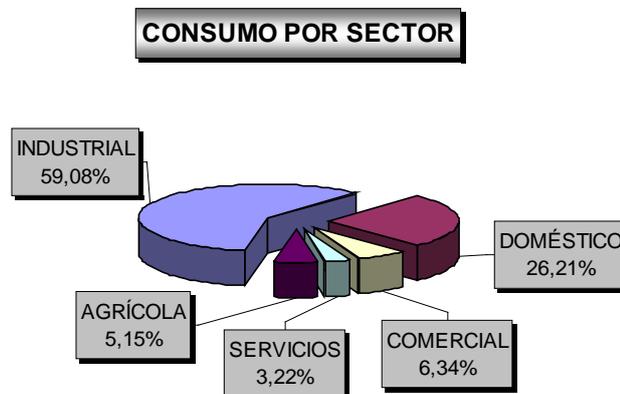


Figura 1.2 Fuente C.F.E.

En México la energía eléctrica se encuentra entre los primeros tres energéticos más empleados dentro del sector vivienda, teniendo como principal función, la utilización de aparatos electrodomésticos y de entretenimiento (televisor, radio, videojuegos, etc.) sistemas de iluminación, así como equipos de aire acondicionado y algunos equipos de calefacción.

Datos del INEGI arrojan que de los aparatos usados con mayor frecuencia en la vivienda, el televisor, es el más utilizado, seguido de la radio, la licuadora y el refrigerador, la lavadora, el teléfono y hoy en la actualidad la computadora o equipos de computo. En el caso del aire acondicionado y calefacción, la frecuencia de utilización puede incluso rebasar a los demás en las regiones del norte del país.

Dada la diversidad climática y geográfica en nuestro país, origina diferentes hábitos y costumbres de utilización de la electricidad, pero una media representativa del consumo de energía eléctrica en el hogar se muestra en la siguiente grafica (Fig. 1.3).

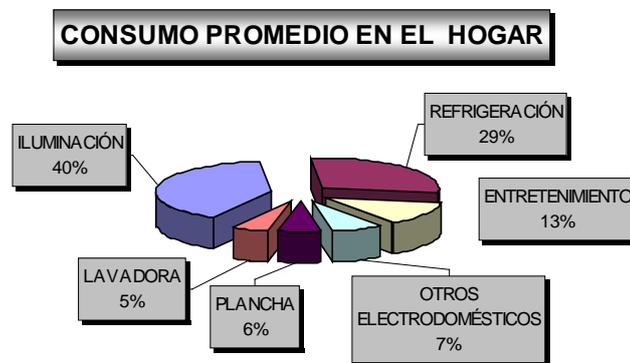


Figura 1.3

La gráfica describe el porcentaje de consumo promedio, exclusivamente, de electricidad en un hogar, y nos muestra que el 40% corresponde a iluminación, el 29% al refrigerador, el 13% a entretenimiento, el 7% a otros electrodomésticos, el 6% a la plancha y el 5% a la lavadora de ropa.

Cabe señalar que en el caso de unidades de vivienda los servicios comunes como alumbrado, bombeo, elevador contribuyen aunque sin modificar sustancialmente el comportamiento de consumo de tipo residencial.

En usos normales, la energía que consumen los aparatos varía en función de los watts de potencia de cada uno y del tiempo de operación. La siguiente tabla muestra el consumo algunos de los aparatos que suelen ser utilizados en las viviendas.

APARATO	CONSUMO [Watts]
Aspiradora	1200
Calefactor	1300
Horno de microondas	1200
Plancha	1200
Cafetera	700
Lavadora	375
Refrigerador	575
Secadora de pelo	825
Licuada	350
Computadora	150
TV	150
Lámpara incandescente (más común)	100
DVD	25
Parrilla eléctrica	850
Máquina de coser	125
Modular	75
Lámpara Ahorradora (fluorescente compacta)	13,16, etc.
Ventilador	100
Radio	15
Bomba para agua	400
Aire acondicionado	2950

Fig. 1.4 Fuente L.yF.C.

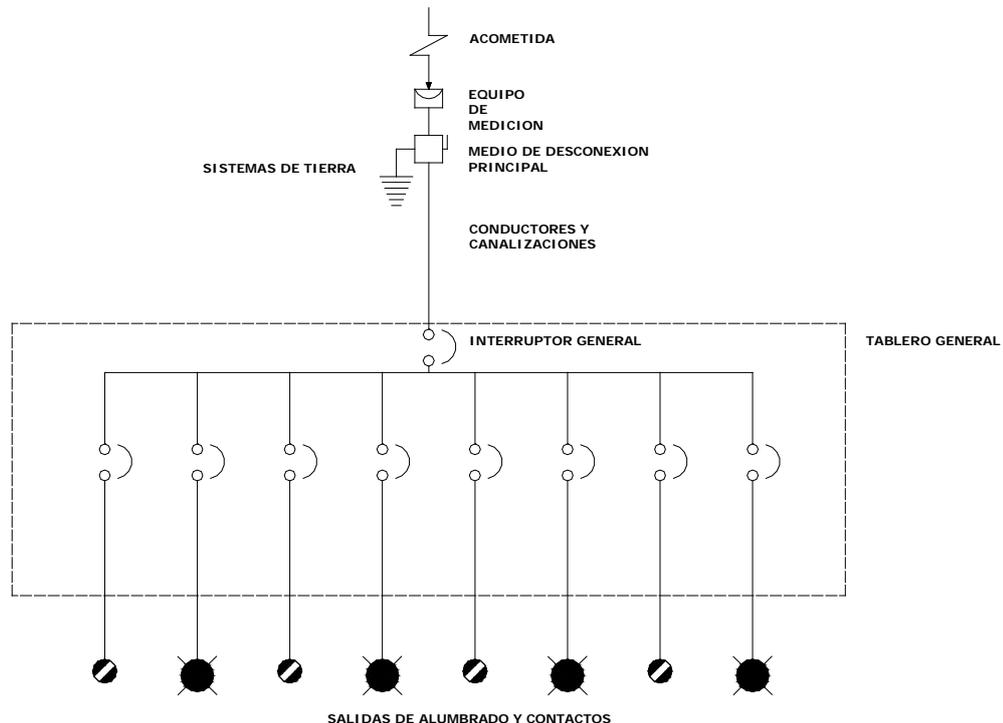
Los patrones de consumo son tan importantes como las formas y medios de utilización, es decir la disposición y el arreglo para que la energía sea distribuida de forma correcta dentro de los hogares, es responsabilidad de desarrolladores de inmuebles y en cierta medida también de los usuarios.

1.2 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Una instalación eléctrica para una vivienda es el caso más sencillo de suministro, pues ésta es alimentada desde el transformador más cercano perteneciente a la suministradora, ya sea en una, dos o tres fases, según sea el tipo de servicio contratado por el usuario. Pero en otra situación se encuentran las unidades de vivienda o conjuntos habitacionales en donde en ocasiones, es necesaria la instalación de equipos como transformadores y subestaciones para la distribución de la electricidad.

Estos sistemas eléctricos están compuestos bloques interconectados con funciones y características definidas, en el caso de las instalaciones eléctricas prevalece este tipo de filosofía, los elementos que las constituyen realizan una labor específica dentro del sistema como: conducción, desconexión, protección, recepción, transformación, etc. Para el caso de una instalación eléctrica sencilla los elementos que la componen se muestran y se describe a continuación:

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL



Acometida. Es el punto donde se conecta la red eléctrica, propiedad de la compañía suministradora del servicio, y el alambrado que abastece al usuario. Cabe señalar que la acometida puede ser aérea o subterránea dependiendo de las líneas de la compañía suministradora (CFE). En una acometida aérea los conductores de entrada van desde el último poste u otro soporte aéreo hasta un conector, incluyendo los empalmes, si existen, a los conductores de entrada de acometida en un edificio u otra estructura. Mientras que los de acometida subterránea, los conductores son enterrados en ductos o trincheras, en ocasiones es necesario un poste de transición aereo-subterráneo hasta el transformador, o el equipo de medición, dependiendo del tipo de suministro.

Equipo de medición. Es el instrumento usado para medir el consumo de energía eléctrica por un usuario, es conocido como Kilowatt-horímetro (para el uso residencial) es colocado a la entrada de la acometida y considerado como propiedad de la compañía suministradora.

Medio de desconexión principal. Llamado también equipo de acometida, es un dispositivo comúnmente compuesto por un interruptor automático o un desconectador (cuchillas) con fusibles, se instala entre el equipo de medición y el resto de la instalación, su función principal es protección y desconexión del sistema.

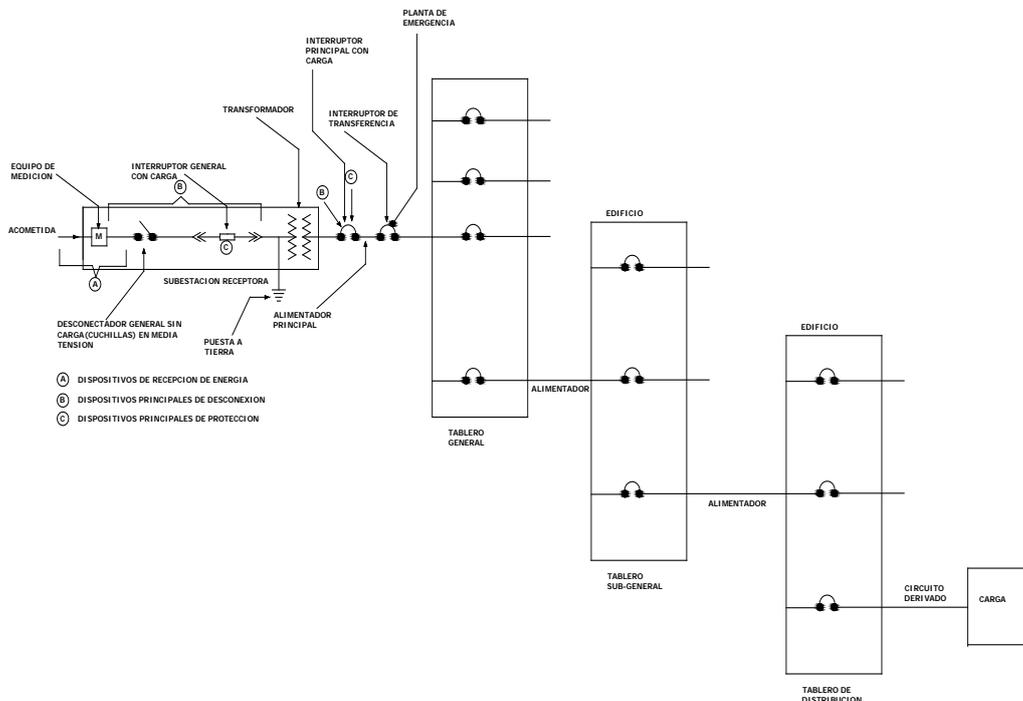
Sistemas de tierra. Compuesto por uno o más electrodos de puesta a tierra y un conductor del electrodo forman una red de conductores eléctricos unidos a una o más tomas de tierra y provisto de una o varias terminales a las que puede conectarse puntos de la instalación.

Tablero general. De alumbrado y/o de control es un panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente (interruptores termomagnéticos), directorios de circuitos. Su función principal es concentrar y distribuir la energía en circuitos derivados de alumbrado, receptáculos y fuerza.

Salidas de receptáculos, alumbrado y fuerza. En este punto de la instalación son conectados los equipos del usuario mediante dispositivos y accesorios especiales, como cajas de salida en el caso de alumbrado, receptáculos sencillos o dobles que permiten la unión por medio de clavijas o desconectores de cuchillas (interruptores de seguridad) para equipos de fuerza, motores, aire acondicionado, etc.

Conductores y canalizaciones. Estos elementos permiten la interconexión con los demás módulos o bloques del sistema, mientras los conductores ya sea de cobre o de aluminio, desnudos o forrados se encargan de transportar la electricidad, las canalizaciones metálicas o plásticas como: tubos, charolas o ductos, soportan y protegen a los conductores.

Las instalaciones eléctricas de vivienda como son los conjuntos habitacionales, se componen de elementos más complejos, debido a que hay que alimentar a mayor número de usuarios desde una misma acometida, aunque no varían mucho en sus esquemas en relación a los de las instalaciones eléctricas de residencias sencillas. A continuación se presenta un esquema que muestra los elementos que conforman una instalación eléctrica para un conjunto habitacional.



Subestación. Una subestación es un conjunto de elementos, instrumentos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control del flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento. De manera general una subestación se compone de un medio de desconexión sin carga, barras de conducción, apartarrayos, dispositivo contra sobrecorriente, medios de desconexión con carga, aisladores y transformador.

Interruptor principal en media tensión. Conjunto formado por un soporte para fusible con portafusible o una cuchilla de desconexión. El portafusible puede incluir un elemento conductor (elemento fusible) o puede actuar como cuchilla de desconexión mediante la inclusión de un elemento no fusible

Transformador. En algunas instalaciones dadas su magnitud puede requerirse varios niveles de tensión para lo cual se utiliza este equipo. Por otra parte pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo que tiene la acometida y por lo tanto no requieran de transformador

Tablero general. El tablero general es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de este se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

Alimentador. Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separadamente u otra fuente de alimentación y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

Circuito derivado. Conductor o conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la o las salidas finales de utilización. El circuito derivado alimenta a diversas salidas para alumbrado y electrodomésticos. Se puede dar el caso de que un circuito derivado alimente a un solo equipo de utilización.

Carga. Es la potencia instalada o demandada en un circuito eléctrico.

1.3 LA PLANEACIÓN EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La planeación es uno de los principios fundamentales que involucra un proyecto de ingeniería, consiste en exponer como será la delimitación del problema, justificando el planteamiento de los objetivos desarrollados inicialmente. En esta etapa se definen los niveles o etapas del desarrollo del proyecto, además de las técnicas y el control que se llevará a cabo.

En un proyecto de tipo eléctrico el planteamiento de los principios y procedimientos abarca el estudio estimativo preliminar de carga, la disponibilidad y características de energía, el dimensionamiento y localización de equipos, los requerimientos básicos del proyecto, la preferencia de equipos y materiales y el alcance del proyecto

Tratándose de instalaciones eléctricas la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, en el capítulo 3 “Principios Fundamentales”, contempla la planeación de las instalaciones eléctricas y obliga a tomar en cuenta factores que proporcionen protección

para personas, animales y bienes, así como el funcionamiento correcto y satisfactorio de la instalación de acuerdo a la utilización prevista.

Las instalaciones eléctricas en sus distintas aplicaciones sociales han tenido evoluciones a lo largo de los años, cuyo origen está en la modernización de los equipos y materiales como procedimiento de construcción y metodologías de diseño.

La evolución de las instalaciones eléctricas está condicionada por la normatividad; es decir, es un proceso dinámico que requiere actualización permanente en lo concerniente con los conocimientos básicos de diseño.

La información necesaria para la planeación de la instalación eléctrica considera las características de la alimentación o alimentaciones disponibles, es decir, prever la utilización de tres tipos de conductores en la instalación, el vivo(os) o de fase(es), el neutro (puesto a tierra) y el de conductor puesta a tierra. Los valores nominales y tolerancias para la tensión, frecuencia, corriente máxima admisible y corriente probable de corto circuito.

El conductor de puesta a tierra (tierra física) como medida de protección inherente, conocer o proyectar la capacidad instalada, la demanda, el factor de demanda y la tensión de alimentación. También se debe considerar la naturaleza de la demanda, es decir, el número y tipo de circuitos alimentadores y derivados para iluminación, fuerza, calefacción, etc., definidos por el consumo de la demanda, la carga en diferentes circuitos, condiciones especiales y variaciones en la demanda. Prever si lo requiere el proyecto de alimentación de emergencia

Para que la instalación opere de manera satisfactoria las recomendaciones y aspectos a considerar son en primer lugar el área de la sección transversal de los conductores, la cual se determina en función de su temperatura máxima admisible, la caída de tensión admisible, esfuerzos mecánicos y electromecánicos y valores de impedancia.

El tipo de alambrado y métodos de instalación deberán ser ejecutados tomando en cuenta criterios de accesibilidad para las personas, la naturaleza del lugar, así como la de las paredes u otras partes de los edificios que soportan el alambrado, también contemplar los esfuerzos electromecánicos que ocurren durante un corto circuito y otros esfuerzos a los cuales puedan exponerse los alambrados durante la realización de las instalaciones eléctricas o en servicio.

El resguardo de la instalación se logra mediante la aplicación y coordinación de dispositivos de protección, sus características se determinan en base su función de protección y pueden ser de sobrecorriente, falla a tierra, sobretensiones, baja tensión. Si es necesario, en caso de peligro, la interrupción inmediata de la tensión de alimentación de las fuentes de energía, debe instalarse un dispositivo de interrupción de manera tal que sea fácilmente reconocible y rápidamente operable.

Deben proveerse dispositivos de desconexión para permitir desconectar de la instalación eléctrica, los circuitos o los aparatos individuales con el fin de permitir el mantenimiento, la comprobación, localización de fallas y reparaciones.

La instalación eléctrica debe estar dispuesta de tal forma que no haya influencia mutua perjudicial entre la instalación eléctrica y las instalaciones no eléctricas del edificio. Los

equipos eléctricos deben estar dispuestos para permitir tanto como sea necesario, espacio suficiente para realizar la instalación inicial y el posterior reemplazo del equipo eléctrico y accesibilidad para la operación, pruebas, inspección, mantenimiento y reparación.

Materiales para instalaciones eléctricas. En una instalación correctamente diseñada se deben emplear materiales aprobados y certificados por las normas nacionales e internacionales en algunos casos. Estos materiales pueden ser para canalizaciones de la instalación eléctrica como son: tubo conduit, coples, niples, buses ducto, conductores, cajas de conexión, dispositivos de protección, etc.

Tipos de Canalizaciones. Una canalización es un conducto cerrado diseñado para contener cables pueden ser metálicos y no metálicos.

Tubos conduit metálicos. Existen tubos conduit metálicos que se utilizan en lugares cerrados o abiertos, dependiendo de la utilización de acuerdo a la norma es el uso que se les da. Es el sistema de canalización más comúnmente utilizado.

Aunque también existen tuberías para lugares donde hay riesgo a corrosión, como lo pueden ser plantas desalinizadoras, plantas químicas y otras.

Los tipos más comúnmente usados son:

- De pared gruesa
- De pared delgada
- Metálico flexible

Tubería conduit metálico pared gruesa.

Este tipo de tubería se suministra en tramos de 3.05 m de longitud en acero o aluminio y se encuentra disponible de 16 mm diámetro (1/2" diámetro) hasta 155mm diámetro (6" diámetro), de acuerdo al cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2005, son en estos diámetros, cada extremos del tubo se encuentra roscado y cada tubo tiene un cople incluido, el tubo metálico normalmente es galvanizado y tiene un recubrimiento especial cuando se usa en áreas corrosivas.

El tubo conduit puede ir embebido en las construcciones de concreto (muros o losas), o bien puede ir montado de manera superficial, en camas de tuberías con soportes especiales, esto se muestra en las imágenes a) y b).



a) Tubería conduit pared gruesa galvanizada



b) Tubería conduit pared gruesa con recubrimiento especial anticorrosivo.

Tubería conduit metálico pared delgada.

Este tipo de tubería se suministra en tramos de 3.05 m de longitud en acero o aluminio y se encuentra disponible en estos diámetros de 16 mm diámetro (1/2" diámetro) hasta 103mm diámetro (4" diámetro), de acuerdo al cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2005, estos tubos son más delgados por lo que tienen mayor espacio disponible en su interior, pero tienden a deformarse por lo mismo que son más delgados, aunque es más fácil poder hacer curvas para derivaciones o desviaciones.

Se pueden instalar en lugares secos o interiores de manera aparente, pero que no estén expuestos a corrosión, como edificios residenciales, de gobierno etc.

Estos tubos tienen también otra diferencia que no son roscados en sus extremos, por lo que requieren coples para su instalación.

Tubo conduit metálico flexible.

Este es un tubo de cinta metálica engargolada (en forma helicoidal), puede tener o no recubrimiento dependiendo de la aplicación ya sea interior o exterior. La tubería conduit metálica flexible es utilizada en áreas donde se dificultan los dobleces, o bien en lugares donde existen vibraciones mecánicas (como pueden ser juntas en edificios) que pueden afectar las uniones rígidas de las instalaciones. Se encuentra disponible en estos diámetros de 16 mm diám (1/2" diám) hasta 103mm diám (4" diám) de acuerdo al cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2005, para su cumplimiento dependiendo de la aplicación.



Tubería conduit flexible tipo zappa Tubería conduit flexible tipo liquid tight.

Tubo conduit no metálico.

En la actualidad hay muchos tubos conduit no metálicos para diferentes aplicaciones y están contruidos de diferentes materiales tales como el cloruro de polivinilo (PVC), la fibra de vidrio, el polietileno y otros.

El tubo más usado en las instalaciones residenciales es el PVC, que es un material autoextinguible, resistente al colapso, a la humedad y a los agentes químicos específicos.

Se puede usar en instalaciones ocultas, embebidas en concreto, aparentes en áreas donde no sufran daños mecánicos, y algunas veces en lugares expuestos a agentes químicos.

Este tipo de tubería se suministra en tramos de 3.05 m de longitud y se encuentra disponible para tipo ligero de 16 mm diámetro (1/2" diámetro) hasta 53mm diámetro (2" diámetro), para tipo pesado de 16 mm diámetro (1/2" diámetro) hasta 155mm diámetro (6" diámetro) de acuerdo al cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2005, existen tipo pesado y tipo ligero, y una variedad de conectores y cajas también en PVC, de fácil acoplamiento ya que requieren pegamento para unir tubería entre sí, a conexiones o cajas.



Tubería conduit no metálica

Tubería conduit de polietileno

Los tubos (conduit) de polietileno pueden ser de dos tipos: una canalización semirrígida, lisa o una canalización corrugada y flexible, ambos con sección transversal circular, y sus correspondientes accesorios aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Están compuestos de material que es resistente a la humedad y a atmósferas químicas. Estos tubos (conduit) tienen la desventaja que no son resistentes a la flama.

Existe una gran variedad de tuberías de polietileno de acuerdo al uso ya sean comunicaciones, eléctricas o de agua.

Son utilizados normalmente los tubos eléctricos para acometidas de media tensión.

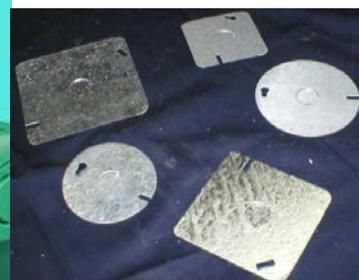
Tubo de polietileno corrugado.

Cajas y accesorios para canalización de tubos.

Las cajas eléctricas son el punto que permite acomodar las llegadas de distintos tipos de tubo conduit, cables armados, o tubos no metálicos, con el propósito de proporcionar salidas de receptáculos, apagadores, salidas para luminarias en general. Están diseñadas de diferentes tipos y tamaños para tener un accesorio versátil para su montaje en instalaciones eléctricas.

Estas cajas se fabrican galvanizadas y no metálicas, pueden ser rectangulares, cuadradas y octagonales.

La diferencia entre las cajas metálicas y las no metálicas es que todas las cajas metálicas en una instalación eléctrica deben estar puestas a tierra de acuerdo al artículo 370-4.





A continuación se muestra una tabla de acuerdo al número máximo de conductores permitidos en una caja de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2005.

TABLA 310-16.- 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 (véase Tabla 310-13)					
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW*, CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	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	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500

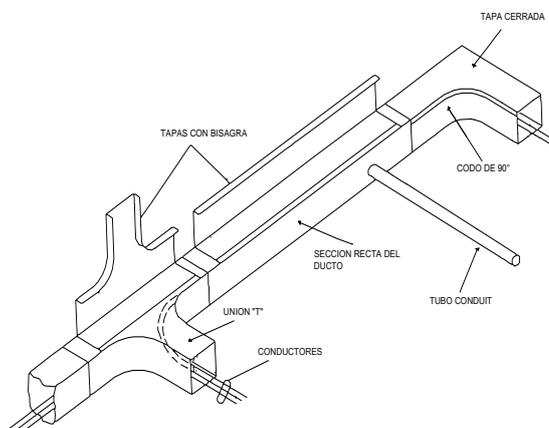
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	520	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1010	2000	560	665	750	470	560	630
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	
56-60	****	0,58	0,71	****	0,58	0,71	
61-70	****	0,33	0,58	****	0,33	0,58	
71-80	****	****	0,41	****	****	0,41	

* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, 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.

Ductos metálicos.

Este tipo de ductos pueden tener la tapa embisagrada o de tipo desmontable, sirve para contener y a la vez proteger a los conductores, que se colocan o alojan en el ducto cuando este ha sido ya totalmente instalado.

Se usa en canalizaciones visibles y lugares secos, para los fines de espacio de ventilación, todos los conductores alojados en un ducto, lleven o no corriente, no deben ocupar más del 40 % de la sección transversal del ducto y no deben alojar más de 30 conductores que lleven corriente. A continuación se muestra un ducto y sus accesorios.

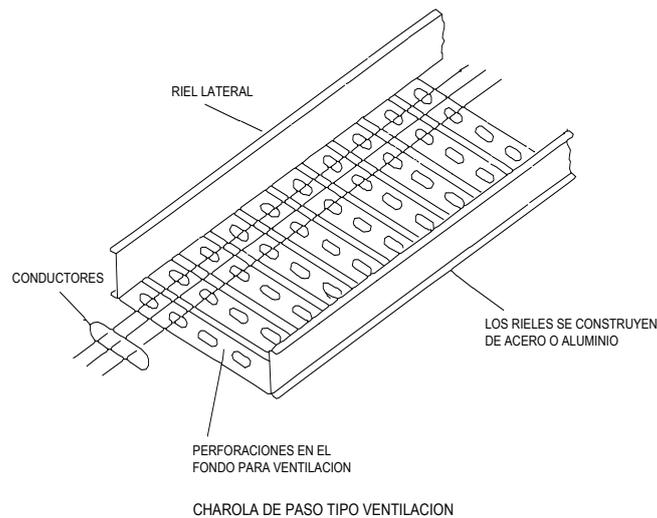


ELEMENTOS DE DUCTOS METALICOS CON BISAGRA

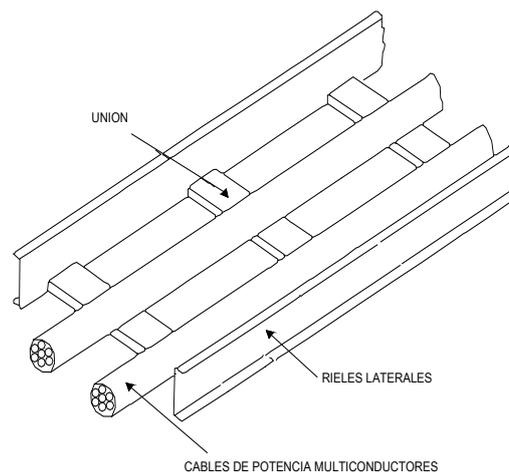
Charolas para cables.

Las charolas son fabricadas en secciones rectas con herrajes que se pueden unir para formar sistemas de canalizaciones. Se tienen tres tipos de charolas para cable:

Charolas de paso. Que tienen un fondo continuo ya sea ventilado o no ventilado, y con ancho estándar de 15 cm, 22 cm, 30 cm y 60 cm, se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un soporte completo. A continuación se muestra



Charola tipo escalera. Estos son de construcción muy sencilla, consisten en dos rieles laterales unidos o conectados por “barrotos” individuales. Por lo general se usan como soporte de cables de potencia. Se fabrican en anchos estándar de 15 cm, 22 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm y 75 cm. Se fabrican en acero y aluminio.



CHAROLA TIPO ESCALERA

Charola tipo canal. Están constituidas de una sección de canal ventilada. Se usan para soportar cables de potencia sencillos o múltiples, se fabrican de 7.5 cm y 10 cm.

Conductores Eléctricos

En general la palabra conductor se usa con un sentido distinto al de alambre, ya que por lo general un alambre es de sección circular, mientras que un conductor puede tener otras formas (barras rectangulares o circulares) sin embargo, es común se les que a los alambres se les designe como conductores.

La mayor parte de los conductores usados en las instalaciones eléctricas son de cobre Cu o aluminio Al, debido a su buena conductividad y a su fácil comercialización.

Comparativamente el conductor de aluminio es 16% aproximadamente menos conductor que el cobre, últimamente es de los más utilizados debido al costo, pero sobre todo para evitar robos de alimentadores en vía pública.

Material aislante, es toda sustancia de tan baja conductividad que el paso de la corriente eléctrica a través de ella es prácticamente despreciable. Se tiene en cada aislamiento eléctrico una cierta cantidad de características o parámetros que permiten estudiar, evaluar y comparar estos materiales. Por ejemplo los valores mecánicos importantes son: la resistencia a la tensión y la elongación de un material antes y después de someterlo a una prueba de envejecimiento acelerado, así como también su dureza y flexibilidad. Entre las cualidades eléctricas están: la rigidez dieléctrica del material, su resistividad, su factor de potencia y su constante dieléctrica. Otros aspectos importantes serán su resistencia al calor, ozono, a la humedad, a la intemperie, a la luz solar, a los aceites y productos químicos.

Para instalaciones eléctricas los conductores de manera general se fabrican en sección circular de material sólido dependiendo de la cantidad de corriente por conducir, aunque en algunos casos se fabrican de manera rectangular o tubular debido a la alta conducción de corriente.

Desde el punto de vista de la norma, los conductores se han identificado por un número que corresponde a lo que comúnmente se conoce como calibre del conductor, y que se sigue el sistema americano de designación AWG (American Wire Gage) siendo el más grueso el número 4/0 siguiendo en orden descendente hasta llegar al calibre 14 como mínimo para instalaciones eléctricas.

Para conductores con un área mayor a 4/0 AWG, se hace una designación que está en función de su área en pulgadas, para lo que se emplea una unidad denominada el circular mil, siendo así por ejemplo que un conductor 250 corresponderá a cuya sección sea 250,000 CM, y así sucesivamente.

Se denomina circular mil a la sección de un círculo que tiene un diámetro de un milésimo de pulgada (0.001 plg).

La relación entre un circular mil y el área en mm^2 para un conductor se obtiene como sigue:

$$1 \text{ PLG} = 25.4 \text{ mm}$$

$$1/1000 \text{ PLG} = 0.0254 \text{ mm}$$

Siendo el circular mil un área:

$$1 \text{ cm} = D^2/4 = 3.1415 \times (0.0254)^2/4$$

$$= 5.064506 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

De donde:

$$1 \text{ mm}^2 = 10^4/5.064506 = 1974 \text{ cm}$$

De forma aproximada se tiene:

$$1 \text{ mm}^2 \approx 200 \text{ mm}$$



Galga de espesores para conductores.

Aislamiento de los conductores.

Los siguientes son los posibles aislantes: hule natural, hule SBR o GRS, hule Butilo, neopreno que químicamente es un polímero de cloropreno, el polietileno clorosulfonado (hypalon), policloruro de vinilo PVC, polietileno (PE), polietileno de cadena cruzada (XLP), etileno propileno (EP o EPR).

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

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

Hule Butilo. Este material es un polímero del isobutileno-isopreno. Aunque este fue desarrollado en 1940, tomo algunos años vencer algunos problemas técnicos de proceso para poder emplearlo como aislamiento de conductores eléctricos.

Sin embargo, en 1947 se empezó a lograr una enorme producción de cables con aislamiento para tensiones de hasta 35,000 (V). Una vez que las dificultades de formulación y preparación de compuesto de hule butilo fueron vencidas, se logro tener un excelente aislamiento para alta tensión. Este aislamiento puede trabajar a temperaturas de operación continua hasta 90°C. es inherentemente resistente al ozono y

la humedad. Muy resistente al calor, de buena resistividad y rigidez dieléctrica, de buenas propiedades mecánicas y excelente resistencia a la deformación térmica. Este es un buen aislamiento para cables que ha venido siendo desplazado últimamente por materiales nuevos y mejores.

Neopreno. El neopreno químicamente es un polímero del cloropreno, no tiene gran aplicación como aislante eléctrico porque su contenido de cloro hace que sus cualidades aislantes no sean muy elevadas. Su principal o mayor uso es, en la fabricación de cubiertas exteriores de cables aislados. Pueden prepararse compuestos de él con muy buena resistencia mecánica a la tensión y el rasgado. Por su estructura química es resistente al aceite, a los materiales químicos, al calor, la humedad y flama. Es altamente resistente al ozono y al ataque de la intemperie. En relación a la resistencia a la flama, como en su constitución contiene cloro, el material es no propagador de flama. El neopreno es capaz de operar en un rango de muy amplio de temperaturas; empleado como cubierta externa puede trabajar tan bajas como -65°C y especialmente formulado puede usarse en cables con temperatura nominal de 90°C .

Polietileno Clorosulfonado (Hypalon). Ha sido aprobado por la norma Underwriters para las clases de aislamiento RHH y RHW. Puede emplearse como un compuesto aislamiento-cubierta integral para muchos cables, especialmente del tipo automotriz. Posee buenas cualidades eléctricas para usarse como un aislamiento eléctrico de baja tensión. Posee una gran resistencia al calor y a la humedad, puede prepararse formulaciones especiales para muy bajas temperaturas. Su constante dieléctrica, su factor de potencia y otras características eléctricas no permiten aplicarlo con un aislamiento para altas tensiones. Resistente al calor, la intemperie, al oxígeno y a los aceites.

Policloruro de Vinilo (PVC). Los compuestos aislantes de este material tienen como base el polímero del cloruro de vinilo. Las primeras formulaciones de policloruro de vinilo para la fabricación de compuestos termoplásticos aislantes, se empezaron a desarrollar a partir de 1930 y aunque en un principio esos compuestos solo se mejoraron y actualmente tenemos compuestos como pueden emplearse en cables cuyas temperaturas de servicio fueron de 60°C , posteriormente se mejoraron y actualmente tenemos compuestos que pueden emplearse para cables con temperaturas en el conductor de 75, 90 y 105°C para tensiones de 600 volts. Los compuestos de PVC tienen muy buenas propiedades mecánicas, pero sus cualidades eléctricas no son sobresalientes, su alta constante eléctrica y su factor de potencia hacen de él un aislamiento de altas pérdidas dieléctricas que no limitan para emplearlo en cables de alta tensión, por esta causa su aplicación se limita en nuestro medio para emplearlo para tensiones no mayores de 1,000 [V]. El PVC se emplea en la fabricación de alambres y cables de los tipos T, TW, THW, THHN, THWN.

Polietileno (PE). Es un material termoplástico constituido por cadenas lineales o ramificadas de manómetros de etileno. Fue originalmente desarrollado en 1937 y abundantemente fabricado en los Estados Unidos a partir de 1940. Eléctricamente el polietileno posee el mejor conjunto de cualidades que se pueden esperar en un aislamiento sólido: alta rigidez dieléctrica, bajo factor de potencia, baja constante dieléctrica. Sus propiedades mecánicas son buenas, sin embargo sus limitaciones principales son su pobre resistencia a la flama. El polietileno convencional se encuentra normalizado como aislamiento para calves cuya temperatura de servicio no sea mayor

de 75°C y para tensiones de hasta 69,000 volts. El polietileno natural de baja densidad está formado por la polimerización de moléculas de etileno en forma lineal simple, pero si el proceso de polimerización se conduce a baja presión se obtienen cadenas con ramificaciones resultando un compuesto más duro y rígido y especialmente resistente a la abrasión, que si se pigmenta con negro de humo especial proporciona un material excelente para cables tipo intemperie o para distribución aérea de baja tensión. Por sus buenas propiedades mecánicas y su alta resistencia a la humedad se emplea también como cubierta externa de algunos cables de energía y de comunicación. Es el material por excelencia para fabricar los aislamientos de cables telefónicos.

Polietileno de Cadena Cruzada (XLP). El polietileno de cadena cruzada, polietileno de reticulado o simplemente XLP o XLPE se produce por la combinación de un polietileno termoplástico y un peróxido orgánico adecuado, bajo ciertas condiciones de presión y temperatura. El aislamiento resultante es de color natural o café claro dependiendo del tipo de antioxidante que se emplee para la preparación. La resina de polietileno reticulada se puede emplear pura o mezclada con negro de humo o cargas minerales que le mejoran sus propiedades físicas, pero disminuyen sus cualidades eléctricas, por lo que esta combinación se emplea pocas veces y para cables de tensiones bajas. Después de la extrusión, el cable forrado con polietileno vulcanizable pasa a través de una línea de vulcanización con gas o vapor a alta presión y temperatura con la que el material se convierte de termoplástico a termofijo, es decir el aislamiento ya no se funde o escurre a altas temperaturas. Los aislamientos de polietileno reticulado para altas tensiones tienen buenas cualidades mecánicas, poseen buena resistencia a la compresión y deformación térmica y tienen una excelente resistencia al envejecimiento por altas y bajas temperaturas. Sus cualidades como rigidez dieléctrica, factor de potencia, constantes dieléctricas y de aislamiento, así como su estabilidad eléctrica en agua son sobresalientes. Es altamente resistente al ozono, a la humedad y productos químicos. El polietileno vulcanizado es un aislamiento para temperaturas de 90°C en operación normal, 130°C en condiciones de emergencia y 250°C en condiciones de corto circuito t se ha llegado a emplear en cables para tensiones hasta de 69, 115, 230 y 500 kV.

Etileno propileno (EP o EPR). El aislamiento de etileno propileno comúnmente conocido como hule EPR, es un material elastomérico obtenido a partir del etileno y el propileno. Un aislamiento típico de EPR para alta tensión es un compuesto que se prepara mezclando la resina de etileno-propileno con varios integrantes más, como cargas minerales, antioxidantes, plastificantes, agentes de vulcanización, etc. Y al igual que en el cable XLP el cable aislado con el compuesto de EPR, se someten a un proceso de vulcanización obteniéndose un material termofijo. Los aislamientos de EPR debidamente procesados y formulados poseen muy buenas condiciones eléctricas y físicas; sobresaliente resistencia térmica y al ozono, así como una excelente estabilidad al agua. Los cables aislados con etileno-propileno poseen una muy buena flexibilidad que permite un adecuado manejo durante la instalación. Los rangos térmicos de trabajo son los mismos que se mencionaron para el XLP.

Existe una amplia variedad de aislamientos para conductores y satisfacer los requerimientos de las distintas aplicaciones. Estos tipos de aislamientos están diseñados por tamaño ya sea expresado en AWG o kCMIL, su voltaje y su tipo de aislamiento.

El aislamiento de los cables se asigna como:

A= aislamiento asbesto

MI= aislamiento mineral

R= aislamiento de hule

SA= aislamiento de silicio-asbesto

T=aislamiento termoplástico

V=aislamiento de cambray barnizado

X= aislamiento de polímero sintético barnizado

Los cables se designan por medio de su operación como:

H= resistencia al calor hasta 75°C

HH= resistencia al calor hasta 90°C

Si no hay designación significa 60°C

W=resistencia a la humedad

UF=para uso subterráneo

Muchos cables están diseñados y certificados para ser usados en varias condiciones ambientales, tales como cables multiuso y están marcados.

Por ejemplo, un cable marcado TW indica 60°C, con aislamiento termoplástico capaz de ser usado en ambientes húmedos.

El tipo THW indica 75°C, con aislamiento termoplástico capaz de ser usado en ambientes de resistencia a la humedad y al calor.

El tipo THHW representa un cable con aislamiento sintético de polímero trenzado para operar hasta 90°C resistente a la humedad y al calor. Resistente a la propagación de incendios.

Planeación y seguridad

Una instalación eléctrica tiene por objetivo distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente, un buen diseño y una buena construcción evitan y disminuyen el riesgo de incendio y electrocución. La protección es otro principio fundamental que garantiza la seguridad de los usuarios de una instalación eléctrica.

Las corrientes de choque y las temperaturas excesivas, son los dos riesgos mayores que se encuentran en una instalación eléctrica, primeras causantes de electrocuciones y las segundas capaces de provocar incendios, quemaduras entre otros efectos peligrosos, todo lo anterior con consecuencias graves.

Los siguientes tipos de protección y la correcta aplicación de sus métodos, garantizan el uso de la energía eléctrica de forma segura.

Protección contra choques eléctricos. Primordialmente a personas pero también a los animales, la instalación debe garantizar que éstos no entren en contacto con las partes vivas que conforman a la instalación. Esta condición de seguridad se logra previniendo que una corriente pueda pasar a través del cuerpo de una persona o de un animal, o limitando la corriente que pueda pasar a través del cuerpo a un valor inferior al de la corriente de choque.

Protección contra contactos indirectos. En caso de falla, la instalación debe proveer la protección necesaria para evitar que las personas y animales resulten lesionados por el contacto indirecto con partes conductoras expuestas. Lo cual se consigue previniendo que una corriente de falla pase a través del cuerpo de una persona o de un animal, o limitando la corriente de falla que pueda pasar a través del cuerpo a un valor inferior al de la corriente de choque. Un tercer método aplicable que constituye el principio fundamental de seguridad es efectuar la desconexión automática de la alimentación en determinado tiempo, evitando que después de que ocurra una falla que pueda causar que una corriente, fluya a través de un cuerpo en contacto con partes conductoras expuestas, cuando el valor de dicha corriente es igual o mayor que la corriente de choque.

Protección contra los efectos térmicos. La instalación eléctrica debe realizarse de tal forma que no exista ningún riesgo de ignición de materiales inflamables debido a las altas temperaturas o a los arcos eléctricos. Además, durante la operación normal del equipo eléctrico, no debe haber riesgo de que las personas o animales sufran quemaduras.

Protección contra sobrecorrientes. Se debe proteger contra lesiones provocadas por altas temperaturas y esfuerzos electromecánicos originados por cualquier sobrecorriente en conductores vivos, a los usuarios de la instalación, así como daños a los bienes de éstos. Los métodos para evitar los peligros que significan una sobre corrientes son: la desconexión automática antes de que la sobrecorriente alcance un valor peligroso considerando su duración o limitando la máxima sobrecorriente a un valor seguro considerando su duración.

Protección contra las corrientes de falla. Los conductores que no sean los conductores vivos, y las otras partes diseñadas para conducir una corriente de falla, deben poder conducir estas corrientes sin alcanzar una temperatura superior a la máxima permisible para los conductores.

Protección contra sobretensiones. Las personas y los animales deben protegerse contra lesiones y los bienes contra daños que sean consecuencia de una tensión excesiva motivada por fenómenos atmosféricos, electricidad estática, fallas en la operación de los equipos de interrupción o bien por fallas entre partes vivas de circuitos alimentados a tensiones diferentes.

CAPITULO 2 PRINCIPIOS GENERALES DE ELECTRICIDAD

2.1. ELECTRICIDAD

La electricidad debe su nombre a la palabra griega “elektrón” que significa ámbar (una resina fósil), los griegos observaron que ésta al ser frotada con lana, adquiría la propiedad de atraer cuerpos muy ligeros, la reproducción y estudio de estos fenómenos causaban inquietud en la época (600 A.C.), lo que para nuestros días, al observar o presenciar un fenómeno similar nos referimos a él como, que posee carga eléctrica o que está cargado eléctricamente.

Las indiscutibles fuerzas de atracción y de repulsión entre los elementos llevaron a definir la existencia de cargas negativas, cargas positivas y cargas neutras, y toda una serie de teorías que explicaban la constitución de la materia y la estructura atómica. Así bien hoy sabemos que un átomo está compuesto por tres subpartículas, el electrón cargado negativamente; el protón cargado positivamente y el neutrón de carga neutra. La carga negativa del electrón es de igual magnitud que la carga positiva del protón. La carga de un protón o de un electrón es la unidad fundamental y natural de carga.

Las cargas eléctricas no son engendradas ni creadas en los cuerpos, son adquiridas o transmitidas, cuando se pierden electrones se adquiere carga positiva, y cuando se ganan electrones se tiene carga negativa.

La corriente eléctrica se define como el paso de cargas eléctricas entre dos puntos, entre los que se mantiene una diferencia de potencial permanente. Por convenio se estableció que la corriente eléctrica era el paso de cargas positivas desde el punto de mayor potencial al de menor potencial. En realidad es el paso de electrones o cargas negativas desde el punto de menor al de mayor potencial.

Si aplicamos y mantenemos un campo eléctrico dentro de un conductor vemos que se establece un movimiento de cargas, debido a las fuerzas que se ejercen sobre ellas; este movimiento constituye una corriente eléctrica. Cuando un conductor que tiene abundantes cargas libres y se somete a la acción de un campo eléctrico, sus cargas se reagrupan dando origen a un movimiento de corta duración. Si queremos que circule una corriente permanente en un conductor se debe mantener continuamente un campo, es decir un gradiente de potencial dentro de él. Si el campo siempre tiene el mismo sentido, la corriente es continua, y si el campo se invierte periódicamente la corriente es alterna.

Hay un cierto número de dispositivos eléctricos que tienen la propiedad de mantener un gradiente de potencial, es decir un campo eléctrico, a los que llamamos generadores. Así pues cuando conectamos un hilo conductor a un generador, se ponen en movimiento las cargas libres del interior del conductor, las negativas en el sentido opuesto al campo y las positivas en el mismo sentido del campo.

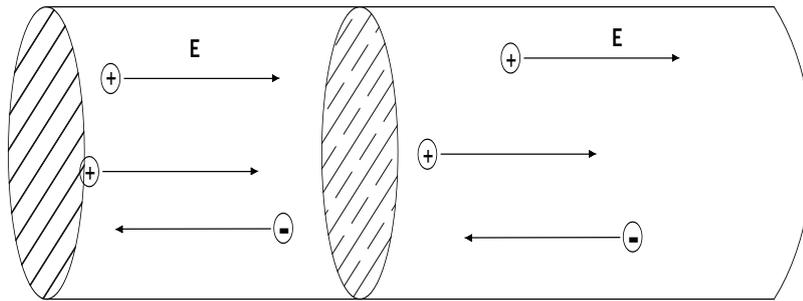


Figura 2.1

En la figura 2.1 anterior se representa una porción de conductor al que se le aplica un campo eléctrico, cuyo efecto es un movimiento de cargas.

La sección intermedia es atravesada por cargas positivas y negativas en ambos sentidos. Podemos llamar q^+ al total de carga positiva, y q^- al de carga negativa que pasó por esa sección en un tiempo determinado t ; resultando $q = q^+ + q^-$ como el total de la carga que pasó por la sección.

Llamamos intensidad de la corriente i a la carga que circula en una unidad de tiempo, por una sección recta de un conductor.

$$I=Q/T$$

$$[\text{Amper}] = [\text{Culomb}] / [\text{Segundo}]$$

La unidad de intensidad es el ampere.

Un ampere es la intensidad de la corriente, cuando transita un culomb de carga en un segundo.

Se denomina fuerza electromotriz (fem) a la energía proveniente de cualquier fuente, medio o dispositivo que suministre corriente eléctrica. Para ello se necesita la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos o polos (uno negativo y el otro positivo) de dicha fuente, que sea capaz de bombear o impulsar las cargas eléctricas a través de un circuito cerrado.

Fuerza electromotriz = energía/Carga;

$$\text{fem} = E/Q$$

La unidad de fuerza electromotriz en el SI es el voltio [V]: 1 voltio = 1 julio / 1 culombio

Joule demostró que cuando una corriente eléctrica circula por un conductor, se produce un calor que:

- Es proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente.
- Proporcional al tiempo que dura la corriente.
- Proporcional a la resistencia del conductor.

En un circuito eléctrico hay combinación de elementos activos y pasivos, y no puede haber una corriente si no se mantiene una diferencia de potencial por los generadores.

La intensidad de la corriente está regulada por la resistencia del circuito, es decir, por el choque de unos electrones con otros y con los átomos.

Quien realizó un estudio sobre este fenómeno fue el físico Ohm, el cual estableció un postulado.

La Ley de Ohm, postulada por el físico y matemático alemán Georg Simon Ohm, es una de las leyes fundamentales de la electrodinámica, estrechamente vinculada a los valores de las unidades básicas presentes en cualquier circuito eléctrico como son:

- Tensión o voltaje (**E**), en volt (V).
- Intensidad de la corriente (**I**), en ampere (A) o sus submúltiplos.
- Resistencia (**R**) de la carga o consumidor conectado al circuito en ohm (Ω), o sus múltiplos.

Postulado general de la Ley de Ohm

“El flujo de corriente en ampere que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión o voltaje aplicado, e inversamente proporcional a la resistencia en ohm de la carga que tiene conectada.”

Matemáticamente lo anterior se puede expresar de la siguiente forma:

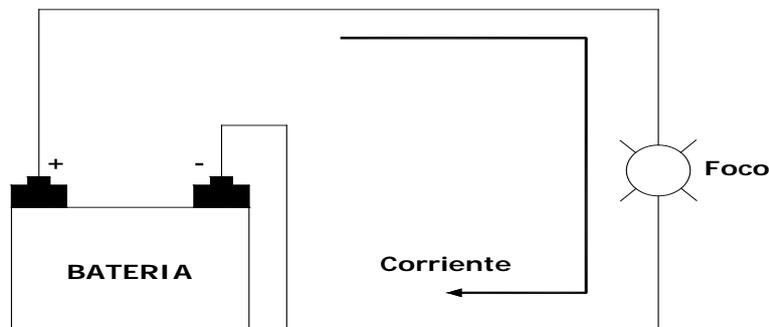
$$I=V/R$$

2.2 FUNDAMENTOS DE CORRIENTE CONTINUA Y CORRIENTE ALTERNA

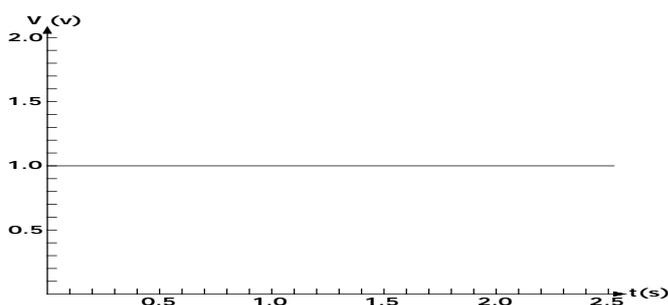
CORRIENTE CONTINUA

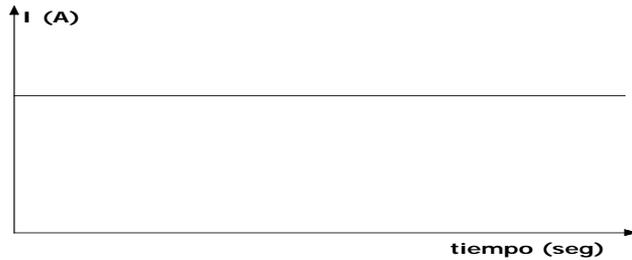
La corriente continua C.C. (abreviatura español) o D.C. (abreviatura inglés) se genera a partir de un flujo continuo de electrones (cargas negativas) siempre en el mismo sentido, el cual es desde el polo negativo de la fuente al polo positivo. Al desplazarse en este sentido los electrones, los huecos o ausencias de electrones (cargas positivas) lo hacen en sentido contrario, es decir, desde el polo positivo al negativo.

Por convenio, se toma como corriente eléctrica al flujo de cargas positivas, aunque éste es a consecuencia del flujo de electrones, por tanto el sentido de la corriente eléctrica es del polo positivo de la fuente al polo negativo y contrario al flujo de electrones y siempre tiene el mismo signo.



La corriente continua se caracteriza por su tensión, porque, al tener un flujo de electrones prefijado pero continuo en el tiempo, proporciona un valor fijo de ésta (de signo continuo), y en la gráfica V-t (tensión tiempo) se representa como una línea recta de valor V.

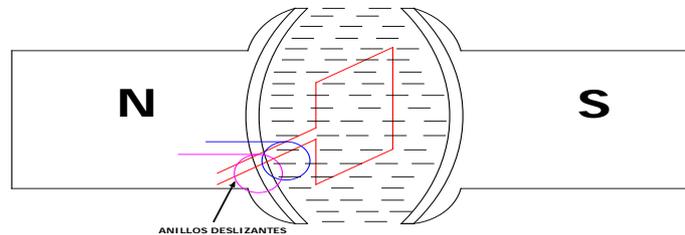




CORRIENTE ALTERNA

El principio de esta corriente también se basa en la inducción de una espira que gira a velocidad constante dentro de un campo magnético uniforme, dicho campo magnético es originado por un polo norte y un polo sur, como resultado del giro de la espira dentro del campo se induce una fuerza electromotriz.

Si la posición de la espira es perpendicular a las líneas de campo magnético nos se induce fuerza electromotriz alguna.

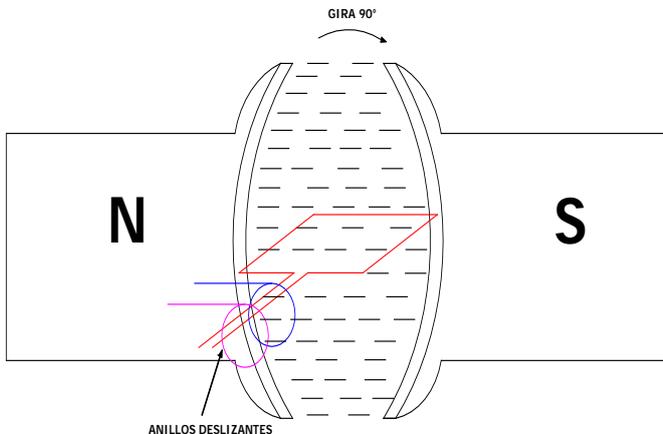


Espira dentro de un campo magnético formado por dos polos norte y sur

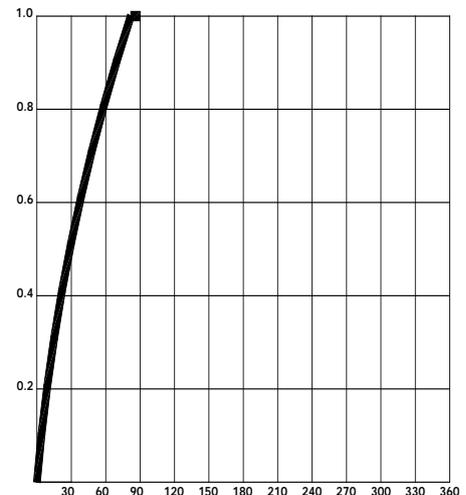
Una vez iniciado el movimiento, recordando que este es constante y en sentido positivo (manecillas del reloj), la espira comienza a cortar las líneas de campo provocando una fuerza electromotriz inducida.

Si la posición inicial de la espira sin cortar el campo se le considera de 0° hasta llevarla a una posición en paralelo con las líneas de campo, ahora 90° a la derecha habrá provocado en terminales una fem.

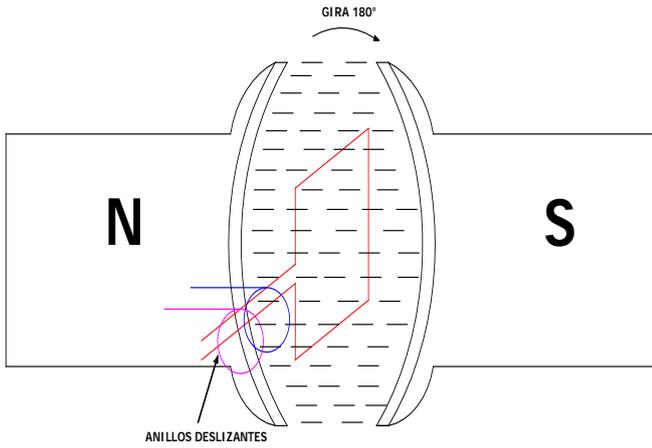
De esta manera se va generando una forma de onda senoidal característica da la corriente alterna.



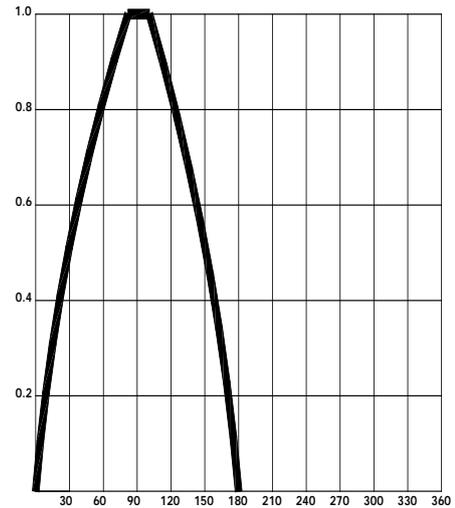
La espira gira de 0° a 90°



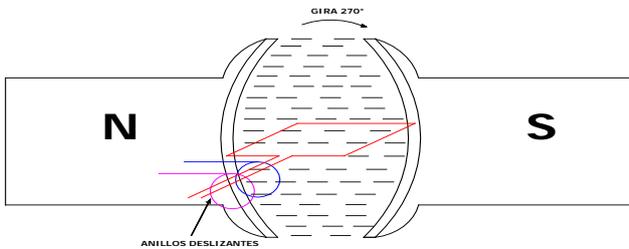
Cuando la espira gira de 90° a 180° la onda disminuye su amplitud hasta pasar por cero.



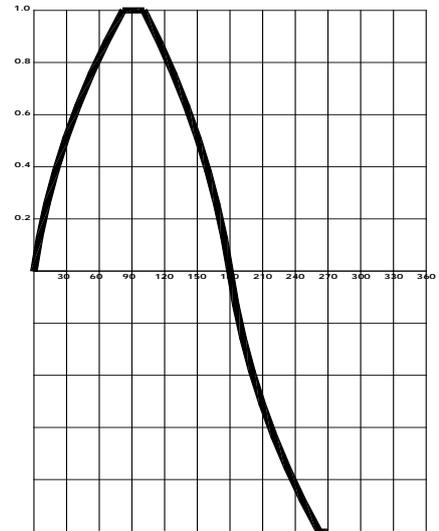
La espira gira de 90° a 180°



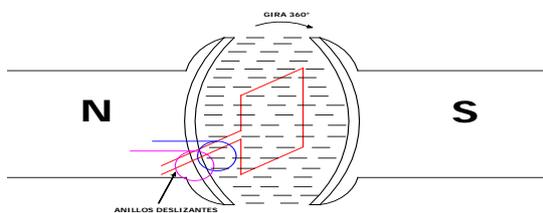
De 180° a 270° se forma la parte negativa o el ciclo negativo de la onda.



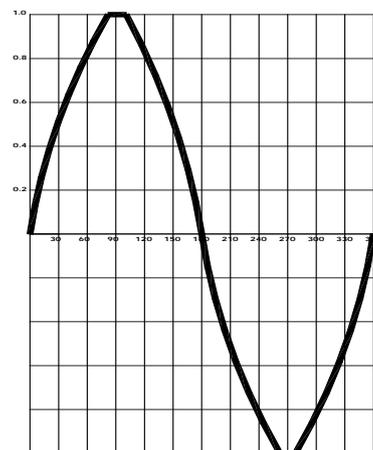
La espira gira de 180° a 270°



Cuando el giro completa 360° un ciclo completo de la onda ha concluido.



La espira gira de 270° a 360°

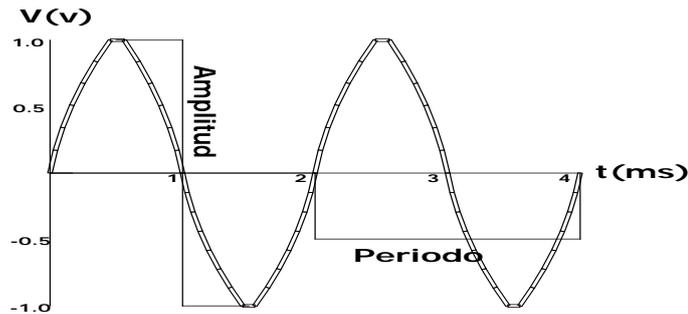


La tensión que se genera se alterna periódicamente, análogamente la corriente generada varía de la misma forma que la tensión.

Un ciclo de esta onda termina en los 360° , la frecuencia es el número de ciclos por segundo y se expresa en Hertz, [Hz]. El periodo es el inverso de la frecuencia y está dado en segundos $T = 1/f$ [s]

Otras características de esta forma de onda es su amplitud, una máxima y una mínima conocida como voltaje pico-pico y voltaje-pico, respectivamente.

Para obtener el equivalente en corriente continua (V_{rms}) de este voltaje alterno se aplica la ecuación $V_{rms} = 0.707 \times V_p$.



La corriente alterna se representa como una curva u onda, que puede ser de diferentes formas (cuadrada, sinusoidal, triangular) pero siempre caracterizada por su amplitud, y período.

En trifásica la relación entre las tensiones simples y compuestas depende de la conexión del sistema del que se trate, así en sistemas conectados en triángulo las tensiones simples y compuestas son iguales mientras que en sistemas conectados en estrella la tensión compuesta es $V_L = \sqrt{3}V_F$.

Si la tensión simple es de 220V la compuesta es aproximadamente 380V, si la simple es de 125V, la compuesta es aproximadamente 220V. Así según las tensiones trifásicas del sistema 380/220V o 220/125V (anticuado) podemos encontrar aparatos que funcionan a 125, 220 y a 380V.

Igualmente se pueden distinguir dos corrientes:

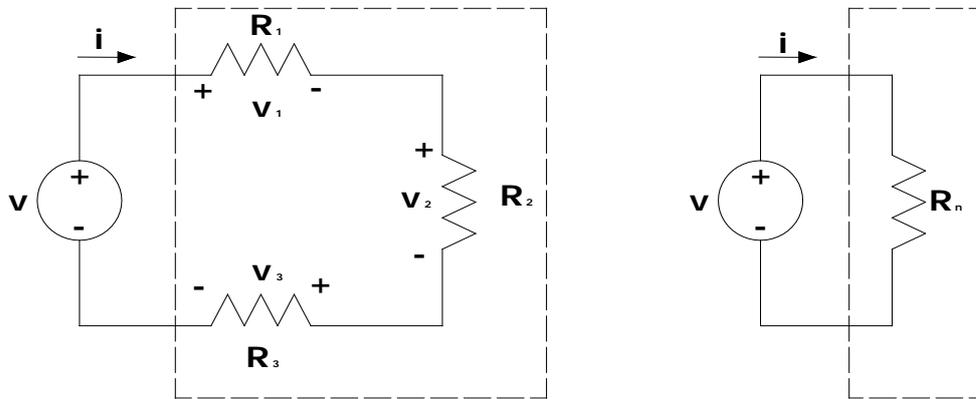
- **Intensidad de fase:** es la que recorre una fase en un sistema trifásico, o sea, la fase de un alternador o la de una carga.
- **Intensidad de línea:** es la que sale de los bornes del alternador y entra en los de una fase.

Según como se conecte el alternador o la carga, las corrientes de fase y de línea pueden ser iguales o distintas.

2.3 CIRCUITO EN SERIE

Un circuito está formado por dos o más elementos que se conectan mediante conductores perfectos. Los conductores perfectos son cables o alambres que permiten el flujo de corriente con cero resistencia (sin acumulación de carga o voltaje bajo a lo largo del cable, sin potencia o energía disipada).

Dos elementos se dicen que están conectados en serie si en su parte de nodo común no tiene otras corrientes que entren a él. También las cadenas de elementos en serie pueden formarse en cualquier longitud. Del siguiente diagrama se observa que R_1 y R_2 están en serie debido a que ellos tienen un acceso único al nodo común; en forma similar R_2 y R_3 están en serie.



CIRCUITO DE MALLA SIMPLE

CIRCUITO EQUIVALENTE

El primer paso en el análisis de éste o cualquier circuito es el asignar variables de corriente o voltaje, poniendo nombres y dirección de referencia a cada elemento.

Puesto que todos los elementos en la malla están conectados en serie, llevan una corriente común la cual vamos a marcar como i y se asigna la dirección de referencia en sentido de las manecillas del reloj, aunque se puede asignar la referencia en sentido contrario. Por tanto para cada número de I , $I(A)$ en sentido de las manecillas del reloj es el mismo como $-I(A)$ en el sentido opuesto a las manecillas del reloj, los dos resultados necesitan ser idénticos.

Observamos que las direcciones de referencia de voltajes escogidas tienen que satisfacer la convención de la señal pasiva en conjunto con la dirección con la dirección de referencia de la corriente escogida para su corriente común i .

Esto nos permite utilizar la ley de Ohm para los resistores, aplicando la Ley de Voltaje de Kirchhoff (LVK):

$$v = v_1 + v_2 + v_3$$

Aplicando la ley de Ohm a cada término en el lado derecho de esta ecuación y multiplicándolos por el factor común i :

$$v = (R_1 + R_2 + R_3)i$$

Después conociendo la función fuente v , podemos resolver la corriente i para la malla:

$$i = v / R_1 + R_2 + R_3$$

Si $R_n = R_1 + R_2 + R_3$

Sustituyendo se tiene que : $v = R_n i$

Si R_n es la suma de las tres resistencias de manera generalizada se puede concluir que para N resistencias conectadas en serie se tiene:

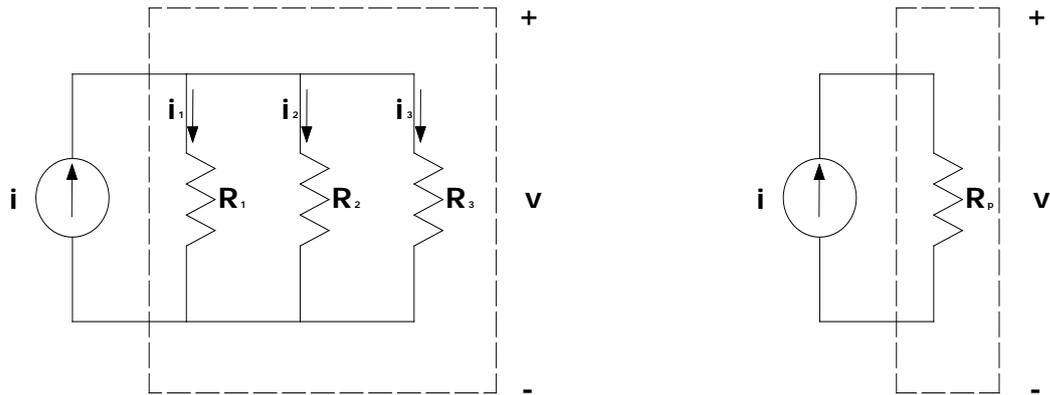
$$R_n = \sum_{i=1}^N r_i$$

Una cadena de resistencias en serie es equivalente a una simple resistencia que es la suma de las resistencias en serie.

2.4 CIRCUITO EN PARALELO

Dos elementos conectados en paralelo si forman una malla sin contener otros elementos. Por la LVK, elementos en paralelo tienen el mismo voltaje que pasa por ellos.

Del siguiente diagrama se puede observar que el circuito con un solo par de nodos contienen tres resistencias y una fuente de corriente estando todos en paralelo, puesto que ningún par de los cuatro elementos forma una malla que contenga otros elementos.



CIRCUITO CON UN SOLO PAR DE NODOS

CIRCUITO EQUIVALENTE

Nombramos al voltaje común de estos elementos como v y definimos las corrientes resistivas a satisfacer la convención de la señal pasiva con respecto a v . Aplicando la Ley de Corriente de Kirchhoff (LCK) a la parte superior del nodo se tiene:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

Usando la ley de Ohm en la forma $i = Gv$ para cada termino del lado derecho de la ecuación y multiplicando por el factor de voltaje común tenemos que:

$$i = (G_1 + G_2 + G_3)v$$

donde cada conductancia G_i es la inversa de la resistencia correspondiente a R_p . Entonces conociendo la función fuente de corriente i , podemos resolver para v :

$$v = i / G_1 + G_2 + G_3$$

Si $G_p = 1/R_p = G_1 + G_2 + G_3$

Sustituyendo se tiene que: $i = G_p v$

Si G_p es la suma de las tres conductancias de manera generalizada se puede concluir que para N resistencias conectadas en paralelo se tiene:

$$G_p = \sum_{i=1}^N G_i$$

Una cadena de resistencias en paralelo es equivalente a una simple resistencia en donde su conductancia es la suma de las conductancias paralelas.

Donde $R_p=1/G_p$ y recordando que $R_i=1/G_i$ para cada i , se tiene la siguiente ecuación en términos de las resistencias:

$$\frac{1}{R_p} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$$

Una serie de resistencias en paralelo son equivalentes a una resistencia simple donde su valor es la inversa de la suma de las inversas de las resistencias en paralelo.

Es decir:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

La resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo es el producto de sus resistencias divididos por la suma de sus resistencias, por último no se aplica de manera directa a la serie de más de dos resistencias en paralelo.

2.5 RELACIONES ENTRE CORRIENTE, TENSION, RESISTENCIA Y POTENCIA EN EL CIRCUITO

La energía eléctrica que suministra la fuente a un circuito eléctrico depende de la cantidad de carga que le demande.

Una carga capacitiva (compuesta por condensadores o capacitores) conectada a un circuito eléctrico de corriente alterna provoca el adelantamiento de la sinusoide de intensidad de la corriente con relación a la sinusoide de la tensión o voltaje. Esto produce un efecto de desfase entre ambas magnitudes eléctricas, pero ahora en sentido inverso al desfase que provocan las cargas inductivas.

La potencia es la medida de la proporción de energía consumida por un dispositivo eléctrico cuando está en funcionamiento.

En un circuito con carga resistiva de la ley de Joule $P = I^2 R$ y la ley de Ohm $I = V / R$ sustituyendo esta última en la primera tenemos que $P = (V/R)^2 R$, finalmente esta expresión nos da la potencia en términos de la tensión aplicada y la resistencia $P = V^2/R$. Otra expresión es despejar a la resistencia de la Ley de Ohm y sustituirla en la de Joule, así se tiene que:

$P = I^2 (V/I)$, quedando ahora la potencia en términos de la tensión y la corriente: $P = V I$
Cuyas unidades son Watts [W]

Del mayor o menor retraso o adelanto que provoque un equipo eléctrico cualquiera en la corriente (I) que fluye por un circuito, en relación con el voltaje o tensión (V), así será el factor de potencia o $\cos\phi$ que tenga dicho equipo. En un circuito eléctrico de corriente alterna se pueden llegar a encontrar tres tipos de potencias eléctricas diferentes:

- Potencia activa (P) (resistiva)
- Potencia reactiva (Q) (inductiva)
- Potencia aparente (S) (total)

Potencia activa o resistiva (P)

Cuando conectamos una resistencia (R) o carga resistiva en un circuito de corriente alterna, el trabajo útil que genera dicha carga determinará la potencia activa que tendrá que proporcionar la fuente de fuerza electromotriz (fem). La potencia activa se representa por medio de la letra (P) y su unidad de medida es el watt (W). En corriente alterna, la potencia es igual al producto de los valores eficaces de tensión y de intensidad por un cierto factor, llamado factor de potencia.

$$P = V I \cos\phi \text{ [W]}$$

En los dispositivos que poseen solamente carga resistiva, el factor de potencia es siempre igual a "1", mientras que en los que poseen carga inductiva ese valor será siempre menor de "1".

Si el factor de potencia $\cos\phi = 1$ la potencia en el circuito queda como: $P = V I$

Potencia reactiva (Q)

Esta potencia la consumen los circuitos de corriente alterna que tienen conectadas cargas reactivas, como pueden ser motores, transformadores de voltaje y cualquier otro dispositivo similar que posea bobinas o enrollados. Esos dispositivos no sólo consumen la potencia activa que suministra la fuente de fem, sino también potencia reactiva. La potencia reactiva o inductiva no proporciona ningún tipo de trabajo útil, pero los dispositivos que poseen enrollados de alambre de cobre, requieren ese tipo de potencia para poder producir el campo magnético con el cual funcionan. La unidad de medida de la potencia reactiva es el volt-ampere reactivo (VAR). La fórmula matemática para hallar la potencia reactiva de un circuito eléctrico es la siguiente:

$$Q = V I \sin\phi$$

Potencia aparente o total (S)

La potencia aparente (S), llamada también "potencia total", es el resultado de 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, mientras que la potencia que consumen las cargas conectadas al circuito eléctrico es potencia activa (P). La potencia aparente se representa con la letra "S" y su unidad de medida es el volt-ampere (VA). La fórmula matemática para hallar el valor de este tipo de potencia es la siguiente:

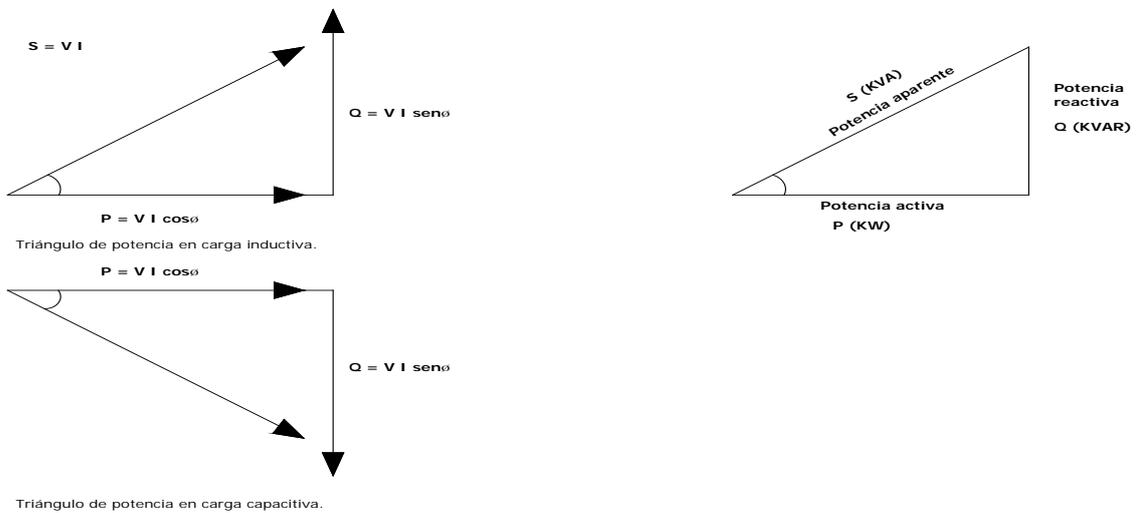
$$S = V I \text{ [VA]}$$

El factor de potencia, es la relación que existe entre la potencia activa y la potencia aparente, que coincide con el desfase entre la intensidad y la tensión. Debemos procurar que el factor de potencia sea igual a uno para obtener al mayor aprovechamiento de energía.

Triángulo de Potencias.

El triángulo de potencia es la representación gráfica de la relación entre las potencias activa, reactiva y aparente. El caso de una instalación donde predomina la conexión de motores eléctricos es un ejemplo representativo de una carga inductiva. Existen otras instalaciones en las cuales en conjunto hay un predominio de los condensadores; en este caso encontramos un ejemplo de una carga capacitiva.

En la siguiente figura podemos ver un ejemplo de triángulo de potencias



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Factor de potencia = P / S

Factor de potencia = $\cos\phi$

En los circuitos de resistencia activa, el factor de potencia siempre es “1”, porque como ya vimos anteriormente en ese caso no existe desfasaje entre la intensidad de la corriente y la tensión o voltaje. Pero en los circuitos inductivos, como ocurre con los motores, transformadores de voltaje y la mayoría de los dispositivos o aparatos que trabajan con algún tipo de enrollado o bobina, el valor del factor de potencia se muestra con una fracción decimal menor que “1” (como por ejemplo 0,8), lo que indica el retraso o desfasaje que produce la carga inductiva en la sinusoide correspondiente a la intensidad de la corriente con respecto a la sinusoide de la tensión o voltaje. Por tanto, un motor de corriente alterna con un factor de potencia o $\text{Cos } \phi = 0,95$, por ejemplo, será mucho más eficiente que otro que posea un $\text{Cos } \phi = 0,85$.

La potencia de un motor eléctrico o de cualquier otro dispositivo que contenga bobinas o enrollados se puede calcular empleando la siguiente fórmula matemática:

$$P = V \cdot I \cos\phi$$

La corriente que circula por el circuito será $I = \frac{P[\text{en Watts}]}{V \cos\phi}$

CAPITULO 3 RIESGOS E IMPLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD

3.1 NIVELES DE RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO

La electrocución es principal riesgo que se encuentra al utilizar la electricidad, la posibilidad de que una corriente eléctrica pase a través del cuerpo humano está en función de aspectos relacionados al la naturaleza del cuerpo humano y de la misma electricidad, así cuando en un circuito cerrado y con potencial mayor a cero en dos puntos de este, el cuerpo humano interviene como conductor formando parte del circuito, corriente tendrá puntos de entrada y salida en el cuerpo.

El riesgo de electrocución para las personas se puede definir como la "posibilidad de Los factores principales que determinan los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano son:

- Magnitud de la corriente
- Duración de la exposición
- Resistencia del cuerpo humano
- Trayectoria

La mezcla de estos factores determina las consecuencias y efectos en las partes vitales del cuerpo humano.

Dada la constitución de cuerpo humano 70% agua y 7% de sales aproximadamente, éste se puede convertir en un medio suficientemente apto para la conducción de la electricidad, pero con un cierto valor de resistencia la cual varía dependiendo de factores y condiciones fisiológicas y físicas de la persona.

Entre estos factores que tienen injerencia relevante se encuentra la edad de la persona, su estatura y peso, pero un factor determinante con gran relevancia que altera los valores de resistencia del cuerpo humano de manera significativa, es el estado de humedad de la piel, se estima que la resistencia de la piel seca oscila en un rango de 100,000 a 300,000 [Ω/cm^2] y que la resistencia de la piel húmeda puede llegar a ser de el 1% de este rango, es decir se encuentra entre 1,000 a 3,000 [Ω/cm^2]. La tabla muestra un comparativo de valores de resistencias, para ubicar a la resistencia del cuerpo humano y dimensionar los riesgos que existen, en diferentes situaciones y condiciones.

VALORES DE RESISTENCIA	
Metales	10 a 50 Ω
Cuerpo Humano (cabeza mojada)	100 Ω
Cuerpo Humano (mojado de mano a pie)	400 a 600 Ω
Cuerpo Humano (piel mojada)	1,000 Ω
Cuerpo Humano (piel seca)	100,000 a 600,000 Ω
Madera (seca)	100,000,000 Ω
Madera (mojada)	1,000 Ω
Goma	100,000,000,000,000 Ω

VALORES DE LA RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO PARA VARIAS CONDICIONES DE CONTACTO CON LA PIEL		
CONDICIÓN	SECA	HÚMEDA

Cable en la mano	15,000Ω a 50,000 Ω	3,000Ω a 6,000Ω
Cable agrado con el dedo	10,000Ω a 30,000Ω	2,000Ω a 5,000Ω
Pinzas en la mano	5,000Ω a 10,000Ω	1,000Ω a 3,000Ω
Contacto con la palma de la mano	3,000Ω a 8,000Ω	1,000Ω a 2,000Ω

En el interior del organismo la resistencia disminuye en proporción directa a la cantidad de agua en tejidos y órganos y se estima que puede llegar a ser 100 veces menor, dependiendo también de los puntos de contacto, es decir la trayectoria, el cuerpo humano presenta variaciones en su resistencia, la siguiente tabla muestra estos valores.

Resistencia en el interior del cuerpo humano	
Trayectoria	Resistencia en Ω
Longitudinal	Mano a pie aprox. 1,000Ω
	Mano a pies aprox. 750Ω
	Manos a pies aprox. 500Ω
Transversal	Mano a mano aprox. 1,000Ω
Parcial	Mano a tronco aprox. 500Ω
	Manos a tronco aprox. 250Ω

3.2 CONSECUENCIAS DE LA CORRIENTE EN EL CUERPO HUMANO

En la corriente continua el calentamiento puede ocasionar un efecto electrolítico en el organismo que puede generar riesgo de embolia o muerte por electrólisis de la sangre; en cuanto a la corriente alterna, la superposición de la frecuencia al ritmo nervioso y circulatorio produce una alteración que se traduce en espasmos, sacudidas y ritmo desordenado del corazón (fibrilación ventricular).

Las altas frecuencias son menos peligrosas que las bajas, llegando a ser prácticamente inofensivas para valores superiores a 100,000Hz (produciendo sólo efectos de calentamiento sin ninguna influencia nerviosa), mientras que para 10,000Hz la peligrosidad es similar a la corriente continua.

Los efectos físicos inmediatos más relevantes y de mayor peligro para persona son: asfixia, tetanización y fibrilación ventricular.

La asfixia se produce cuando la corriente eléctrica atraviesa el tórax, el choque eléctrico tetaniza el diafragma torácico y como consecuencia de el o los pulmones no tienen capacidad para aceptar aire ni para expulsarlo. Este efecto se produce a partir de 25mA a 50mA.

La tetanización ó contracción muscular consiste en la anulación de la capacidad de reacción muscular que impide la separación voluntaria del punto de contacto (los músculos de las manos y los brazos se contraen sin poder relajarse). Normalmente este efecto se produce cuando se superan los 10mA.

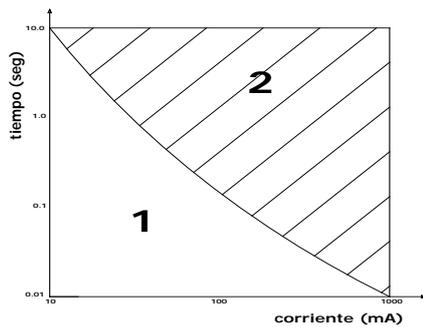
La fibrilación ventricular se produce cuando la corriente pasa por el corazón y su efecto en el organismo se traduce en un paro circulatorio por alteración del ritmo cardíaco. El corazón, al funcionar de forma irregular, no puede bombear sangre a los diferentes tejidos del cuerpo humano. Esto es particularmente grave en los tejidos del cerebro donde es indispensable la oxigenación continua de los mismos por la sangre. Si el corazón fibrila el cerebro no puede mandar las acciones directoras sobre órganos vitales del cuerpo, produciéndose unas lesiones que pueden llegar a ser irreversibles, dependiendo del tiempo que esté el corazón fibrilado. Si se logra la recuperación del individuo lesionado, no suelen quedar secuelas permanentes. Para lograr dicha recuperación, hay que conseguir la reanimación cardiaca y respiratoria del afectado en los primeros minutos posteriores al accidente. Se presenta con intensidades del orden de 100mA y es reversible si el tiempo de contacto es inferior a 0.1 segundos

La fibrilación se produce cuando el choque eléctrico tiene una duración superior a 0.15 segundos, el 20% de la duración total del ciclo cardíaco medio del hombre, que es de 0.75 segundos.

La magnitud de la corriente no es constante, depende de cada persona y del tipo de corriente, por ello se definen como valores estadísticos de forma que sean válidos para un determinado porcentaje de la población.

Intensidad de la corriente eléctrica [mA]	Efectos inmediatos
Hasta 1	Imperceptible para el hombre.
De 2 a 3	Sensación de hormigueo.
De 3 a 10	Contracciones involuntarias de músculos y pequeñas alteraciones en el sistema nervioso. El sujeto consigue generalmente, desprenderse del contacto (liberación), de manera que la corriente no es mortal.
De 10 a 50	La corriente no es mortal si se aplica durante intervalos decrecientes a medida que aumenta su intensidad. Principio de tetanización muscular, contracciones violentas e incluso permanentes en extremidades. Los músculos de la respiración se ven afectados por calambres que pueden provocar la muerte por asfixia.
De 50 a 500	Contracciones violentas e incluso permanentes de la caja torácica. Alteración del ritmo cardíaco. En este rango la corriente se torna ya, extremadamente peligrosa, en función creciente a la duración del contacto, dando lugar a la fibrilación ventricular cardiaca (funcionamiento irregular con contracciones cardiacas muy fuertes e ineficaces) con desenlaces fatales para las personas.
Más de 500	Decrece la posibilidad de fibrilación, pero aumenta el riesgo de muerte por parálisis de los centros nerviosos

CURVA DE PELIGROSIDAD



1. Zona estadísticamente no peligrosa para la integridad física de las personas.

2. Zona peligrosa: siguiendo la variación de la curva desde arriba hacia abajo se pasa del peligro de la tetanización al de asfixia y luego a la fibrilación cardíaca.

A la corriente eléctrica se le adjudica otro tipo de lesiones a las personas, accidentes indirectos, pues estos no son provocados directamente por la corriente, sino que derivan después de un choque eléctrico.

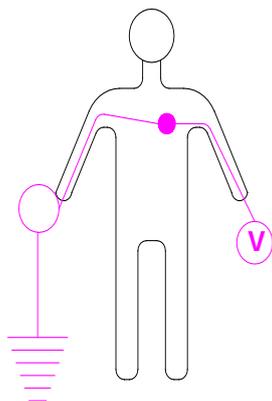
Entre este tipo de lesiones se encuentran las quemaduras, de tipo internas o externas, provocadas por el paso de la corriente a través del cuerpo por efecto Joule o por la proximidad al arco eléctrico. Al ocurrir estos accidentes se producen en el organismo, zonas de necrosis (tejidos muertos), y las quemaduras pueden llegar a alcanzar órganos vecinos profundos, músculos, nervios e incluso a los huesos. La considerable energía disipada por efecto Joule, puede provocar la coagulación irreversible de las células de los músculos estriados e incluso la carbonización de las mismas.

Las quemaduras de la víctima debidas al arco eléctrico y la gravedad de las mismas pueden abarcar la gama del primer al tercer grado y viene condicionada por la superficie corporal afectada y por la profundidad de las lesiones.

Lesiones permanentes producidas por destrucción de la parte afectada del sistema nervioso (parálisis, contracturas permanentes, etc.).

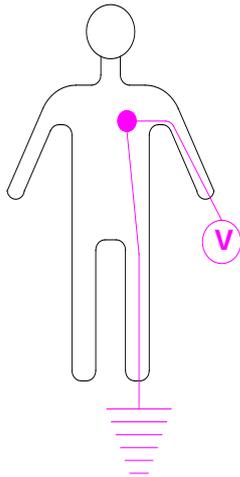
Golpes y caídas son considerados como eventos secundarios ocasionados, tras el contacto con la corriente.

La trayectoria que pueda seguir la corriente eléctrica a través del cuerpo, es determinante para las consecuencias y lesiones en el cuerpo, los efectos son menos graves cuando la corriente no pasa a través de los centros nerviosos y órganos vitales ni cerca de ellos (cerebro, tórax y corazón). En la mayoría de los accidentes eléctricos la corriente circula desde las manos a los pies. Debido a que en este camino se encuentran los pulmones y el corazón, los resultados de dichos accidentes son normalmente graves. Los contactos mano derecha- pie izquierdo (o inversamente), mano- mano, mano- cabeza son particularmente peligrosos. Si el trayecto de la corriente se sitúa entre dos puntos de un mismo miembro, las consecuencias del accidente eléctrico serán menores.



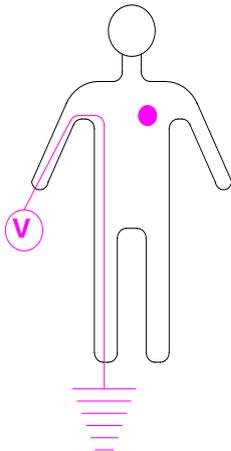
Trayectoria 1.

La corriente eléctrica pasa por la cavidad torácica, de una mano a la otra en su recorrido afecta al corazón.



Trayectoria 2.

La corriente eléctrica pasa de la mano derecha al pie, en su recorrido afecta al corazón.



Trayectoria 3.

La corriente eléctrica pasa de la mano izquierda al pie, en su recorrido no pasa por el corazón; pero no por ello deja de ser peligrosa.

3.3 TENSION Y CORRIENTE DE CONTACTO

El comportamiento de factores técnicos involucrados en un percance de tipo eléctrico obedecen a la ley de Ohm, de esta manera, el comportamiento de la intensidad de corriente es función de una tensión aplicada en dos partes del cuerpo y de la resistencia propia de la persona.

$$I_c = \frac{E_c}{R_c}$$

Donde E_c es la tensión de contacto, I_c la corriente de contacto y R_c la resistencia del cuerpo humano.

El rango en que la corriente es ya considerada de sumo peligro se encuentra entre los 10mA a 50mA, así una persona bajo condiciones de piel húmeda bastará que 10V sean aplicados a su cuerpo para manifestar los primeros síntomas de electrocución, debido a que circulan 10mA, matemáticamente:

$$E_c = I_c R_c$$

$$E_c = (10\text{mA}) (1,000\Omega)$$

$$E_c = 10 \text{ (V)}$$

Y en el peor de los casos en este intervalo con 500 (V) circularan 50mA con consecuencias lamentables.

Lo que significa que hay un intervalo de valores de tensión de contacto, que se puede presentar de acuerdo a diversas condiciones de estado de la resistencia del cuerpo.

La tabla muestra estos intervalos:

INTERVALOS DE TENSIÓN DE CONTACTO EN CONDICIONES DE PIEL SECA Y PIEL HÚMEDA		
I_C [mA]	R_C [Ω]	V_C [V]
10	1,000 (húmeda)	10
	10,000 (seca)	100
50	1,000 (húmeda)	50
	10,000 (seca)	500

Lo que lleva a tomar seriamente en cuenta los $127V_{AC}$ que se tiene en utilización, pues para las dos condiciones extremas de resistencia del cuerpo humano, piel seca y húmeda, el intervalo de corriente de contacto va desde 12.7mA hasta los 127mA

El tiempo de contacto t es otro factor que condiciona la magnitud y gravedad de la corriente eléctrica que pasa a través del cuerpo humano junto con el valor de la intensidad y el recorrido de la misma a través del individuo. Es tal la importancia del tiempo de contacto que no se puede hablar del factor intensidad sin referenciar el tiempo de contacto.

Para determinar la magnitud de una corriente que puede soportar una persona, sin que esta presente fibrilación, se hace uso de la ecuación de Dalziel.

$$I_C^2 t = k$$

Donde:

I_C es la corriente que pasa a través del cuerpo en mA (RMS), es también conocida como corriente de choque.

t es el tiempo aplicación en segundos.

k una constante de energía obtenida experimentalmente en la cual se involucra el peso en kg.

De tal manera que para una persona de 50kg de peso, la constante de energía relacionada es de $k = 0.0135$ y la corriente en el cuerpo es:

$$I_C = \frac{116}{\sqrt{t}} \text{ mA a } 60 \text{ Hz}$$

ó

$$I_C = \frac{0.116}{\sqrt{t}} \text{ A a } 60 \text{ Hz}$$

Para una persona de 70kg de peso se tiene una $k = 0.0238$ y la corriente en el cuerpo es:

$$I_C = \frac{154}{\sqrt{t}} \text{ mA a } 60 \text{ Hz}$$

ó

$$I_C = \frac{0.154}{\sqrt{t}} \text{ A a } 60 \text{ Hz}$$

Por contacto directo, la corriente depende la tensión de contacto y de la resistencia de contacto a tierra que incluye la resistencia del cuerpo humano. Las variables involucradas se rigen por la ley do Ohm.

$$I_C = \frac{V_C}{R_C}$$

Por otro lado, unas corrientes generadas por desbalance o falla a tierra, inducen altas tensiones en partes expuestas de la instalación, estas tensiones son conocidas como tensión de paso y tensión de toque.

Tensión de Toque. Es aquél que recibe una persona al tocar una parte metálica no energizada, y que adquiere potencial al pasar una corriente eléctrica por la tierra. La diferencia de potencial entre un punto del elemento conductor, situado al alcance de la mano de una persona y un punto en el suelo situado a 1m de la base de dicho elemento.

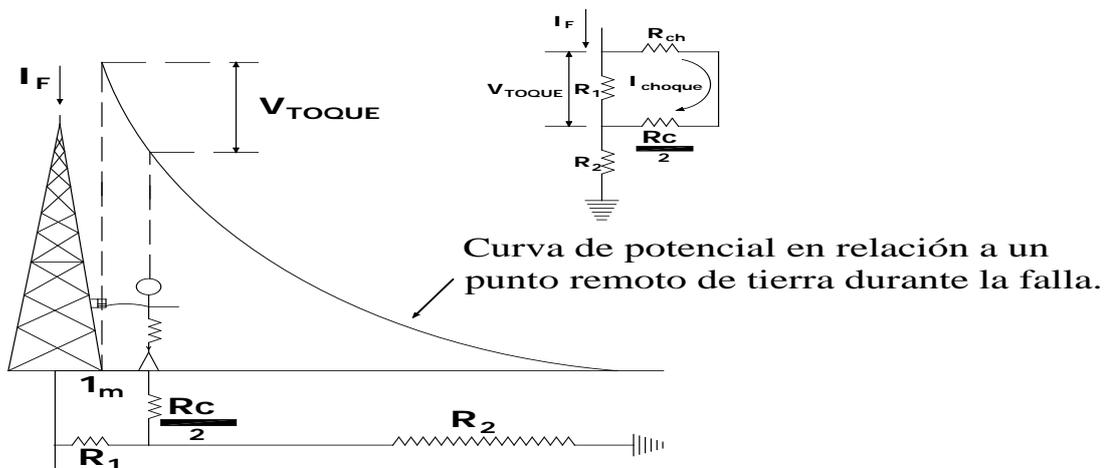


Figura 3.1

Considerando el circuito equivalente de la Figura 3.1, se puede calcular:

$$V_{Toque} = \left(R_{CH} + \frac{R_C}{2} \right) \cdot I_C$$

Donde:

R_{CH} es la resistencia del cuerpo humano.

R_C es la resistencia de contacto.

I_C corriente de choque máxima que no causa fibrilación ventricular, la definida por la ecuación de Dalziel.

Utilizando la expresión de I_C para 50kg y considerando que la resistencia de contacto (contacto a tierra) de aproximadamente 3 veces la resistividad del suelo, se obtiene la tensión de toque máxima generada por una falla, dicha tensión no debe producir una corriente de choque I_C mayor a la limitada por la ecuación de Dalziel y por lo tanto la tensión de choque máxima permitida es:

$$V_{Toque} = (R_{CH} + 1.5\rho_{Suelo}) \frac{0.116}{\sqrt{t}} [V]$$

Tensión de Paso. Es aquél que recibe una persona al caminar sobre la tierra por la que está circulando una corriente eléctrica. Es la diferencia de potencial existente entre los pies de una persona, separados 1m, cuando se encuentran sobre líneas de potencial diferentes

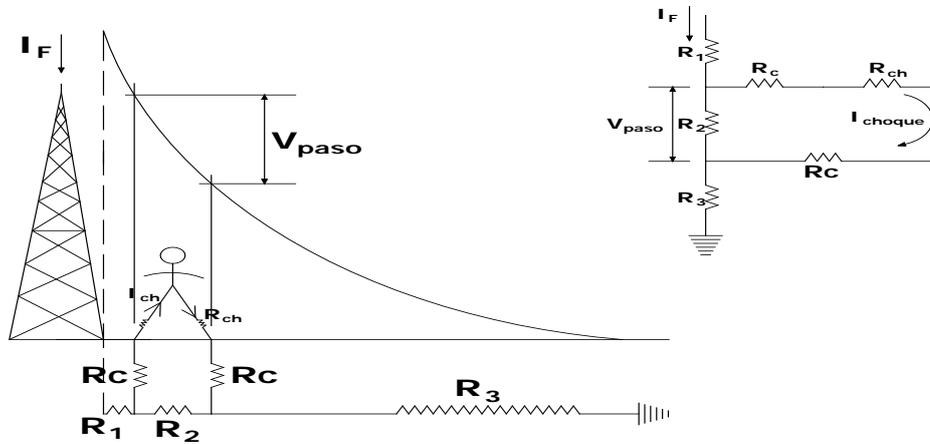


Figura 3.2

Del circuito equivalente de la Figura 3.2:

$$V_{Paso} = (R_{CH} + 2R_C) \cdot I_C$$

Donde:

R_{CH} es la resistencia del cuerpo humano.

R_C es la resistencia de contacto.

I_C corriente de choque máxima que no causa fibrilación ventricular, la definida por la ecuación de Dalziel.

Sustituyendo I_C ya conocida y $R_C = 3\rho_{Suelo}$ en la expresión de Tensión de Paso, se obtiene:

$$V_{Paso} = (R_{CH} + 6\rho_{Suelo}) \frac{0.116}{\sqrt{t}} [V]$$

Las expresiones anteriores son fundamentales para el diseño y calculo de protecciones así como para sistemas de puesta a tierra.

La tabla siguiente ilustra la variación de la resistividad del suelo para distintos tipos de suelo.

NATURALEZA DEL SUELO	RESISTIVIDAD EN Ωm
terrenos pantanosos	de 5 a 100
suelo pedregoso cubierto por césped	300 a 500
suelo pedregoso desnudo	1,500 a 3,000
arena arcillosa	50 a 500
arena silíceca	200 a 3,000
calizas blandas	100 a 300
calizas compactas	1,000 a 5,000
calizas blandas	500 a 1,000

CAPITULO 4 REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO ELÉCTRICO

4.1 MEMORIA DE CÁLCULO

Las residencias se dividen en dos tipos unifamiliares, para dos familias y multifamiliares. Una vivienda unifamiliar, cualquiera que sea su tipo, para propósitos de cálculo se considera una residencia.

Para las instalaciones eléctricas, una **“unidad residencial”** se define como uno o más cuartos con provisión para comedor, dormitorio, cocina, sala de estar y sanitario. La provisión de sanitario y cocina debe ser permanente. Si todas las facilidades mencionadas, no se encuentran dentro del área, entonces no se considera como una unidad residencial.

Las áreas de descanso o de invitados en hoteles y moteles, o bien los dormitorios, no se consideran como unidades residenciales debido a que no tienen facilidades permanentes para cocina.

Un departamento individual en un edificio de departamentos o condominio, una casa dúplex o una casa unifamiliar, se consideran como unidades residenciales.

El problema completo de una unidad residencial para una familia o bien un departamento individual de un condominio consiste en determinar la carga por ser alimentada; determinando:

- El número y capacidad requerida para los circuitos derivados
- El cálculo de los alimentadores o servicios de la carga
- Selección de los conductores del servicio y del equipo.

Memoria de Cálculo

Definición

El objetivo de la memoria de cálculo es unificar y establecer criterios básicos a nivel técnico en la aplicación de sistemas, métodos y procedimientos para los diferentes aspectos de la ingeniería eléctrica estos pueden regirse durante todo el desarrollo de proyecto y la ejecución de la obra. Esta memoria tiene o puede ser descriptiva y técnica.

Memoria Descriptiva

Para comenzar a redactar una memoria técnica descriptiva, es necesario primeramente, indicar: el tipo de obra a construir, en qué lugar se construirá (municipio, delegación), en qué localidad (estado), y la dirección donde se efectuara dicha construcción.

Se debe de definir el concepto de la construcción en este caso, si la unidad será de interés social, un conjunto privado, la forma de construir que se refiere al tipo de materiales para tener el máximo rendimiento posible, además de ver que los espacios se aprovechen al máximo. Como puede ser estacionamiento, áreas comunes, áreas verdes, ubicación de acometida y subestación eléctrica.

Se debe de mencionar el tipo de terreno que se tiene para la construcción, de que dimensión es el sitio, y la colindancia en la cual se encontrara ubicada la unidad

residencial. También para que las áreas verdes cumplan con la arquitectura del lugar, y sean adaptables para el tipo de clima donde se piensa hacer el desarrollo o conjunto habitacional.

El clima también es otro detalle que se debe mencionar, porque con ello se puede definir el tipo de materiales a utilizar y sea adecuada a los cambios de temperatura de la localidad en que se construya la unidad residencial.

La sustentabilidad es una parte importante en la memoria descriptiva, porque se debe mencionar si tendrá algún tipo de impacto ambiental, alguna mejora de la localidad, ahorro energético, consumo de agua sustentable y mejoras.

Otro aspecto que se debe describir es cuantos edificios se construirán, el tipo de vegetación que se propone, el ambiente que tendrán los usuarios finales, posible planta de tratamiento, el tipo de cisterna, la ubicación de la subestación eléctrica, entre otros aspectos para dar un panorama general de lo que se pretende construir.

Memoria Técnica

En esta memoria deben de estar todos los cálculos eléctricos que se realizaron para la construcción de la unidad residencial que se puede describir de la siguiente forma:

Determinación de la carga. En esta se debe mencionar la carga total que se tiene para contratar los servicios de energía eléctrica, ya sea baja o media tensión, esto es con los cálculos que se hicieron para determinar la carga total, el tipo de transformador a utilizar así como el tipo de conexión, estrella-estrella, delta-estrella, entre otras.

Durante el proceso de determinar la capacidad total del sistema de distribución de energía eléctrica para el conjunto residencial, además de notar el tamaño y ubicación de cada carga, muchas consideraciones deben de ser dadas a las diversas operaciones y características de la carga, por ejemplo, repetitivos encendidos o cíclicos de una carga desde ligeramente cargada has carga completa etc. La posibilidad de no coincidencia de muchas de las cargas frecuentes invita a la consideración de factores de diversidad o de demanda.

Alumbrado. Como resultado de investigación y desarrollo de fabricantes, muchas fuentes de iluminación altamente eficiente, luminarias y equipo auxiliar han sido introducidas. Investigación en factores básicos han provisto gran conocimiento de muchos de los aspectos fundamentales de la cantidad y calidad de alumbrado.

Consecuentemente, ahora es posible utilizar considerablemente menos energía para alumbrado que en el pasado. Factores, con la atención considerable a las maneras de reducir el consumo de energía mientras adecuadamente los requerimientos de vista y de bienestar de los ocupantes y los objetivos de los propietarios.

Tradicionalmente, las cargas de alumbrado tienen considerado de 20 al 50% de la carga en edificios comerciales.

La carga total de alumbrado para diversos edificios tienen rangos comunes de 3-6 VA/ft². Regulaciones de la conservación de la energía recientes (han sido adoptadas) permiten reducir sustancialmente las cargas de alumbrado. Las cargas de alumbrado de áreas individuales (ya sea en watts o en voltampere por pie cuadrado) varían directamente con el nivel de iluminación requerido e inversamente con la eficiencia de la instalación del alumbrado y lámparas. Mientras se enfatiza que la NOM-001-SEDE-

2005 no es un manual de diseño, se debe tener en cuenta que la NOM lo hace, por ejemplo el artículo 220 “Cálculo de los circuitos derivados, alimentadores y acometidas” para varios tipos en ocupaciones en edificios comerciales.

La energía mínima permitida para cargas de alumbrado por pie cuadrado o el área de piso, el cual ayuda a identificar las capacidades mínimas para los tableros de circuitos derivados asociados del sistema de distribución de energía, sean especificados.

El ingeniero debe de reconocer una consecuentemente tendencia de incrementar el alumbrado exterior para efectos de seguridad, decorativos para entonces proveer el servicio y la capacidad de alimentación para el resultante de los futuros incrementos en las cargas. No solo debe ser agregada la capacidad del circuito a ser provista, sino también debe considerarse el espacio dado en la distribución del equipo, para que sean agregados circuitos derivados.

Circuitos derivados. Se debe de hacer el cálculo de los circuitos que comprenderá el departamento, para la selección de los conductores adecuados y el tipo de canalización a utilizar, así como el tipo de tablero a utilizar para integrar los interruptores que se necesitaran para la protección de los conductores.

Este cálculo es tanto para receptáculos como para el alumbrado y cargas menores que se tengan. Así como determinar mediante el cálculo el tipo de conductor de puesta a tierra y los elementos que lo integran.

Para el cálculo de los circuitos derivados se debe de cumplir con el artículo 210 de la NOM-001-SEDE-2005

A. Disposiciones generales

210-1. Alcance.

210-2. Otros Artículos para circuitos derivados con propósitos específicos.

210-3. Clasificación.

210-4. Circuitos derivados multiconductores.

210-5. Identificación de los circuitos derivados.

210-6. Limitaciones de tensión de los circuitos derivados.

210-7. Receptáculos y conectores para cordones.

210-8. Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra.

210-9. Circuitos en derivación de autotransformadores.

210-10. Conductores de fase derivados a sistemas puestos a tierra.

B. Clasificación de los circuitos derivados

210-19. Conductores: Tamaño nominal del conductor y capacidad de conducción de corriente

Mínimos

210-20. Protección contra sobrecorriente.

210-21. Dispositivos de salida.

210-22. Cargas máximas.

210-23. Cargas permisibles.

210-24. Requisitos de los circuitos derivados-Resumen.

210-25. Circuitos derivados para zonas comunes.

C. Salidas necesarias

210-50. Disposiciones generales.

210-52. Salidas para receptáculos en unidades de vivienda.

210-60. Habitaciones de huéspedes.

210-70. Salidas requeridas para alumbrado.

Alimentadores eléctricos. Es el cálculo que se tiene que hacer para el tipo de alimentador que se ocupara para cada departamento, canalización y soportería de acuerdo a lo que nos indique en la NOM. Seleccionar también el tipo de interruptor y tablero para la concentración de todo el conjunto residencial.

Para el cálculo de alimentadores se debe de cumplir con el artículo 215 de la NOM-001-SEDE-2005

215-1. Alcance.

215-2. Capacidad nominal y tamaño mínimos del conductor.

215-3. Protección contra sobrecorriente.

215-4. Alimentadores con neutro común.

215-5. Diagrama unifilar de alimentadores.

215-6. Medios de puesta a tierra de los conductores.

215-7. Conductores no puestos a tierra derivados de sistemas puestos a tierra.

215-8. Medios para identificar el conductor con mayor tensión eléctrica a tierra.

215-9. Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra.

215-10. Protección de equipos contra fallas a tierra.

215-11. Circuitos derivados de autotransformadores.

Áreas comunes. Se considera el cálculo de las áreas comunes también, para selección de conductores, canalizaciones, interruptores y tableros.

Las áreas comunes se consideran aquellas las cuales tienen un uso común a los residentes del conjunto residencial como son: el alumbrado en pasillos, alumbrado exterior, elevadores, motores de bombeo de agua y tratamiento, estacionamiento (en algunos casos).

Sistema de tierra. Se debe de diseñar el sistema de tierra de acuerdo a la carga total, para seleccionar el tipo de conductor de puesta a tierra, que también se debe de tomar en cuenta el tipo de terreno, para poder diseñar de manera adecuada.

Pararrayos. Se debe de seleccionar el tipo de pararrayos a utilizar para conectarlo al sistema de tierra general. Ya sea desionizador de carga electrostática o de cebado.

Subestación eléctrica. En ella se deben de contener en algunos casos la planta de emergencia, el transformador a utilizar, desconectores y acometida eléctrica.

Toda esta selección de equipos se hace de acuerdo a los cálculos que se obtuvieron de la carga total de acuerdo al tipo de conductor seleccionado y la puesta a tierra, y los servicios que se tengan de uso común para conectarlos a la planta de emergencia.

Requisitos de un proyecto eléctrico

Todas las instalaciones eléctricas deben ser seguras y cumplir con lo establecido en la NOM. Por lo tanto, la verificación debe dirigirse a comprobar que la instalación sea acorde con las especificaciones técnicas y de seguridad que contiene la NOM.

Para instalaciones eléctricas con carga instalada menor a 100 kW

Como requisito mínimo para llevar a cabo la verificación, el solicitante de la verificación debe entregar a la UV el Proyecto Eléctrico correspondiente. En este caso, el proyecto debe estar integrado por un diagrama unifilar, relación de cargas, lista de materiales y equipo utilizados de manera general.

Para instalaciones eléctricas con carga instalada igual o mayor a 100 kW

Como requisito mínimo para llevar a cabo la verificación, el solicitante de la verificación debe entregar a la UV el Proyecto Eléctrico, el cual debe contener la información que permita determinar el grado de cumplimiento con las disposiciones indicadas en la NOM, conforme a lo siguiente:

Diagrama unifilar, el cual debe contener:

- a) Características de la acometida.
- b) Características de la subestación.
- c) Características de los alimentadores hasta los centros de carga, tableros de fuerza, alumbrado, entre otros, indicando en cada caso el tamaño (calibre) de los conductores (conductores activos, neutro y de puesta a tierra), la longitud y la corriente demandada en amperes.
- d) Tipo de los dispositivos de interrupción, capacidad interruptiva e intervalo de ajuste de cada una de las protecciones de los alimentadores.

Cuadro de distribución de cargas por circuito, el cual debe contener:

- a) Circuito de alumbrado y luminarias
- b) Número de circuitos, número de lámparas, receptáculos, dispositivos eléctricos por cada circuito, fase o fases a que va conectado el circuito, carga en watts o VA y corriente en amperes de cada circuito, tamaño (calibre) de los conductores, protección contra sobrecorriente por cada circuito y el desbalanceo entre fases expresado en por ciento.
- c) Fuerza, circuitos, fases a que va conectado el circuito, características de los motores o aparatos y sus dispositivos de protección y control, carga en watts o VA y corriente en amperes de cada circuito, tamaño (calibre) de los conductores y el resumen de cargas indicando el desbalanceo entre fases expresado en por ciento.

Plano eléctrico, el cual debe contener:

- a) Escala mínima de 1:100. La altura mínima de la letra o caracteres debe ser de 2 mm. Se permite el uso de archivos electrónicos para cumplir este punto.
- b) Utilizar el Sistema General de Unidades de Medida, de acuerdo con la Norma NOM-008-SCFI vigente y en todas sus leyendas en idioma español.
- c) Contener los datos relativos a las instalaciones eléctricas, ser claros e incluir la información para su correcta interpretación de manera que permita construir la instalación. Pueden indicarse notas aclaratorias a los puntos que el proyectista considere necesarios.
- d) Utilizar los símbolos que se indican en NMX-J-136-SCFI (Abreviaturas, números y símbolos usados en planos y diagramas eléctricos). En caso de utilizar algún símbolo que no aparezca en dicha Norma, debe indicarse su descripción en los planos eléctricos.
- e) Incluir la información mínima siguiente:
 - 1) Nombre o razón social del cliente del servicio.
 - 2) Domicilio (calle y número, colonia, código postal, delegación o población, municipio y entidad).
 - 3) Uso al que se vaya a destinar la instalación (giro o actividad).
 - 4) Nombre, número de cédula profesional y firma del responsable del proyecto.
 - 5) Fecha de elaboración del proyecto.

Los planos eléctricos de planta y elevación, deben incluir lo siguiente:

- a) Localización del punto de la acometida, del interruptor general y del equipo principal incluyendo el tablero o tableros generales de distribución.
- b) Localización de centros de control de motores, tableros de fuerza, de alumbrado y receptáculos.
- c) Trayectoria de alimentadores y circuitos derivados, tanto de fuerza como de alumbrado, identificando cada circuito, e indicando su tamaño y canalización, localización de motores y equipos alimentados por los circuitos derivados, localización de los controladores y sus medios de desconexión, localización de receptáculos y unidades de alumbrado con sus controladores, identificando las cargas con su circuito y tablero correspondiente.

Memoria técnica, la cual debe contener, de manera enunciativa y no limitativa:

Los cálculos de corriente de corto circuito trifásico para la adecuada selección de la capacidad interruptiva de las protecciones de la instalación.

Los cálculos de corriente de falla de fase a tierra (monofásico y bifásico), para el diseño de la malla de tierra de la subestación eléctrica.

Los cálculos correspondientes a la malla de tierra (incluyendo la resistividad del terreno) para subestaciones considerando las tensiones de paso, contacto, su resistencia a tierra, así como la selección del tamaño (calibre) del conductor, longitud del conductor de la malla y la selección de los electrodos.

En los casos en que el neutro sea corrido no se requieren los cálculos de la malla de tierra.

4.2 CUADRO DE CARGAS

Para poder generar un cuadro de cargas es importante elaborar una tabla en la cual los nombres de las columnas deben contener información básica acerca de las cargas o elementos de consumo de potencia que hay en una instalación eléctrica.

Este cuadro de cargas debe de salir de las consideraciones que se hicieron de los cálculos eléctricos de la instalación residencial (de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2005, que se está estudiando en este caso) o de cualquier otro tipo, este se puede dividir por tableros, que en el contienen los números de circuitos que serán almacenados de acuerdo a la capacidad interruptiva que se consideró de cada uno de ellos y a la capacidad del tablero.

El cuadro de cargas es el resumen por decirlo así, de los cálculos que se hicieron para llegar a determinar los elementos que compondrán una instalación eléctrica.

Este cuadro de cargas sirve también para revisión de manera rápida, si es que hay algo que no se considero o hubo algún error de cálculo. Una vez hechas las consideraciones y cambios correspondientes se emite para proyecto de ejecución.

El proyecto generalmente es revisado por un perito especialista en el área eléctrica, para cotejar que el proyecto este realizado de acuerdo a las normas que en ese momento apliquen, pero por lo general son: NOM-001-SEDE-2005, NEC e IEEE.

Que para este caso y estudio consideramos las normas mexicanas para su elaboración.

A continuación se muestra una tabla en la cual se muestra la información básica que debe de contener un cuadro de cargas.

CUADRO DE CARGAS BÁSICO

Obra: Dirección donde se está ejecutando Lugar: Ciudad donde se ubica el proyecto Tablero: Nombre asignado Nivel: En que nivel o depto. se ubica el tablero		Especificación de Tablero: Características que se especificaron (tipo de tablero, núm. de circuitos, capacidad de interruptor principal).			Diagrama de fases del circuito A B C
No Circuito	Luminaria (L) W1	Receptáculos (R) W2	Motor de bomba (M) W3	Carga total por circuito	I= corriente que pasa por el conductor L= longitud del conductor Cal: Calibre del conductor Cal d: calibre del conductor desnudo e%= caída de tensión expresada en %
C1	L1	R1	M1	$\sum (L1*W1)+(R1*W2)+(M1*W3)$	
C2	L2	R2	M2	$\sum (L2*W1)+(R2*W2)+(M2*W3)$	
C3	L3	R3	M3	$\sum (L3*W1)+(L2*W2)+(M3*W3)$	
....	
....	
Cn	Ln	Rn	Mn	$\sum (Cn*W1)+(Ln*W2)+(Mn*W3)$	

No circuito: es el que indica el tipo de cargas que se tienen conectadas o contenidas en el circuito.

C1: el número de circuito.

Luminaria (L) W: es la potencia de la luminaria.

L1: numero de luminarias que se encuentran en determinado circuito.

Receptáculo (R) W: es la potencia de la salida del receptáculo

R1: número de receptáculos que se encuentran en determinado circuito.

Motor de bomba (M) W: es la potencia de la bomba.

M1: número de bombas que se encuentran en determinado circuito.

Carga total por circuito: Es la suma de las cargas totales que se tienen en determinado circuito.

En este cuadro de cargas es importante considerar que se puede tener una caída de tensión, pero apegándose al Artículo 100 para circuitos derivados, esta caída de tensión no puede ser mayor al 3%.

En él se puede observar las características generales de una instalación eléctrica, y pueden ser tantos cuadros de cargas que se requieran, para entender lo que se tiene por ejecutar en obra y facilitar manejo de la información.

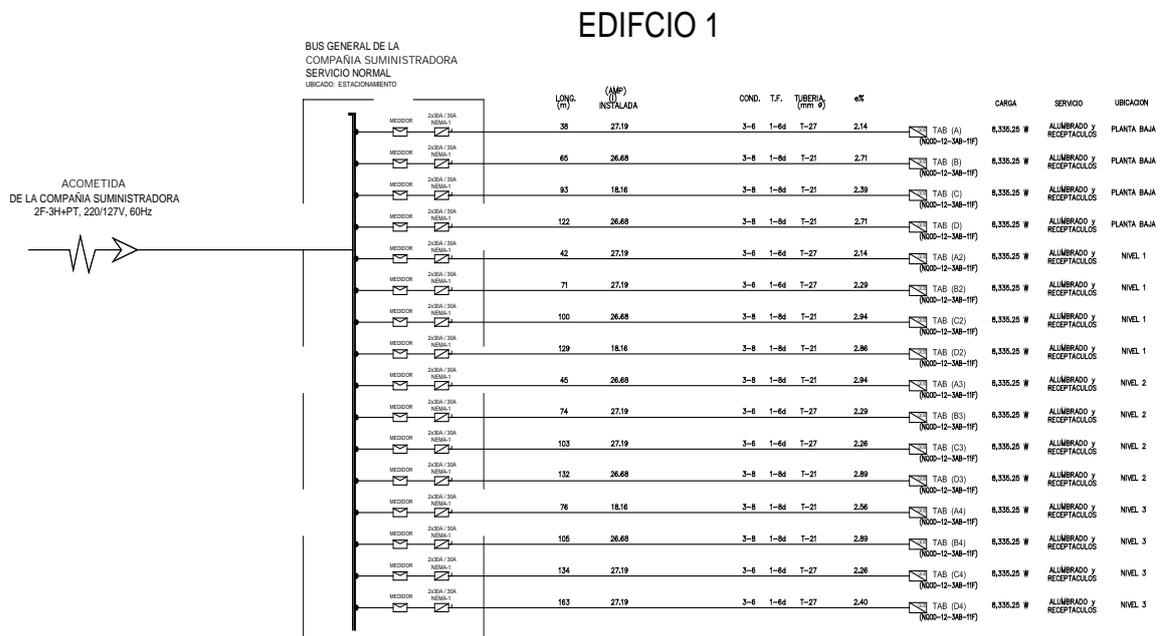
4.3 DIAGRAMA UNIFILAR

EL diagrama unifilar es la representación de los elementos principales que intervienen en una instalación eléctrica, y se muestran de manera de diagrama los elementos interconectados, las distancias de los conductores alimentadores, La caída de tensión de dichos alimentadores, así como la carga que alimentara eléctricamente a tableros y equipos derivados.

Es aquel que muestra mediante una sola línea las conexiones entre los dispositivos, componentes o partes de un circuito eléctrico o de un sistema de .circuitos y estos se representan por símbolos.

En este diagrama se pueden observar de manera general, los elementos que intervienen en la distribución de equipos en una instalación residencial, como lo son acometida, transformadores, equipos de desconexión, de medición, y otros.

En el siguiente dibujo se observa un ejemplo de diagrama unifilar:



CAPITULO 5

NORMATIVIDAD

5.1 FUNDAMENTO Y SUSTENTO DE LA NOM-001-SEDE-2005

FUNDAMENTO LEGAL

Las Normas Oficiales Mexicanas son las regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40 de Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), que establecen las reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistemas, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, mercado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

ARTÍCULO 40.- Las normas oficiales mexicanas tendrán como finalidad establecer:

XIII. Las características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos e instalaciones industriales, comerciales, de servicios y domésticas para fines sanitarios, acuícolas, agrícolas, pecuarios, ecológicos, de comunicaciones, de seguridad o de calidad y particularmente cuando sean peligrosos;

La NOM-001-SEDE-2005 es de carácter obligatorio, para observar su cumplimiento se establece en el artículo 84 y 85 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la figura de las Unidades de Verificación.

ARTÍCULO 84.- Las unidades de verificación podrán, a petición de parte interesada, verificar el cumplimiento de normas oficiales mexicanas, solamente en aquellos campos o actividades para las que hubieren sido aprobadas por las dependencias competentes.

ARTÍCULO 85.- Los dictámenes de las unidades de verificación serán reconocidos por las dependencias competentes, así como por los organismos de certificación y en base a ellos podrán actuar en los términos de esta Ley y conforme a sus respectivas atribuciones.

FUNDAMENTO DE SEGURIDAD.

El fundamento de seguridad de la NOM-001-SEDE2005 se basa principalmente en las disposiciones de la Ley del Servicio Publico de Energía Eléctrica (LSPEE) y en su Reglamento (RLSPEE). En sus artículos 28 y 29 de la Ley y 56 del Reglamento, exigen cumplir con los requisitos técnicos y de seguridad de las Normas Oficiales Mexicanas.

ARTÍCULO 28.- Corresponde al solicitante del servicio realizar a su costa y bajo su responsabilidad, las obras e instalaciones destinadas al uso de la energía eléctrica, mismas que deberán satisfacer los requisitos técnicos y de seguridad que fijen las Normas Oficiales Mexicanas.

Cuando se trate de instalaciones eléctricas para servicios en alta tensión, y de suministros en lugares de concentración pública, se requerirá que una unidad de verificación aprobada por la Secretaria de Energía, Minas e Industria Paraestatal,

certifique, en los formatos que para tal efecto expida ésta, que la instalación en cuestión cumple con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables a dichas instalaciones. La Comisión Federal de Electricidad sólo suministrará energía eléctrica previa la comprobación de que las instalaciones a que se refiere este párrafo han sido certificadas en los términos establecidos en este artículo.

ARTÍCULO 29.- Los productos, dispositivos, equipos, maquinaria, instrumentos o sistemas que utilicen para su funcionamiento y operación la energía eléctrica, quedan sujetos al cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas.

Sin embargo para que el suministrador de energía eléctrica pueda celebrar el contrato de suministro con el usuario, debe conocer el resultado de la verificación eléctrica. Esto se establece en el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en sus artículos 58 y 59.

ARTÍCULO 58.- En los casos a que se refieren los dos artículos anteriores, el suministrador sólo suministrará energía eléctrica previa comprobación de que las instalaciones han sido verificadas por la unidad de verificación a que se refiere el artículo 56.

ARTÍCULO 59.- El usuario de la instalación a cuyo nombre se celebre el contrato de suministro está obligado a conservar la instalación en condiciones de recibir en forma segura y permanente el mismo.

ARTÍCULO 56.- Cuando se trate de instalaciones eléctricas para servicio en alta tensión y de suministro en lugares de concentración pública, se requerirá que una unidad de verificación aprobada por la Secretaría verifique en los formatos que para tal efecto expida, que la instalación en cuestión y el proyecto respectivo cumplan con las normas oficiales mexicanas aplicables.

Acuerdo que determina los lugares de concentración pública para la verificación de las instalaciones eléctricas.

Los lugares de concentración pública se establecen en este documento, que precisa y facilita la interpretación de las disposiciones establecidas en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento, así como para establecer la metodología que facilite y oriente a usuarios y suministradores de energía eléctrica para el debido cumplimiento a los requisitos técnicos de las instalaciones.

Artículo primero.- Se consideran lugares de concentración pública, los destinados a actividades de esparcimiento, recreativos, educativos, centros de trabajo, además de cualquier otra área abierta al público, como se especifica en el artículo segundo siguiente.

Artículo segundo.- Se consideran lugares de concentración pública:

1. Independientemente de la carga conectada, los siguientes:
 - 1.1. Arenas de box, lucha, patinaje;
 - 1.2. Asilos;
 - 1.3. Auditorios;
 - 1.4. Baños públicos;
 - 1.5. Bibliotecas públicas;

- 1.6. Carpas y circos;
- 1.7. Centros de convenciones y de conferencias;
- 1.8. Centros deportivos;
- 1.9. Centros nocturnos, cabarets y discotecas;
- 1.10. Cines;
- 1.11. Cortijos;
- 1.12. Templos;
- 1.13. Edificios nuevos ocupados por arrendatarios, copropietarios o condominios habitacionales y de oficinas, de más de tres niveles, exclusivamente en las instalaciones de los servicios comunes y alimentación general;
- 1.14. Estadios;
- 1.15. Expendios de leche;
- 1.16. Guarderías;
- 1.17. Hospitales, clínicas y sanatorios;
- 1.18. Hoteles, moteles;
- 1.19. Juegos mecánicos;
- 1.20. Lavado y engrasado de vehículos automotores;
- 1.21. Lienzos charros;
- 1.22. Museos;
- 1.23. Salas para fiestas;
- 1.24. Salones de baile;
- 1.25. Teatros;
- 1.26. Tiendas departamentales y de autoservicio;
- 1.27. Las áreas clasificadas como peligrosas y los locales con ambientes especiales indicados como tales en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 (Sección 4.5, artículos 500 - 555), y
- 1.28. Los lugares con suministros de 1,000 o más Volts entre conductores, o de 600 Volts o más con respecto a tierra.
2. Cuando la carga conectada es mayor a 10 kW, los siguientes:
 - 2.1. Albergues;
 - 2.2. Bares y cantinas;
 - 2.3. Bancos, instituciones financieras;
 - 2.4. Cárceles y reclusorios;
 - 2.5. Edificios para oficinas públicas;
 - 2.6. Escuelas y demás centros docentes;
 - 2.7. Establecimientos comerciales;
 - 2.8. Ferias y exposiciones;
 - 2.9. Funerarias;
 - 2.10. Galerías o salas de exposición;
 - 2.11. Gimnasios y centros deportivos;
 - 2.12. Laboratorios;
 - 2.13. Mercados;
 - 2.14. Parques de diversiones;
 - 2.15. Plazas taurinas;
 - 2.16. Restaurantes y cafeterías;
 - 2.17. Talleres de costura;
 - 2.18. Terminales para pasajeros (aéreas, terrestres, marítimas), y
 - 2.19. Tortillerías y molinos de nixtamal.
3. Cuando la carga total instalada es mayor a 20 kW:
 - 3.1. Industrias de cualquier tipo.

5.2 OBJETIVO DE LA NOM-001-SEDE-2005

Tanto el objetivo como el campo de aplicación se encuentran definidos en el Capítulo 1 de la Norma.

1.1.1 El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- los choques eléctricos,
- los efectos térmicos,
- sobrecorrientes,
- las corrientes de falla y
- sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta norma no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

5.3 CAMPO DE APLICACIÓN DE LA NOM-001-SEDE-2005

1.2.1 Esta NOM cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en:

a) Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.

b) 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.

c) Sistemas de emergencia o reserva propiedad de los usuarios.

d) Subestaciones, líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicaciones e instalaciones subterráneas.

e) Centrales eléctricas para Cogeneración o Autoabastecimiento.

f) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el uso de la energía eléctrica, excepto donde se indica.

Esta NOM cubre:

a) Circuitos alimentados con una tensión nominal hasta 600 V de corriente alterna o 1 500 V de corriente continua, y algunas aplicaciones especificadas arriba de 600 V de corriente alterna o 1 500 V de corriente continua.

Para corriente alterna, la frecuencia tomada en cuenta en esta norma es 60 Hz. Sin embargo no se excluye el uso de otras frecuencias para aplicaciones especiales;

b) 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 c.a., por ejemplo: los circuitos de lámparas a descarga, precipitadores electrostáticos;

c) Todas las instalaciones del usuario situadas fuera de edificios;

d) Alambrado fijo para telecomunicaciones, señalización, control y similares (excluyendo el alambrado interno de aparatos);

e) Las ampliaciones o modificaciones a las instalaciones, así como a las partes de instalaciones existentes afectadas por estas ampliaciones o modificaciones.

Los equipos eléctricos sólo están considerados respecto a su selección y aplicación para la instalación correspondiente.

Esta NOM no se aplica en:

a) Instalaciones eléctricas en barcos y embarcaciones.

b) Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.

c) 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.

d) 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.

e) Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones donde se localice.

5.4 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA NOM-001-SEDE-2005

Estos principios de seguridad y protección se definen en el Capítulo 3

3. Principios fundamentales

3.1 Protección para la seguridad

3.1.1 Generalidades

Los requisitos establecidos en este capítulo tienen el propósito de garantizar la seguridad de las personas, animales y los bienes contra los riesgos que puedan resultar de la utilización de las instalaciones eléctricas.

NOTA - En las instalaciones eléctricas, existen dos tipos de riesgos mayores:

- las corrientes de choque;
- las temperaturas excesivas capaces de provocar quemaduras, incendios u otros efectos peligrosos.

3.1.2 Protección contra los choques eléctricos

3.1.2.1 Protección contra los contactos directos

Las personas y los animales deben protegerse contra los riesgos que puedan resultar por el contacto con las partes vivas de la instalación.

Esta protección puede obtenerse por uno de los métodos siguientes:

- previniendo que una corriente pueda pasar a través del cuerpo de una persona o de un animal;
- limitando la corriente que pueda pasar a través del cuerpo a un valor inferior al de la corriente de choque.

3.1.2.2 Protección contra contactos indirectos

Las personas y los animales deben protegerse contra riesgos que puedan resultar por el contacto indirecto con las partes conductoras expuestas en caso de falla.

Esta protección puede obtenerse por uno de los métodos siguientes:

- previniendo que una corriente de falla pase a través del cuerpo de una persona o de un animal;
- limitando la corriente de falla que pueda pasar a través del cuerpo a un valor inferior al de la corriente de choque.
- efectuando la desconexión automática de la alimentación en determinado tiempo, evitando que después de que ocurra una falla que pueda causar que una corriente, fluya a través de un cuerpo en contacto con partes conductoras expuestas, cuando el valor de dicha corriente es igual o mayor que la corriente de choque.

NOTA- En relación con la protección contra los contactos indirectos, la aplicación del método de conexión de puesta a tierra, constituye un principio fundamental de seguridad.

3.1.3 Protección contra los efectos térmicos

La instalación eléctrica debe realizarse de tal forma que no exista ningún riesgo de ignición de materiales inflamables debido a las altas temperaturas o a los arcos eléctricos. Además, durante la operación normal del equipo eléctrico, no debe haber riesgo de que las personas o animales sufran quemaduras.

3.1.4 Protección contra sobrecorrientes

Las personas y los animales deben protegerse contra lesiones y los bienes contra daños debidos a temperaturas excesivas o esfuerzos electromecánicos ocasionados por cualquier sobrecorriente que pueda ocurrir en los conductores vivos.

Esta protección puede obtenerse, por uno de los métodos siguientes:

- la desconexión automática antes de que la sobrecorriente alcance un valor peligroso considerando su duración;
- limitando la máxima sobrecorriente a un valor seguro considerando su duración.

3.1.5 Protección contra las corrientes de falla

Los conductores que no sean los conductores vivos, y las otras partes diseñadas para conducir una corriente de falla, deben poder conducir estas corrientes sin alcanzar una temperatura superior a la máxima permisible para los conductores.

NOTAS:

- 1) Debe darse atención particular a las corrientes de falla a tierra y a las corrientes de fuga.
- 2) Para los conductores vivos, el cumplimiento con 3.1.4 asegura su protección contra sobrecorrientes causadas por fallas.

3.1.6 Protección contra sobretensiones

Las personas y los animales deben protegerse contra lesiones y los bienes contra daños que sean consecuencia de una tensión excesiva motivada por fenómenos atmosféricos, electricidad estática, fallas en la operación de los equipos de interrupción o bien por fallas entre partes vivas de circuitos alimentados a tensiones diferentes.

3.2 Planeación de las instalaciones eléctricas

3.2.1 Generalidades

Para la planeación, deben tomarse en cuenta los siguientes factores para proporcionar:

- protección de las personas, animales y los bienes de acuerdo con 3.1;
- funcionamiento satisfactorio de la instalación eléctrica acorde a la utilización prevista.

La información requerida para la planeación de la instalación eléctrica se indica en 3.2.2 al 3.2.5. Los requisitos para la planeación, se establecen en los artículos del 3.2.6 al 3.2.12.

NOTA: Se recomienda tomar provisiones sobre futuras ampliaciones o expansiones de las instalaciones, con objeto de garantizar la seguridad en las instalaciones eléctricas.

3.2.2 Características de la alimentación o alimentaciones disponibles

3.2.2.1 Naturaleza de la corriente: corriente alterna o corriente directa

3.2.2.2 Naturaleza y número de conductores:

- Para corriente alterna: Conductor(es) vivos; conductor neutro o puesto a tierra; conductor de puesta a tierra;
- Para corriente directa: Conductores equivalentes a los indicados anteriormente.

3.2.2.3 Valores nominales y tolerancias: tensiones y tolerancias; frecuencia y tolerancias; corriente máxima admisible; corriente probable de cortocircuito.

3.2.2.4 Medidas de protección inherentes en la alimentación; como por ejemplo: conductor neutro puesto a tierra, o conductor de puesta a tierra del punto medio o en el vértice de una fase (en un sistema delta abierto o cerrado).

3.2.2.5 Requisitos particulares de la alimentación de energía eléctrica, tales como: demanda, capacidad instalada, factor de demanda y tensión de alimentación.

3.2.3 Naturaleza de la demanda

El número y tipo de los circuitos alimentadores y derivados necesarios para iluminación, calefacción, fuerza motriz, control, señalización, telecomunicaciones, etc., se definen por:

- Puntos de consumo de la demanda de energía eléctrica;
- Cargas probables en los diferentes circuitos;
- Variación diaria y anual de la demanda;
- Condiciones especiales;
- Requisitos para las instalaciones de control, de señalización, de telecomunicaciones, etc.

3.2.4 Alimentación de emergencia o de reserva

- Fuente de alimentación (naturaleza, características).
- Circuitos alimentados por la fuente de emergencia.
- Circuitos alimentados por la fuente de reserva.

3.2.5 Condiciones ambientales

Deben considerarse las condiciones generales, y la clasificación de las condiciones ambientales en las instalaciones eléctricas.

3.2.6 Área de la sección transversal de los conductores

El área de la sección transversal de los conductores debe determinarse en función:

- a) de su temperatura máxima admisible;
- b) de la caída de tensión admisible;
- c) de los esfuerzos electromecánicos que puedan ocurrir en caso de un cortocircuito;
- d) a otros esfuerzos mecánicos a los que puedan someterse los conductores;
- e) el valor máximo de la impedancia con respecto al funcionamiento de la protección contra el cortocircuito.

NOTA - Los puntos enumerados anteriormente, conciernen en primer lugar, a la seguridad de las instalaciones eléctricas. Las áreas de sección transversal mayores que las requeridas para la seguridad pueden preferirse por operación económica.

3.2.7 Tipo de alambrado y métodos de instalación

La selección del tipo de alambrado y los métodos de instalación dependen de:

- La naturaleza del lugar;
- La naturaleza de las paredes u otras partes de los edificios que soportan el alambrado;
- La accesibilidad del alambrado a las personas y animales domésticos;

- La tensión eléctrica;
- Los esfuerzos electromecánicos que ocurren durante un cortocircuito;
- Otros esfuerzos a los cuales puedan exponerse los alambros durante la realización de las instalaciones eléctricas o en servicio.

3.2.8 Dispositivos de protección

Las características de los equipos de protección, deben determinarse con respecto a su función, la cual puede ser por ejemplo, la protección contra los efectos de:

- sobrecorrientes (sobrecargas, cortocircuito);
- corriente de falla a tierra;
- sobretensiones;
- bajas tensiones y ausencia de tensión.

Los equipos de protección deben operar a los valores de corriente, tensión y tiempo los cuales se adaptan a las características de los circuitos y a los peligros posibles.

3.2.9 Control de emergencia

Si es necesario, en caso de peligro, la interrupción inmediata de la tensión de alimentación de las fuentes de energía, debe instalarse un dispositivo de interrupción de manera tal que sea fácilmente reconocible y rápidamente operable.

3.2.10 Dispositivos de desconexión

Deben proveerse dispositivos de desconexión para permitir desconectar de la instalación eléctrica, los circuitos o los aparatos individuales con el fin de permitir el mantenimiento, la comprobación, localización de fallas y reparaciones.

3.2.11 Prevención de las influencias mutuas

La instalación eléctrica debe estar dispuesta de tal forma que no haya influencia mutua perjudicial entre la instalación eléctrica y las instalaciones no eléctricas del edificio.

3.2.12 Accesibilidad de los equipos eléctricos

Los equipos eléctricos deben estar dispuestos para permitir tanto como sea necesario:

- espacio suficiente para realizar la instalación inicial y el posterior reemplazo del equipo eléctrico;
- accesibilidad para la operación, pruebas, inspección, mantenimiento y reparación.

NOTA: Para la definición de Accesible (aplicado a equipo) ver Capítulo 4.1, artículo 100, Definiciones.

3.2.13 Proyecto eléctrico

Las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica, contempladas en esta NOM, deben contar con un proyecto (planos y memorias técnico-descriptivas)

3.3 Selección del equipo eléctrico

3.3.1 Generalidades

Todo equipo eléctrico utilizado en las instalaciones eléctricas debe cumplir con lo establecido en la Sección 110-2 de esta NOM.

3.3.2 Características

Cada equipo eléctrico seleccionado debe corresponder a las condiciones y características previstas para la instalación eléctrica (ver Capítulo 3.2); éstas deben en particular cumplir con los requisitos siguientes, cumpliendo con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002:

3.3.2.1 Tensión

Los equipos eléctricos deben ser adecuados para el valor máximo de la tensión al cual van a operar (valor eficaz en corriente alterna), así como también a las sobretensiones que pudieran ocurrir.

NOTA - Para ciertos equipos puede ser necesario tomar en cuenta la tensión eléctrica más baja que pudiera presentarse.

3.3.2.2 Corriente eléctrica

Todos los equipos eléctricos deben seleccionarse considerando el valor máximo de la intensidad de corriente (valor eficaz en corriente alterna), que conducen en servicio normal, y considerando la corriente que pueda conducir en condiciones anormales, y el periodo (por ejemplo, tiempo de operación de los dispositivos de protección, si existen) durante el cual puede esperarse que fluya esta corriente.

3.3.2.3 Frecuencia

Si la frecuencia tiene una influencia sobre las características de los equipos eléctricos, la frecuencia nominal de los equipos debe corresponder a la frecuencia susceptible de producirse en el circuito.

3.3.2.4 Potencia

Todos los equipos eléctricos, seleccionados sobre la base de sus características de potencia, deben adecuarse para el servicio requerido del equipo, tomando en cuenta el factor de carga y las condiciones normales de servicio.

3.3.3 Condiciones de instalación

Todos los equipos eléctricos deben seleccionarse para poder soportar con seguridad los esfuerzos y las condiciones ambientales (ver el 3.2.5) característicos del lugar en donde se van a instalar, y a las que puedan someterse.

3.3.4 Prevención de los efectos nocivos

Todos los equipos eléctricos habrán de seleccionarse de manera que causen los menores efectos nocivos a otros equipos y a la alimentación durante el servicio normal, incluyendo las operaciones de interrupción.

En este contexto, los factores que pueden tener una influencia son:

- el factor de potencia;
- corrientes inducidas;
- cargas asimétricas;
- distorsión armónica.

3.4 Construcción y prueba inicial de las instalaciones eléctricas

3.4.1 Construcción

3.4.1.1 Son esenciales para la construcción de las instalaciones eléctricas una mano de obra efectuada por personal calificado y la utilización de materiales aprobados.

3.4.1.2 Las características del equipo eléctrico, una vez seleccionadas de acuerdo con lo establecido en 3.3, no deben modificarse o reducirse durante el proceso de instalación.

3.4.1.3 Los conductores deben identificarse de acuerdo con las Secciones aplicables de esta NOM.

3.4.1.4 Las conexiones entre conductores y otros equipos eléctricos, debe realizarse de tal manera que los contactos sean seguros y duraderos, de acuerdo con el Título 4 "Especificaciones".

3.4.1.5 Los equipos eléctricos deben instalarse de tal forma que no se afecten las condiciones de diseño de dichos equipos.

3.4.1.6 Los equipos eléctricos susceptibles de provocar altas temperaturas o arcos eléctricos, deben colocarse o protegerse para eliminar cualquier riesgo de ignición de materiales inflamables. Cuando la temperatura de cualquier parte expuesta del equipo eléctrico es susceptible de provocar lesiones a las personas, estas partes deben colocarse o protegerse para prevenir cualquier contacto accidental.

3.4.2 Prueba Inicial

Las instalaciones eléctricas deben probarse e inspeccionarse antes de ponerse en servicio y después de cualquier modificación importante, para comprobar la adecuada ejecución de los trabajos de acuerdo con esta NOM.

5.5 . REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES NORMATIVAS EN UNA INSTALACION ELECTRICA DE TIPO RESIDENCIAL.

110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos). Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.

a) Distancias de trabajo. Excepto si se exige o se permite otra cosa en esta norma, la medida del espacio de trabajo en dirección al acceso a las partes vivas que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que puedan requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras estén energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16(a). Las distancias deben medirse desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente, si están encerradas. Las paredes de concreto, ladrillo o azulejo deben considerarse conectadas a tierra.

Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser menor que 80 cm de ancho delante del equipo eléctrico. El espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el piso o plataforma hasta la altura exigida por esta Sección. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo

menos 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de esta Sección, se permite equipo que tenga distancias, como la profundidad, iguales a los de la altura requerida.

TABLA 110-16(a).- Distancias de trabajo

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,90	0,90	0,90
151-600	0,90	1,1	1,20

Las condiciones son las siguientes:

- Partes vivas expuestas en un lado y no vivas ni conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a 300 V o menos.
- Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.
- Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

Excepción 1: No se requiere espacio de trabajo en la parte posterior de conjuntos como tableros de distribución de fuerza de frente muerto o centros de control de motores en los que no haya partes reemplazables o ajustables como fusibles o desconectores en su parte posterior y donde todas las conexiones estén accesibles desde lugares que no son la parte posterior. Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir un espacio mínimo de trabajo de 760 mm en horizontal.

Excepción 2: Con permiso especial, se permiten espacios más pequeños si todas las partes no aisladas están a una tensión eléctrica inferior a 30 V rcm, 42 V de pico o 60 V c.c.

Excepción 3: En los edificios existentes en los que se vaya a cambiar el equipo eléctrico, debe dejarse un espacio de trabajo como el de la Condición 2 entre tableros de distribución de fuerza de frente muerto, gabinetes de alumbrado o centros de control de motores situados a lo largo del pasillo y entre uno y otro, siempre que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que se han dado instrucciones por escrito para prohibir que se abra al mismo tiempo el equipo a ambos lados del pasillo y que el mantenimiento de la instalación sea efectuado por personas calificadas.

b) Espacios libres. El espacio de trabajo requerido por esta Sección no debe utilizarse como almacén. Cuando las partes energizadas normalmente cerradas se exponen para su inspección o servicio, el espacio de trabajo, en un paso o espacio general, debe estar debidamente protegido.

c) Acceso y entrada al espacio de trabajo. Debe haber al menos una entrada de ancho suficiente que dé acceso al espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico.

Para equipo de 1 200 A nominales o más y de más de 1,80 m de ancho, que contenga dispositivos de protección contra sobrecorriente, dispositivos de interrupción o de

control, debe tener una entrada de no menos de 61 cm de ancho y de 2 m de alto en cada extremo del local.

Excepción 1: Si el lugar permite una circulación continua y libre, se permite una salida únicamente.

Excepción 2: Si el espacio de trabajo requerido en la Sección 110-16(a) se duplica, sólo se requiere una entrada al espacio de trabajo y debe estar situada de modo que el borde de la entrada más cercana al equipo esté a la distancia mínima dada en la Tabla 110-16(a) desde dicho equipo.

d) Iluminación. Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores instalados interiormente. No son necesarios otros elementos de iluminación cuando el espacio de trabajo esté iluminado por una fuente de luz adyacente. En los cuartos de equipo y en donde estén instalados: tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores, la iluminación debe ser apropiada aun cuando se interrumpa el suministro de alumbrado normal y debe cumplir lo indicado en la Sección 700-17.

e) Altura hasta el techo. La altura mínima hasta el techo de los espacios de trabajo alrededor de equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores debe ser de 2 m. Cuando el equipo eléctrico tenga más de 2 m de altura, el espacio mínimo hasta el techo no debe ser inferior a la altura del equipo.

Excepción: El equipo de acometida o los paneles de alumbrado en unidades de vivienda existentes que no superen 200 A.

NOTA: Para tensiones eléctricas mayores, véase 710.

110-17. Resguardo de partes vivas (de 600 V nominales o menos)

a) Partes vivas protegidas contra contacto accidental. Excepto si en esta norma se requiere o autoriza otra cosa, las partes vivas del equipo eléctrico que funcionen a 50 V o más deben estar resguardadas contra contactos accidentales por envolventes apropiadas o por cualquiera de los medios siguientes:

1) Estar ubicadas en un cuarto, bóveda o recinto similar accesible únicamente a personal calificado.

2) Mediante muros de materiales permanentes adecuados, tabiques o mamparas dispuestas de modo que sólo tenga acceso al espacio cercano a las partes vivas personal calificado. Cualquier abertura en dichos muros o mampara debe ser dimensionada o estar situada de modo que no sea probable que las personas entren en contacto accidentalmente con las partes vivas o pongan objetos conductores en contacto con las mismas.

3) Estar situadas en un balcón, una galería o en una plataforma tan elevadas y dispuestas de tal modo que no permita acceder a personal no calificado.

4) Estar instaladas a 2,45 m o más por encima del piso u otra superficie de trabajo.

b) Prevención de daño físico. En lugares en los que sea probable que el equipo eléctrico pueda estar expuesto a daños físicos, las envolventes o protecciones deben estar dispuestas de tal modo y ser de una resistencia tal que evite daños.

c) Señales preventivas. Las entradas a cuartos y otros lugares protegidos que contengan partes vivas expuestas, deben marcarse con señales preventivas que prohíban la entrada a personal no calificado.

NOTA: Para los motores, véase 430-132 y 430-133. Para más de 600 V, véase 110-34.

110-18. Partes que puedan formar arcos eléctricos. Las partes del equipo eléctrico que en su funcionamiento normal puedan producir arcos, chispas, flamas o metal fundido, deben encerrarse o separar y aislar de cualquier material combustible.

NOTA: Para áreas peligrosas (clasificadas), véanse los Artículos 500 a 517. Para los motores, véase 430-14.

CIRCUITO DERIVADO

DEFINICIÓN:

Circuito derivado: Conductor o conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la o las salidas finales de utilización.

210-3. Clasificación. Los circuitos derivados deben clasificarse según la capacidad de conducción de corriente máxima, o según el valor de ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. La clasificación de los circuitos derivados que no sean individuales debe ser de 15, 20, 30, 40 y 50 A. Cuando se usen por cualquier razón conductores de mayor capacidad de conducción de corriente, la clasificación del circuito debe estar determinada por la capacidad nominal o por el valor de ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente.

210-6. Limitaciones de tensión de los circuitos derivados

a) Limitaciones por razón de la ocupación. En las unidades de vivienda y en las habitaciones de huéspedes de los hoteles, moteles y locales similares, la tensión eléctrica no debe superar 127 V nominales entre los conductores que suministren corriente eléctrica a las terminales de:

- 1) Elementos de alumbrado.
- 2) Cargas de 1 440 VA nominales o menos o de menos de 187 W ($\frac{1}{4}$ CP), conectadas con cordón y clavija.
- b) De 127 V entre conductores.** Está permitido que los circuitos que no superen 127 V nominales entre conductores suministren corriente eléctrica a:
 - 1) Las terminales de portalámparas que estén dentro de su tensión eléctrica nominal.
 - 2) Los equipos auxiliares de lámparas de descarga.
 - 3) Los equipos de utilización conectados con cordón y clavija o permanentemente.

210-7. Receptáculos y conectores para cordones

a) Con conexión de puesta a tierra. Los receptáculos instalados en circuitos derivados de 15 A y 20 A deben ser con conexión de puesta a tierra. Los receptáculos con conexión de puesta a tierra deben instalarse sólo en circuitos para la tensión y corriente eléctricas para las cuales están clasificados, excepto lo establecido en las Tablas 210-21(b)(2) y (b)(3).

b) Para conectar a tierra. Los receptáculos y conectores para cordones que tengan contactos de conexión de puesta a tierra, deben tener esos contactos puestos a tierra eficazmente.

210-8. Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra

NOTA: Véase en 215-9 la protección mediante interruptores con protección de falla a tierra en los circuitos alimentadores.

a) Unidades de vivienda. Todos los receptáculos en instalaciones monofásicas de 120 V o 127 V de 15 A y 20 A, instalados en los lugares que se especifican a continuación, deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra:

- 1) Los de los cuartos de baño.

- 2) Los de las cocheras y partes de las construcciones sin terminar situadas a nivel del piso, que se utilicen como zonas de almacén o de trabajo.
- 3) En exteriores.
- 4) Las galerías donde sólo se puede circular a gatas, cuando estén al nivel del piso o inferiores.
- 5) Sótanos sin acabados. Para los fines de esta Sección, se definen los sótanos sin acabado como las partes o zonas del sótano que no estén pensadas como habitaciones, limitadas a zonas de almacén, de trabajo o similar.
- 6) Cocinas. Cuando los receptáculos estén instalados en la superficie del mueble de cocina.
- 7) Fregaderos. Cuando los receptáculos estén instalados para servir aparatos eléctricos situados en las barras y situados a menos de 1,8 m del borde exterior del fregadero o superficie metálica que esté en contacto con el mismo.

210-19. Conductores: Tamaño nominal del conductor y capacidad de conducción de corriente mínimos

a) **General.** Los conductores de los circuitos derivados deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga máxima que alimentan. Además, los conductores de circuitos derivados de salidas múltiples que alimenten a receptáculos para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la capacidad nominal del circuito derivado.

NOTA 4: Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta el receptáculo más lejano no supere 5%, proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento.

210-20. Protección contra sobrecorriente. Los conductores de circuitos derivados y equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con una capacidad nominal o ajuste:

- (1) que no exceda la especificada en la Sección 240-3 para los conductores,
- (2) que no exceda a la especificada en los Artículos aplicables de la Sección 240-2 para equipo y
- (3) lo establecido para dispositivos de salida en 210-21.

210-21. Dispositivos de salida. Los dispositivos de salida deben tener una capacidad nominal de conducción de corriente eléctrica no menor que la carga que van a alimentar y deben cumplir lo establecido en los siguientes incisos (a) y (b):

a) **Portalámparas.** Cuando estén conectados a un circuito derivado de más de 20 A nominales, los portalámparas deben ser del tipo para trabajo pesado. Un portalámparas para servicio pesado debe tener una potencia nominal no inferior a 600 W si es de tipo medio y no inferior a 750 W si es de cualquier otro tipo.

b) Receptáculos

- 1) Un receptáculo sencillo instalado en un circuito derivado individual, debe tener una capacidad nominal no menor que la de dicho circuito.
- 2) Cuando estén conectados a un circuito derivado que suministre energía, a dos o más receptáculos o salidas, un receptáculo no debe alimentar a una carga total de aparatos

eléctricos conectados con cordón y clavija, que exceda el máximo especificado en la Tabla 210-21(b)(2).

3) Cuando se conecten a un circuito derivado, que alimente a dos o más receptáculos o salidas, la capacidad nominal de los receptáculos debe corresponder a los valores de la Tabla 210-21(b)(3) o, si es de más de 50 A, la capacidad nominal del receptáculo no debe ser inferior a la capacidad nominal del circuito derivado.

TABLA 210-21 (b) (2).- Carga máxima conectada a un receptáculo por medio de un cordón y clavija

Capacidad nominal del circuito (A)	Capacidad nominal del receptáculo (A)	Carga máxima (A)
15 o 20	15	12
20	20	16
30	30	24

TABLA 210-21(b) (3).- Capacidad nominal receptáculos en circuitos de diversa capacidad (A)

Capacidad nominal del circuito (A)	Capacidad nominal del receptáculo (A)
15	No más de 15
20	15 o 20
30	30
40	40 o 50
50	50

210-23. Cargas permisibles. En ningún caso la carga debe exceder a la capacidad nominal del circuito derivado. Está permitido que un circuito derivado individual suministre energía a cualquier tipo de carga dentro de su valor nominal. Un circuito derivado que suministre energía a dos o más salidas o receptáculos, sólo debe alimentar a las cargas especificadas en los incisos (a) a (d) y resumidas en 210-24 y en la Tabla 210-24, de acuerdo con su clasificación.

a) Circuitos derivados de 15 A y 20 A. Se permite que los circuitos derivados de 15 A o 20 A alimenten a unidades de alumbrado, otros equipos de utilización o una combinación de ambos. La capacidad nominal de cualquier equipo de utilización conectado mediante cordón y clavija no debe superar 80% de la capacidad nominal del circuito derivado. La capacidad total del equipo de utilización fijo en su lugar, no debe superar el 50% de la capacidad nominal del circuito, cuando también se conecten a este circuito unidades de alumbrado, equipo de utilización no fijo conectado mediante cordón y clavija o ambos a la vez.

Excepción: Los circuitos derivados para aparatos electrodomésticos pequeños y el circuito derivado para lavanderías de las unidades de vivienda, especificados en 220-4(b) y (c), sólo deben alimentar a las salidas de receptáculos especificadas en dicha Sección.

210-70. Salidas requeridas para alumbrado. Las salidas para alumbrado deben instalarse donde se especifica en 210-70(a), (b) y (c) siguientes:

a) Unidad o unidades de vivienda. En las unidades de vivienda, las salidas de alumbrado deben instalarse de acuerdo con (1), (2) y (3).

(1) Cuartos habitables. Debe instalarse al menos una salida para alumbrado controlada por un interruptor de pared, en todos los cuartos habitables y cuartos de baño.

(2) Lugares adicionales. Se debe instalar al menos una salida de alumbrado controlada con un interruptor de pared, en pasillos, escaleras, garajes adjuntos y garajes separados con energía eléctrica y debe suministrarse iluminación en la parte exterior de entradas y salidas exteriores con acceso a nivel de piso. Una puerta vehicular en un garaje no debe considerarse como una entrada o salida exterior. Cuando estén instaladas salidas de alumbrado en escaleras interiores, debe haber un interruptor de pared al nivel de cada piso, para controlar la salida de alumbrado, en donde la diferencia entre los niveles de los pisos es de seis escalones o más.

c) Otros lugares. En los sótanos o espacios bajo el piso que albergan equipos que requieren reparación, tales como de calefacción, refrigeración o aire acondicionado, debe instalarse al menos una salida de alumbrado con interruptor, o controlada por un interruptor de pared. Al menos un punto de control debe estar en el punto habitual de entrada a estos espacios. La salida de alumbrado debe instalarse cerca del equipo que necesita reparación.

C. Salidas necesarias

210-50. Disposiciones generales. Las salidas de receptáculos deben instalarse como se especifica en 210-52 a) 210-60.

a) Cordón colgante. Un conector de cordón que esté soportado en un cordón colgante instalado permanentemente, se considera como salida para receptáculo.

b) Conexiones de cordón. Debe instalarse una salida para receptáculo siempre que se utilicen cordones flexibles con clavija de conexión. Cuando se permita que los cordones flexibles estén conectados permanentemente, se permite suprimir los receptáculos para dichos cordones.

c) Salidas para aparatos electrodomésticos. Las salidas para receptáculos instaladas en una vivienda con aparatos electrodomésticos específicos, tales como equipo de lavandería, deben instalarse a menos de 1,8 m del lugar definido para colocar el aparato electrodoméstico.

210-52. Salidas para receptáculos en unidades de vivienda

a) Disposiciones generales. En los cuartos de cocina, sala de estar, salas, salones, bibliotecas, cuartos de estudio, solarios, comedor, recibidor, vestíbulo, biblioteca, terraza, recámara, cuarto de recreo o cualquier habitación similar en unidades de vivienda, deben instalarse salidas para receptáculos de acuerdo con las disposiciones siguientes:

1) Separación. Las salidas para receptáculos deben instalarse de modo que ningún punto a largo de la línea del suelo de cualquier espacio de la pared esté a más de 1,8 m, medidos horizontalmente, de una salida para receptáculo en ese espacio.

2) Espacio de pared: Para los efectos de este Artículo debe entenderse "espacio de pared" lo siguiente:

a) Cualquier espacio de 60 cm o más de ancho inclusive el espacio que se mida al doblar las esquinas y no interrumpido por aberturas de puertas, chimeneas o similares.

b) El espacio ocupado por paneles fijos en la pared, excepto los deslizantes.

c) El espacio producido por divisores de ambiente fijos tales como mostradores independientes tipo bar o barandas.

3) Receptáculos de piso. Los receptáculos de piso no deben contarse como parte del número requerido de salidas de receptáculos, a menos que estén localizados a una distancia máxima de 45 cm de la pared.

b) Aparatos electrodomésticos pequeños. En la cocina, desayunador, comedor o áreas similares en las unidades de vivienda, se requiere de dos o más circuitos derivados de 20 A para aparatos electrodomésticos pequeños, según se especifica en 220-4(b), deben alimentar únicamente las salidas de receptáculos mencionados. Para la salida del receptáculo para conexión del refrigerador se permite instalar un circuito derivado independiente de 15 A o más.

c) Receptáculos en mostradores y barras de cocina. En las cocinas, cuartos de baño y comedores de las unidades de vivienda los receptáculos no deben instalarse con la cara hacia arriba en las superficies de trabajo. Los receptáculos no deben instalarse a más de 50 cm arriba del mostrador.

d) Sótanos y cocheras. En las viviendas unifamiliares, en cada sótano y en cada cochera adyacentes y en las cocheras independientes con instalación eléctrica, debe instalarse por lo menos una salida para receptáculo, además de la prevista para el equipo de lavandería. Véanse 210-8(a)(2) y 210-8(a)(4).

e) Aéreas de lavandería. En unidades de vivienda debe instalarse por lo menos un receptáculo para el área de lavandería. Se debe instalar un circuito derivado independiente de 20 A para salida del receptáculo para conexión en el área de lavandería.

Excepción: En viviendas multifamiliares que cuenten con área de lavandería de uso general no se requiere receptáculo para lavandería en cada unidad habitacional.

f) En baños de unidades de vivienda debe instalarse cuando menos una salida para receptáculo de 20 A, en la pared cerca de cada lavabo, debiendo ésta contar con interruptor de circuito por falla a tierra, véase 210-8(a)(1).

g) En exteriores de unidades de vivienda debe instalarse cuando menos una salida para receptáculo, véase 210-8(a)(3).

CIRCUITO ALIMENTADOR

DEFINICIÓN.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separadamente u otra fuente de alimentación y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

215-2. Capacidad nominal y tamaño mínimos del conductor. Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la necesaria para suministrar energía a las cargas calculadas de acuerdo a las partes B, C y D del Artículo 220. El tamaño nominal mínimo del conductor debe ser el especificado en los siguientes incisos (a) y (b) en las condiciones estipuladas. Los conductores alimentadores de una unidad de vivienda o de una casa móvil, no tienen que ser de mayor tamaño que los conductores de entrada de la acometida.

a) Para circuitos especificados. La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no debe ser inferior a 30 A, cuando la carga alimentada consista en alguno de los siguientes tipos de circuitos:

(1) dos o más circuitos derivados de dos conductores conectados a un alimentador de dos conductores,

(2) más de dos circuitos derivados de dos conductores, conectados a un alimentador de tres conductores,

(3) dos o más circuitos derivados de tres conductores conectados a un alimentador de tres conductores, y

(4) dos o más circuitos derivados de cuatro conductores conectados a un alimentador de tres fases, cuatro conductores.

b) Capacidad de conducción de corriente de los conductores de entrada de la acometida. La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no debe ser inferior a la de los conductores de entrada de acometida cuando los conductores del alimentador transporten el total de la carga alimentada por los conductores de entrada de acometida con una capacidad de conducción de corriente de 55 A o menos.

215-6. Medios de puesta a tierra de los conductores. Cuando un alimentador suministre energía a circuitos derivados que requieran conductores de puesta a tierra de equipo, el alimentador debe incluir o proveer un medio de puesta a tierra según lo establecido en 250-57, al que deben conectarse los conductores de puesta a tierra del equipo de los circuitos derivados.

215-9. Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra. Se permite que los alimentadores que proporcionen energía a circuitos derivados de 15 A y 20 A para receptáculos estén protegidos por un interruptor de circuito por falla a tierra, en vez de lo establecido para tales interruptores en 210-8 y en el Artículo 305.

NOTA: Para protección contra riesgos de incendio de origen eléctrico, los alimentadores que proporcionan corriente eléctrica a circuitos derivados de 15 A y 20 A pueden protegerse por dispositivos de corriente residual, esto complementa la protección establecida en 210-8 y en el Artículo 305.

ARTICULO 700-SISTEMAS DE EMERGENCIA

A. Disposiciones generales

700-1. Alcance. Los requisitos de este Artículo se aplican a la seguridad eléctrica de la instalación, para la operación y mantenimiento de los sistemas de emergencia constituidos por circuitos y equipos, destinados para alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica para iluminación o energía, o ambos, cuando se interrumpe el suministro eléctrico normal de energía eléctrica.

Los sistemas de emergencia son aquellos requeridos por Ley y clasificados como emergentes por reglamentaciones, decretos o legislaciones federales o municipales vigentes. Estos sistemas son utilizados para suministrar automáticamente iluminación o energía, o ambos, áreas y equipos en caso de falla del suministro normal de energía eléctrica, o en caso de accidente en los componentes de un sistema destinado para suministrar, distribuir y controlar la energía y alumbrado esenciales para la seguridad de la vida humana.

NOTA 1: Para más información sobre los requisitos en instalaciones para áreas de atención a la salud, véase el Artículo 517.

NOTA 2: Para más información sobre el desempeño y mantenimiento de sistemas de emergencia en instalaciones para áreas de atención a la salud, véase Apéndice B2.

NOTA 3: Los sistemas de emergencia son generalmente instalados en lugares de reunión donde la iluminación artificial es necesaria para asegurar la salida o para controlar el pánico en edificios de concentración de personas, tales como hoteles, teatros, canchas deportivas, centros comerciales, áreas de atención a la salud o lugares similares. Los sistemas de emergencia también pueden suministrar energía para funciones como ventilación cuando sea esencial para la seguridad de la vida humana, sistemas de alarmas y detección de incendios, elevadores, bombas para equipo contra incendio, sistemas de comunicación de seguridad pública, procesos industriales, donde la interrupción de la corriente podría producir serios peligros para la seguridad de la vida humana o riesgos para la salud, y otras funciones similares.

700-5. Capacidad del sistema

a) Capacidad y régimen. Un sistema de emergencia debe tener la capacidad y régimen adecuado para que puedan funcionar simultáneamente con todas las cargas. El equipo del sistema de emergencia debe ser adecuado para soportar la máxima corriente eléctrica de falla disponible en sus terminales.

b) Sistema selectivo de carga y desconexión de carga. Se permite que la fuente de energía alterna suministre a los sistemas de emergencia, sistemas de reserva legalmente requeridos y a los de reserva opcional, cuando se proporcione una selección automática de la carga al arranque y desconexión de carga de la forma necesaria para garantizar suministro adecuado para:

- (1) los circuitos de emergencia;
- (2) los circuitos de reserva legalmente exigidos;
- (3) los circuitos de reserva opcionales, en este orden de prioridad.

Siempre que se cumplan las condiciones anteriores, se permite utilizar la fuente de alimentación alterna para limitar los picos de carga. Para efectos de satisfacción de los requisitos de prueba de acuerdo con la Sección 700-4 (b), se permite la operación de limitación de picos de carga, siempre que se cumplan todas las demás disposiciones de la Sección 700-4. Cuando el generador de emergencia esté fuera de servicio para mantenimiento o reparaciones mayores, debe haber una fuente alternativa de energía eléctrica, portátil o provisional.

700-6. Equipo de transferencia

a) El equipo de transferencia, incluyendo los desconectores automáticos de transferencia, debe ser automático, estar identificado para uso en emergencia y aprobado. El equipo de transferencia, debe diseñarse e instalarse para prevenir la conexión inadvertida de las fuentes de alimentación normal y de emergencia, al realizar cualquier manipulación del equipo de transferencia.

b) Se permite el uso de medios para conectar en derivación y aislar físicamente el equipo de transferencia. Cuando se utilicen desconectores de aislamiento para hacer las derivaciones, debe evitarse el funcionamiento inadvertido en paralelo.

c) Los desconectores de transferencia automática deben operarse eléctricamente y retenerse mecánicamente.

D. Circuitos de emergencia para alumbrado y fuerza

700-15. Cargas en circuitos derivados de emergencia. A los circuitos de alumbrado de emergencia no deben conectarse aparatos eléctricos ni lámparas que no sean los especificados como necesarios para su utilización en estos servicios.

700-16. Alumbrado de emergencia. El alumbrado de emergencia debe incluir todos los medios necesarios para el alumbrado de las salidas, las señales indicadoras de las salidas y todas las demás luces específicas necesarias para conseguir un alumbrado adecuado.

Los sistemas de alumbrado de emergencia deben diseñarse e instalarse de forma que la falla de un elemento cualquiera del alumbrado, como es el caso de una lámpara fundida, no pueda dejar en total oscuridad al área que requieran alumbrado de emergencia.

ARTICULO 620-ELEVADORES, MONTACARGAS, ESCALERAS ELECTRICAS Y PASILLOS MOVILES, ESCALERAS Y ELEVADORES PARA SILLAS DE RUEDAS

A. Disposiciones generales

620-1. Alcance. Este Artículo cubre la instalación de equipo eléctrico y el alumbrado utilizado en la conexión de elevadores, montacargas, escaleras eléctricas, pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas de ruedas.

5.6 NORMAS Y REGLAMENTOS APLICABLES

LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN

LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

REGLAMENTO DE LA LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ACUERDO QUE DETERMINA LOS LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA PARA LA VERIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

CAPITULO 6 DETERMINACIÓN DE LA CARGA Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

6.1 DETERMINACIÓN DE LA CARGA.

La carga es uno de los principales elementos en un sistema eléctrico que define la corriente nominal del sistema, el análisis de la carga es el preámbulo para la selección de conductores, las características de las protecciones y sus ajustes.

Se debe tener en cuenta consideraciones de tipo normativo para la carga, pues como se verá más adelante el trato es distinto para cada tipo de carga, para ello se definen algunos conceptos trascendentes para este análisis.

Carga (eléctrica): Es la potencia instalada o demandada en un circuito eléctrico.

Carga continua: Aquella cuya corriente eléctrica nominal circule durante tres horas o más.

Carga no lineal: Aquella donde la forma de onda de la corriente eléctrica en estado estable no siga la forma de onda de la tensión eléctrica aplicada. Como ejemplo de algunas cargas que son no lineales tenemos: equipo electrónico, alumbrado de descarga eléctrica /electrónica, sistemas de velocidad variable, hornos de arco eléctrico, etc.

Para conocer la corriente asociada a una carga hay que conocer el valor de la tensión nominal del sistema y en ciertos casos la tensión de operación de los equipos.

Tensión eléctrica (de un circuito): Es el mayor valor eficaz (raíz cuadrática media), de la diferencia de potencial entre dos conductores determinados. Es la mayor diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos cualesquiera de la instalación.

NOTA: Algunos sistemas, como los trifásicos de cuatro hilos, monofásicos de tres hilos y de c.c. de tres hilos, pueden tener varios circuitos a diferentes tensiones eléctricas.

Tensión eléctrica nominal: Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La tensión eléctrica real a la cual un circuito opera puede variar de la nominal dentro de una gama que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

Son dos las cargas que principalmente predominan en una unidad de vivienda: carga de alumbrado y carga de receptáculos, dependiendo de las necesidades de la vivienda se puede llegar a tener carga de motores (equipos de bombeo, aire acondicionado, ventilación, etc.)

6.2 CIRCUITOS DERIVADOS DE ALUMBRADO.

Para determinar la carga con la cual empezaremos los cálculos de diseño, están determinados en primera instancia tomando en cuenta lo siguiente de manera desglosada por los puntos que a continuación se plantean de manera general.

El conjunto residencial se desarrolla sobre una superficie de 2409.6 m² constara de 4 edificios departamentales cada edificio cuenta con de 4 niveles cada uno, con 4

departamentos por nivel, cada departamento tiene 119.35 m². Cada edificio tendrá áreas comunes, un elevador y escalera de emergencia dentro del mismo. Además de que se considera el alumbrado para pasillos y escaleras.

Tendrá una cisterna para alimentar de agua potable con bombas de 2HP, 1.5 HP y 1HP, conectadas a 220 V.

Contara con una planta de tratamiento para uso únicamente de sanitarios y riego de áreas verdes, esta estará integrada por bombas de 2HP, 1.5 HP y 1HP, conectadas a 220 V.

El estacionamiento contara con un vehículo por departamento, así como reserva de lugares para visitas. Contara con alumbrado exterior.

Se tendrá una subestación eléctrica para concentración de medidores, planta de emergencia (que dará servicios sólo para áreas comunes dentro del edificio así como elevadores y planta de tratamiento), tableros, la acometida eléctrica quedara fuera del predio, mediante un transformador tipo seco.

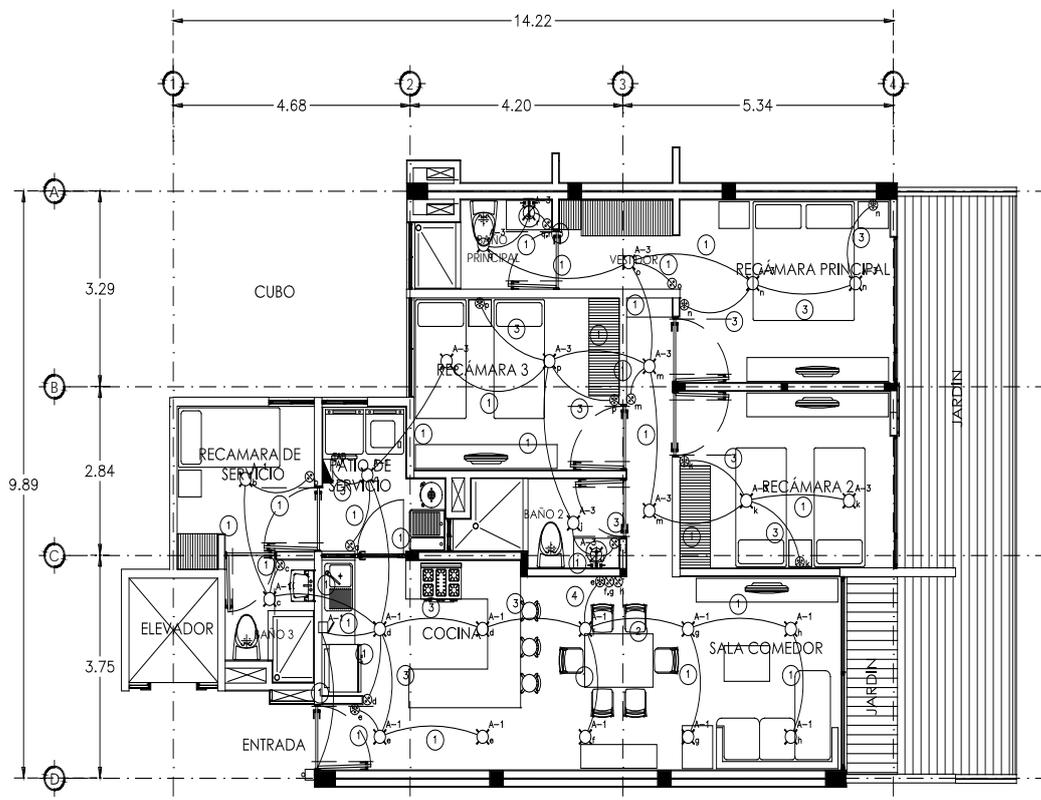
El sistema de tierras se ubicara a un costado de la subestación.

Se tendrán servicios generales para la ubicación de la caseta de vigilancia en la entrada del predio.

El sistema que se tendrá para la alimentación eléctrica será a 220/127 V, bifásico, 2F, 3H+ Tierra física, 60 Hz.

La Sección **220-3 a)** establece que la capacidad nominal del circuito no debe ser menor a la suma de la carga no continua más el 125% de la carga continua, la carga de alumbrado es considerada como carga continua.

A continuación se muestra un plano de uno de los departamentos ya con el sembrado de luminarias para comenzar el diseño de nuestra instalación eléctrica.



Se harán los cálculos para uno de los dos circuitos, y el otro circuito se mostrara en una tabla, esto mismo haremos para cálculo de un circuito para receptáculos y estarán los resultados restantes en una tabla final (llamada cuadro de cargas).

DATOS

Tensión nominal de operación: 1 Fase, 2Hilos + Tierra Física, 127 V, 60 Hz.
Factor de Potencia del circuito: 0.9

Carga del circuito A1:

Número de luminarias: 13

Potencia nominal de lámpara: 13 [W]

Potencia nominal del balastro: 1.625 [W]

Potencia nominal de luminaria: 14.625 [W]

Timbre de 50 [W]

Carga total del circuito (13 X 14.625 W)+50[W] = 240.125 [W]

Carga del circuito A3:

Número de luminarias: 13

Potencia nominal de lámpara: 13 [W]

Potencia nominal del balastro: 1.625 [W]

Potencia nominal de luminaria: 14.625 [W]

Carga total del circuito 13 X 14.625 [W] = 190.125 [W]

6.2.1 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.

POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN.

Para calcular la corriente nominal del circuito monofásico se aplica la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{W}{V_n \times f.p.}$$

$$VA = \frac{W}{f.p.}$$

En donde:

W = Potencia nominal del circuito en Watts.

V_n = Voltaje de operación del circuito que en nuestro caso es monofásico de 127 V.

f.p.= Factor de potencia del circuito que en nuestro caso es igual a 0.9

VA = Potencia nominal del circuitos en VA

Para el circuito A1:

$$I_n = \frac{W}{V_n \times f.p.}$$

$$I_n = \frac{240.125 \text{ [W]}}{127 \text{ [V]} \times 0.9}$$

$$I_n = 2.10 \text{ [A]}$$

De acuerdo a la NOM, en su sección 210-19 y 220-3 que nos dice lo siguiente:

210-19. Conductores: Tamaño nominal del conductor y capacidad de conducción de corriente mínimos

a) **General.** Los conductores de los circuitos derivados deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga máxima que alimentan.

220-3. Cálculo de los circuitos derivados. Las cargas de los circuitos derivados deben calcularse como se indica en los siguientes incisos:

a) **Cargas continuas y no continuas.** La capacidad nominal del circuito derivado no debe ser inferior a la suma de la carga no continua más el 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la suma de la carga no continua, más el 125% de la carga continua.

Carga continua

$$I_c = I_n \times 1.25$$

Donde:

I_c = corriente corregida [A].

I_n = corriente nominal [A].

$$I_c = 2.10 \times 1.25$$

$$I_c = 2.625 \text{ [A]}$$

Sin aplicar ningún factor de corrección, el conductor que permite una capacidad de conducción de corriente igual o mayor a la corriente nominal, es el calibre 14 AWG, cuya capacidad de conducción de corriente son 20 A.

Seleccionado de la Tabla 310-16, conductor de cobre, columna a 60°C (temperatura de operación del aislamiento del conductor).

TABLA 310-16.- 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 (véase Tabla 310-13)					
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW*, CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	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	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	520	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1010	2000	560	665	750	470	560	630
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 de los siguientes						
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	
56-60	****	0,58	0,71	****	0,58	0,71	
61-70	****	0,33	0,58	****	0,33	0,58	
71-80	****	****	0,41	****	****	0,41	

* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, 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.

Esta capacidad de conducción de corriente del conductor, es afectada por las condiciones reales de operación en que se encuentran los conductores, los factores que intervienen en esta afectación son dos, la temperatura ambiente en que se ubica el circuito y el número de conductores portadores de corriente dentro de la canalización. Los factores de corrección son tomados de la Sección 310-15 g) factor de agrupamiento y Tabla 310-16 factores de temperatura.

310-15. Capacidad de conducción de corriente para tensiones nominales de 0 a 2 000 V.

g) Factores de ajuste.

1.- Más de tres conductores portadores de corriente en un cable o canalización. Cuando el número de conductores portadores de corriente en un cable o canalización sea mayor que tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir con los factores que se indican en la Tabla 310-15(g).

TABLA 310-15(g).- Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

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 más	35

Dada la ubicación del complejo residencial y al interior del mismo se presume una temperatura que oscila entre 26 y 30°C por lo que el factor de corrección por temperatura es 1.0. El factor de agrupamiento de 0.8 debido a que en algún tramo de tubería se alojan los conductores del circuito A1 y A3 teniendo 4 conductores portadores de corriente dentro de la misma canalización.

De esta manera la capacidad del conductor calibre 14 AWG en las condiciones reales de operación del circuito es:

$$\text{Capacidad de conducción corregida} = \text{capacidad de conducción} \times f. t. \times f. a$$

Donde:

f.t.= factor de temperatura

f.a= factor de agrupamiento

$$\text{Capacidad de conducción corregida} = 20[A] \times 1.0 \times 0.8$$

$$\text{Capacidad de conducción corregida} = 16 [A]$$

Esta capacidad de conducción de corriente de 16 A es suficiente para transportar a la corriente de este circuito que es de 2.625 A.

Por lo tanto el conductor calibre 14 AWG cumple con la capacidad de conducción de corriente de acuerdo a NOM.

POR CAÍDA DE TENSIÓN.

De acuerdo a la NOM en su sección 210-19 a) tenemos lo siguiente:

NOTA 4: Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta el receptáculo más lejano no supere 5%, proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento. Para la caída de tensión eléctrica de los conductores de los circuitos alimentadores, véase 215-2.

Para calcular la caída de tensión del circuito se aplica la siguiente fórmula de acuerdo a IEEE (Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings):

$$V_c = 2(IR\cos\phi + IX\sin\phi)L \text{ [V]} \quad \text{Para monofásicos}$$

$$e\% = \frac{V_c}{V_n} \times 100$$

Donde:

V_c = caída de tensión del circuito, de fase a neutro

V_n = voltaje nominal

I = corriente en el conductor

R = resistencia de fase para un conductor

X = reactancia de fase para un conductor

ϕ = ángulo cuyo coseno es el factor de potencia de la carga

$\cos\phi$ = factor de potencia de la carga en decimales

$\sin\phi$ =factor de carga reactiva en decimales

$e\%$ = relación de caída de tensión entre el voltaje nominal en %.

L = longitud del circuito.

Para esto ocuparemos la tabla 9 del NEC para sustituir valores en la ecuación, por lo que se tiene:

Para el circuito A1:

Longitud del circuito= 14 (m)

I_n = 2.10 A.

V_n = 127 V.

R = 0.0102 para cal 14 AWG para cobre

X = 0.00024 para cal 14 AWG para cobre

$$V_c = 2 \times 2.10(0.0102 + 0.00024) \times 14$$

$$V_c = 0.613872 \text{ [V]}$$

$$e\% = \frac{0.613872}{127} \times 100$$

$$e\% = 0.4833$$

Table 9 Alternating-Current Resistance and Reactance for 600-Volt Cables, 3-Phase, 60 Hz, 75°C (167°F) — Three Single Conductors in Conduit

Size (AWG or kcmil)	Ohms to Neutral per Kilometer Ohms to Neutral per 1000 Feet															Size (AWG or kcmil)
	X_L (Reactance) for All Wires			Alternating-Current Resistance for Uncoated Copper Wires			Alternating-Current Resistance for Aluminum Wires			Effective Z at 0.85 PF for Uncoated Copper Wires			Effective Z at 0.85 PF for Aluminum Wires			
	PVC, Aluminum Conduits	Steel Conduit		PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	
14	0.190 0.058	0.240 0.073		10.2 3.1	10.2 3.1	10.2 3.1	—	—	—	8.9 2.7	8.9 2.7	8.9 2.7	—	—	—	14
12	0.177 0.054	0.223 0.068		6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	10.5 3.2	10.5 3.2	10.5 3.2	5.6 1.7	5.6 1.7	5.6 1.7	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	12
10	0.164 0.050	0.207 0.063		3.9 1.2	3.9 1.2	3.9 1.2	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	10
8	0.171 0.052	0.213 0.065		2.56 0.78	2.56 0.78	2.56 0.78	4.3 1.3	4.3 1.3	4.3 1.3	2.26 0.69	2.26 0.69	2.30 0.70	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	8
6	0.167 0.051	0.210 0.064		1.61 0.49	1.61 0.49	1.61 0.49	2.66 0.81	2.66 0.81	2.66 0.81	1.44 0.44	1.48 0.45	1.48 0.45	2.33 0.71	2.36 0.72	2.36 0.72	6
4	0.157 0.048	0.197 0.060		1.02 0.31	1.02 0.31	1.02 0.31	1.67 0.51	1.67 0.51	1.67 0.51	0.95 0.29	0.95 0.29	0.98 0.30	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	4
3	0.154 0.047	0.194 0.059		0.82 0.25	0.82 0.25	0.82 0.25	1.31 0.40	1.35 0.41	1.31 0.40	0.75 0.23	0.79 0.24	0.79 0.24	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	3
2	0.148 0.045	0.187 0.057		0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1.05 0.32	1.05 0.32	1.05 0.32	0.62 0.19	0.62 0.19	0.66 0.20	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	2
1	0.151 0.046	0.187 0.057		0.49 0.15	0.52 0.16	0.52 0.16	0.82 0.25	0.85 0.26	0.82 0.25	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.79 0.24	0.79 0.24	0.82 0.25	1
1/0	0.144 0.044	0.180 0.055		0.39 0.12	0.43 0.13	0.39 0.12	0.66 0.20	0.69 0.21	0.66 0.20	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1/0
2/0	0.141 0.043	0.177 0.054		0.33 0.10	0.33 0.10	0.33 0.10	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	2/0
3/0	0.138 0.042	0.171 0.052		0.253 0.077	0.269 0.082	0.259 0.079	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.289 0.088	0.302 0.092	0.308 0.094	0.43 0.13	0.43 0.13	0.46 0.14	3/0
4/0	0.135 0.041	0.167 0.051		0.203 0.062	0.220 0.067	0.207 0.063	0.33 0.10	0.36 0.11	0.33 0.10	0.243 0.074	0.256 0.078	0.262 0.080	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	4/0
250	0.135 0.041	0.171 0.052		0.171 0.052	0.187 0.057	0.177 0.054	0.279 0.085	0.295 0.090	0.282 0.086	0.217 0.066	0.230 0.070	0.240 0.073	0.308 0.094	0.322 0.098	0.33 0.10	250
300	0.135 0.041	0.167 0.051		0.144 0.044	0.161 0.049	0.148 0.045	0.233 0.071	0.249 0.076	0.236 0.072	0.194 0.059	0.207 0.063	0.213 0.065	0.269 0.082	0.282 0.086	0.289 0.088	300
350	0.131 0.040	0.164 0.050		0.125 0.038	0.141 0.043	0.128 0.039	0.200 0.061	0.217 0.066	0.207 0.063	0.174 0.053	0.190 0.058	0.197 0.060	0.240 0.073	0.253 0.077	0.262 0.080	350
400	0.131 0.040	0.161 0.049		0.108 0.033	0.125 0.038	0.115 0.035	0.177 0.054	0.194 0.059	0.180 0.055	0.161 0.049	0.174 0.053	0.184 0.056	0.217 0.066	0.233 0.071	0.240 0.073	400
500	0.128 0.039	0.157 0.048		0.089 0.027	0.105 0.032	0.095 0.029	0.141 0.043	0.157 0.048	0.148 0.045	0.141 0.043	0.157 0.048	0.164 0.050	0.187 0.057	0.200 0.061	0.210 0.064	500
600	0.128 0.039	0.157 0.048		0.075 0.023	0.092 0.028	0.082 0.025	0.118 0.036	0.135 0.041	0.125 0.038	0.131 0.040	0.144 0.044	0.154 0.047	0.167 0.051	0.180 0.055	0.190 0.058	600
750	0.125 0.038	0.157 0.048		0.062 0.019	0.079 0.024	0.069 0.021	0.095 0.029	0.112 0.034	0.102 0.031	0.118 0.036	0.131 0.040	0.141 0.043	0.148 0.045	0.161 0.049	0.171 0.052	750
1000	0.121 0.037	0.151 0.046		0.049 0.015	0.062 0.019	0.059 0.018	0.075 0.023	0.089 0.027	0.082 0.025	0.105 0.032	0.118 0.036	0.131 0.040	0.128 0.039	0.138 0.042	0.151 0.046	1000

Notes:

1. These values are based on the following constants: UL-Type RHH wires with Class B stranding, in cradled configuration. Wire conductivities are 100 percent IACS copper and 61 percent IACS aluminum, and aluminum conduit is 45 percent IACS. Capacitive reactance is ignored, since it is negligible at these voltages. These resistance values are valid only at 75°C (167°F) and for the parameters as given, but are representative for 600-volt wire types operating at 60 Hz.
2. Effective Z is defined as $R \cos(\theta) + X \sin(\theta)$, where θ is the power factor angle of the circuit. Multiplying current by effective impedance gives a good approximation for line-to-neutral voltage drop. Effective impedance values shown in this table are valid only at 0.85 power factor. For another circuit power factor (PF), effective impedance (Ze) can be calculated from R and X_L values given in this table as follows: $Z_e = R \times PF + X_L \sin[\arccos(PF)]$.

De acuerdo con la nota 4 de la Sección 210 19 a), la caída de tensión obtenida, es menor al 3%, por lo tanto el conductor seleccionado es calibre 14 AWG con sección transversal de 2.08 mm².

6.2.2 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

El flujo de corriente de corto circuito de un sistema eléctrico impone esfuerzos mecánicos y eléctricos en los cables así como en los interruptores, fusibles y otros componentes eléctricos. Consecuentemente para evitar el daño severo permanente al aislamiento del cable durante el intervalo de flujo de corriente de corto circuito, las características de daño del conductor alimentador deberán ser coordinadas con el dispositivo de protección de corto circuito. La curva de daño del alimentador deberá caer por encima de la curva de su dispositivo de protección.

Esta curva de daño representa una constante límite I^2t para el aislamiento del conductor. Es dependiente de la temperatura máxima que el aislamiento puede ser permitido alcanzar durante la condición transitoria de corto circuito sin incurrir en daño permanente severo. Los límites de temperatura de corto circuito recomendados, los cuales varían de acuerdo al tipo de aislamiento, están publicados por los fabricantes de cables.

Al circular una corriente de corto circuito por un cable, la temperatura de los elementos metálicos de éste (conductor, pantalla y cubierta metálica) se incrementa hasta valores límites que dependerán de la temperatura máxima admisible para la cual no se deterioran los materiales de las capas vecinas al conductor o a la pantalla. Si la selección del conductor o la pantalla no es adecuada para soportar la corriente de corto circuito, el calor generado producirá daños en el aislamiento.

Para cualquier magnitud particular de corriente, el tiempo requerido para alcanzar la temperatura límite puede ser determinado de una de las siguientes ecuaciones:

Para conductores de cobre:

$$(I/A)^2 t = 0.0297 \log_{10} (T_2+234/T_1+234)$$

Para conductores de aluminio:

$$(I/A)^2 t = 0.0125 \log_{10} (T_2+228/T_1+228)$$

Donde:

I= corriente rms en amperes

t= tiempo en segundos

A= área de la sección transversal del conductor en circular mils

T_1 =temperatura inicial del conductor en °C

T_2 =temperatura final del conductor en °C (temp. Límite de corto circuito)

Si las temperaturas inicial y de corto circuito son conocidas, estas ecuaciones pueden ser usadas para construir la curva de daño del conductor la cual es válida para tiempos de intervalo aproximadamente arriba de 10 s. puesto que la temperatura inicial depende de la carga del cable y las condiciones ambientales, y por lo tanto usualmente no puede ser determinada con precisión, es común asumir conservadoramente que la temperatura inicial es igual a la temperatura continua máxima nominal del conductor.

Para nuestro caso tenemos:

Cable calibre 14 AWG de cobre
Longitud del alimentador= 14 m

$$I = CM\sqrt{0.0297/t \log_{10} (T_f+234/T_o+234)}$$

Donde:

$$CM = 4110 \quad t = 3 \text{ seg} = 0.05 \text{ min}$$

$$T_f = 150^\circ\text{C}$$

$$T_o = 75^\circ\text{C}$$

$$I = 4110\sqrt{0.0297 \times \log_{10} (150+234/75+234)/t}$$

$$I = 4110 \times 0.236764462$$

$$I = 973.10 \text{ [A]}$$

El valor de CM se toma de la tabla 8 de NEC.

A continuación se muestra una tabla de conductores. Sustituyendo valores, para tiempos desde 1/8 a 3 segundos. Obtenemos los valores permisibles de corto circuito de los calibres de conductores de cobre, con aislamiento a 75°C de operación.

CALIBRE AWG/KCM			CICLOS							
			0,0021	0,0042	0,0083	0,0125	0,0167	0,0250	0,0333	0,0500
			CORRIENTE [AMPER]							
			TIEMPO [s]							
AREA [mm ²]	AREA [CIRCULAR MIL]	1/8	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	
14	2,08	4104,93	4757,87	3364,32	2378,94	1942,39	1682,16	1373,48	1189,47	971,20
12	3,31	6532,37	7571,42	5353,80	3785,71	3091,02	2676,90	2185,68	1892,85	1545,51
10	5,26	10380,74	12031,92	8507,85	6015,96	4912,01	4253,93	3473,32	3007,98	2456,01
8	8,37	16518,41	19145,85	13538,16	9572,93	7816,26	6769,08	5526,93	4786,46	3908,13
6	13,3	26247,89	30422,92	21512,25	15211,46	12420,10	10756,13	8782,34	7605,73	6210,05
4	21,2	41838,74	48493,68	34290,21	24246,84	19797,46	17145,10	13998,92	12123,42	9898,73
2	33,6	66310,45	76857,90	54346,74	38428,95	31377,11	27173,37	22186,96	19214,48	15688,55
1/0	53,5	105583,60	122377,91	86534,25	61188,95	49960,57	43267,12	35327,46	30594,48	24980,29
2/0	67,4	133015,60	154173,29	109016,98	77086,64	62940,98	54508,49	44505,99	38543,32	31470,49
3/0	85	167749,65	194432,19	137484,32	97216,09	79376,61	68742,16	56127,74	48608,05	39688,30
4/0	107	211167,20	244755,81	173068,50	122377,91	99921,14	86534,25	70654,92	61188,95	49960,57
250	127	250637,71	290504,56	205417,75	145252,28	118597,99	102708,87	83861,44	72626,14	59299,00
300	152	299975,84	347690,50	245854,31	173845,25	141944,05	122927,16	100369,60	86922,63	70972,03
350	177	349313,97	404876,44	286290,88	202438,22	165290,11	143145,44	116877,76	101219,11	82645,06
400	203	400625,62	464349,81	328344,90	232174,91	189570,02	164172,45	134046,25	116087,45	94785,01
500	253	499301,89	578721,69	409218,03	289360,84	236262,14	204609,02	167062,56	144680,42	118131,07
600	304	599951,67	695381,00	491708,62	347690,50	283888,11	245854,31	200739,20	173845,25	141944,05
750	380	749939,59	869226,25	614635,78	434613,13	354860,13	307317,89	250924,01	217306,56	177430,07
1000	507	1000577,30	1159730,82	820053,52	579865,41	473458,12	410026,76	334785,45	289932,70	236729,06

Table 8 Conductor Properties

Size (AWG or kcmil)	Conductors										Direct-Current Resistance at 75°C (167°F)					
	Area		Stranding			Overall				Copper						
			Quantity	Diameter		Diameter		Area		Uncoated		Coated		Aluminum		
	mm ²	Circular mils		mm	in.	mm	in.	mm ²	in. ²	ohm/km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT	
18	0.823	1620	1	—	—	1.02	0.040	0.823	0.001	25.5	7.77	26.5	8.08	42.0	12.8	
18	0.823	1620	7	0.39	0.015	1.16	0.046	1.06	0.002	26.1	7.95	27.7	8.45	42.8	13.1	
16	1.31	2580	1	—	—	1.29	0.051	1.31	0.002	16.0	4.89	16.7	5.08	26.4	8.05	
16	1.31	2580	7	0.49	0.019	1.46	0.058	1.68	0.003	16.4	4.99	17.3	5.29	26.9	8.21	
14	2.08	4110	1	—	—	1.63	0.064	2.08	0.003	10.1	3.07	10.4	3.19	16.6	5.06	
14	2.08	4110	7	0.62	0.024	1.85	0.073	2.68	0.004	10.3	3.14	10.7	3.26	16.9	5.17	
12	3.31	6530	1	—	—	2.05	0.081	3.31	0.005	6.34	1.93	6.57	2.01	10.45	3.18	
12	3.31	6530	7	0.78	0.030	2.32	0.092	4.25	0.006	6.50	1.98	6.73	2.05	10.69	3.25	
10	5.261	10380	1	—	—	2.588	0.102	5.26	0.008	3.984	1.21	4.148	1.26	6.561	2.00	
10	5.261	10380	7	0.98	0.038	2.95	0.116	6.76	0.011	4.070	1.24	4.226	1.29	6.679	2.04	
8	8.367	16510	1	—	—	3.264	0.128	8.37	0.013	2.506	0.764	2.579	0.786	4.125	1.26	
8	8.367	16510	7	1.23	0.049	3.71	0.146	10.76	0.017	2.551	0.778	2.653	0.809	4.204	1.28	
6	13.30	26240	7	1.56	0.061	4.67	0.184	17.09	0.027	1.608	0.491	1.671	0.510	2.652	0.808	
4	21.15	41740	7	1.96	0.077	5.89	0.232	27.19	0.042	1.010	0.308	1.053	0.321	1.666	0.508	
3	26.67	52620	7	2.20	0.087	6.60	0.260	34.28	0.053	0.802	0.245	0.833	0.254	1.320	0.403	
2	33.62	66360	7	2.47	0.097	7.42	0.292	43.23	0.067	0.634	0.194	0.661	0.201	1.045	0.319	
1	42.41	83690	19	1.69	0.066	8.43	0.332	55.80	0.087	0.505	0.154	0.524	0.160	0.829	0.253	
1/0	53.49	105600	19	1.89	0.074	9.45	0.372	70.41	0.109	0.399	0.122	0.415	0.127	0.660	0.201	
2/0	67.43	133100	19	2.13	0.084	10.62	0.418	88.74	0.137	0.3170	0.0967	0.329	0.101	0.523	0.159	
3/0	85.01	167800	19	2.39	0.094	11.94	0.470	111.9	0.173	0.2512	0.0766	0.2610	0.0797	0.413	0.126	
4/0	107.2	211600	19	2.68	0.106	13.41	0.528	141.1	0.219	0.1996	0.0608	0.2050	0.0626	0.328	0.100	
250	127	—	37	2.09	0.082	14.61	0.575	168	0.260	0.1687	0.0515	0.1753	0.0535	0.2778	0.0847	
300	152	—	37	2.29	0.090	16.00	0.630	201	0.312	0.1409	0.0429	0.1463	0.0446	0.2318	0.0707	
350	177	—	37	2.47	0.097	17.30	0.681	235	0.364	0.1205	0.0367	0.1252	0.0382	0.1984	0.0605	
400	203	—	37	2.64	0.104	18.49	0.728	268	0.416	0.1053	0.0321	0.1084	0.0331	0.1737	0.0529	
500	253	—	37	2.95	0.116	20.65	0.813	336	0.519	0.0845	0.0258	0.0869	0.0265	0.1391	0.0424	
600	304	—	61	2.52	0.099	22.68	0.893	404	0.626	0.0704	0.0214	0.0732	0.0223	0.1159	0.0353	
700	355	—	61	2.72	0.107	24.49	0.964	471	0.730	0.0603	0.0184	0.0622	0.0189	0.0994	0.0303	
750	380	—	61	2.82	0.111	25.35	0.998	505	0.782	0.0563	0.0171	0.0579	0.0176	0.0927	0.0282	
800	405	—	61	2.91	0.114	26.16	1.030	538	0.834	0.0528	0.0161	0.0544	0.0166	0.0868	0.0265	
900	456	—	61	3.09	0.122	27.79	1.094	606	0.940	0.0470	0.0143	0.0481	0.0147	0.0770	0.0235	
1000	507	—	61	3.25	0.128	29.26	1.152	673	1.042	0.0423	0.0129	0.0434	0.0132	0.0695	0.0212	
1250	633	—	91	2.98	0.117	32.74	1.289	842	1.305	0.0338	0.0103	0.0347	0.0106	0.0554	0.0169	
1500	760	—	91	3.26	0.128	35.86	1.412	1011	1.566	0.02814	0.00858	0.02814	0.00883	0.0464	0.0141	
1750	887	—	127	2.98	0.117	38.76	1.526	1180	1.829	0.02410	0.00735	0.02410	0.00756	0.0397	0.0121	
2000	1013	—	127	3.19	0.126	41.45	1.632	1349	2.092	0.02109	0.00643	0.02109	0.00662	0.0348	0.0106	

Notes:

1. These resistance values are valid **only** for the parameters as given. Using conductors having coated strands, different stranding type, and, especially, other temperatures changes the resistance.
2. Formula for temperature change: $R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - 75)]$ where $\alpha_{Cu} = 0.00323$, $\alpha_{Al} = 0.00330$ at 75°C.
3. Conductors with compact and compressed stranding have about 9 percent and 3 percent, respectively, smaller bare conductor diameters than those shown. See Table 5A for actual compact cable dimensions.
4. The IACS conductivities used: bare copper = 100%, aluminum = 61%.
5. Class B stranding is listed as well as solid for some sizes. Its overall diameter and area is that of its circumscribing circle.

FPN: The construction information is per NEMA WC8-1992 or ANSI/UL 1581-1998.
The resistance is calculated per National Bureau of Standards Handbook 100, dated 1966, and Handbook 109, dated 1972.

Considerando que el circuito es de alumbrado, el dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor al 125% de la corriente nominal. De acuerdo son la sección referenciada 220-3 a).

$$I_p = I_n \times 1.25$$

Donde:

I_p = corriente de protección [A].

I_n = corriente nominal [A].

$$I_p = 2.10 \times 1.25$$

$$I_p = 2.625 \text{ [A]}$$

El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe ser mayor a 2.625 [A]
Podemos seleccionar un interruptor termomagnético adecuado para la protección de acuerdo a la sección 240-6 tenemos lo siguiente:

240-6. Capacidades nominales de corriente eléctrica normalizadas

a) **Fusibles e interruptores de disparo fijo.** Para selección de fusibles y de interruptores de disparo inverso, se deben considerar los siguientes valores normalizados de corriente eléctrica nominal: 15 A, 20 A, 25 A, 30 A, 35 A, 40 A, 45 A, 50 A, 60 A, 70 A, 80 A, 90 A, 100 A, 110 A, 125 A, 150 A, 175 A, 200 A, 225 A, 250 A, 300 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A, 600 A, 700 A, 800 A, 1 000 A, 1 200 A, 1 600 A, 2 000 A, 2 500 A, 3 000 A, 4 000 A, 5 000 A y 6 000 A. Se consideran como tamaños normalizados los fusibles de 1 A, 3 A, 6 A, 10 A y 601 A. Se permite el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con valores de corriente nominal diferentes a los valores indicados en este inciso.

Para este caso para tener una protección adecuada seleccionaremos un interruptor termomagnético de 15 A.

6.2.3 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.

El conductor de puesta a tierra se debe seleccionar de la tabla 250-95 de la NOM.

TABLA 250-95.- Tamaño nominal mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
	(A)	Cable de cobre
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (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)
500	33,6 (2)	53,5 (1/0)
600	42,4 (1)	67,4 (2/0)
800	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
1 000	67,4 (2/0)	107 (4/0)
1 200	85,0 (3/0)	127 (250)
1 600	107 (4/0)	177 (350)
2 000	127 (250)	203 (400)
2 500	177 (350)	304 (600)
3 000	203 (400)	304 (600)
4 000	253 (500)	405 (800)
5 000	354,7 (700)	608 (1 200)
6 000	405 (800)	608 (1 200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)
Nota: Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

Para el dispositivo de protección contra sobrecorriente de 15 A corresponde de acuerdo a la tabla anterior un conductor de puesta a tierra calibre 14 AWG con sección transversal de 2.08 mm².

6.2.4 SELECCIÓN DE LA CANALIZACIÓN.

La primera consideración de carácter normativo que involucra a los conductores y a la canalización de un circuito como parte de un sistema integrado, es lo que se establece en la Sección 300-3 B)

Sección **300-3 b)**. Todos los conductores del mismo circuito, el conductor puesto a tierra y todos los conductores de puesta a tierra del equipo, cuando sean usados, deben instalarse dentro de la misma canalización, soporte tipo charola para cables, zanja, cable o cordón.

El número de conductores dentro de una canalización esta en función del porcentaje de ocupación de todos los conductores, así el área disponible en un tubo se establece en la tabla 10-1 del Capítulo 10.

Para combinaciones de conductores de distinto tamaño nominal se aplican las Tablas 10-5 y 10-8 del Capítulo 10 para dimensiones de los conductores y la Tabla 10-4 del mismo Capítulo 10 para las dimensiones de tubo (conduit).

TABLA 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)

Designación	Diámetro interior mm	Área interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	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.

Nota: El tamaño nominal del tubo es el correspondiente a la normativa internacional IEC. De forma que el lector se familiarice con la designación internacional en la Tabla anterior se indica entre paréntesis la designación correspondiente en pulgadas.

TABLA 10-5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos

Tipos: AFF, FFH-2, RFH-1, RFH-2, RH, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, XF, XFF				
Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm²
	mm²	AWG		
RFH-2 FFH-2	0,824	18	3,45	9,44
	1,31	16	3,76	11,1
RH	2,08	14	4,14	13,5
	3,31	12	4,62	16,8
RHW-2, RHH RHW RH, RHH RHW RHW-2	2,08	14	4,90	18,9
	3,31	12	5,38	22,8
	5,26	10	5,99	28,2
	8,37	8	8,28	53,9
	13,3	6	9,25	67,2
	21,2	4	10,5	86,0
	26,7	3	11,2	98,1
	33,6	2	12,0	113
	42,4	1	14,8	172
	53,5	1/0	15,8	196
	67,4	2/0	16,97	226,13
	85,0	3/0	18	263
	107	4/0	19,8	307
	127	250	22,7	406
	152	300	24,1	457
177	350	25,4	508	
	203	400	26,6	557
	253	500	28,8	650
	304	600	31,6	783
	355	700	33,4	875
	380	750	34,2	921
	405	800	35,1	965
	456	900	36,7	1057
	507	1 000	38,2	1143
	633	1250	43,9	1515
	760	1500	47,0	1738
	887	1750	49,9	1959
	1 010	2 000	52,6	2175
SF-2, SFF-2	0,824	18	3,07	7,42
	1,31	16	3,38	8,97
	2,08	14	3,76	11,1
SF-1, SFF-1	0,824	18	2,31	4,19
RFH-1, AF, XF, XFF	0,824	18	2,69	5,16
AF, TF, TFF, XF, XFF	1,31	16	3,00	7,03
AF, XF, XFF	2,08	14	3,38	8,97
Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF				
RHH*, RHW*, RHW-2*	2,08	14	4,14	13,5
AF, XF, XFF	3,31	12	4,62	16,8

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm ²
	mm ²	AWG		
RHH*, RHW*, RHW-2*	5,26	10	5,23	21,5
	8,37	8	6,76	35,9
TW, THHW, THHW-LS THW, THW-LS THW-2	2,08	14	3,38	8,97
	3,31	12	3,86	11,7
	5,6	10	4,47	15,7
	8,37	8	5,99	28,2
TW THW THW-LS THHW THHW-LS THW-2 RHH* RHW* RHW-2*	13,3	6	7,72	46,8
	21,2	4	8,94	62,8
	26,7	3	9,65	73,2
	33,6	2	10,5	86,0
	42,4	1	12,5	123
	53,5	1/0	13,5	143
	67,4	2/0	14,7	169
	85,0	3/0	16,0	201
	107	4/0	17,5	240
	127	250	19,4	297
	152	300	20,8	341
	177	350	22,1	384
	203	400	23,3	427
	253	500	25,5	510
	304	600	28,3	628
	355	700	30,1	710
380	750	30,9	752	
405	800	31,8	792	
456	900	33,4	875	
507	1 000	34,8	954	
	633	1250	39,1	1 200
	760	1500	42,2	1400
	887	1750	45,1	1598
	1 010	2 000	47,8	1795
TFN TFFN	0,824	18	2,13	3,55
	1,31	16	2,44	8,58
THHN THWN THWN-2	2,08	14	2,82	6,26
	3,31	12	3,30	8,58
	5,26	10	4,17	13,6
	8,37	8	5,49	23,6
	13,3	6	6,45	32,7
	21,2	4	8,23	53,2
	26,7	3	8,94	62,8
	33,6	2	9,75	74,7
	42,4	1	11,3	100
	53,5	1/0	12,3	120
	67,4	2/0	13,5	143
	85,0	3/0	14,8	173
	107	4/0	16,3	209
	127	250	18	256
152	300	19,5	297	

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm ²
	mm ²	AWG		
Tipos: FEP, FEPB, PAF, PAFF, PF, PFA, PFAH, PFF, PGF, PGFF, PTF, PTFE, TFE, THHN, THWN, THWN-2, ZF, ZFF				
THHN THWN THWN-2	177	350	20,8	338
	203	400	21,9	378
	253	500	24,1	456
	304	600	26,7	560
	355	700	28,	638
	380	750	29,4	677
	405	800	30,2	715
	456	900	31,8	794
507	1 000	33,3	870	
PF, PGFF, PGF, PFF PTF, PAF, PTFE, PAFF	0,824	18	2,18	3,74
	1,31	16	2,49	4,84
PF, PGFF, PGF, PFF, PTF PAF, PTFE, PAFF, TFEFEP, PFA, FEPB, PFAH	2,08	14	2,87	6,45
TFE, FEP PFA, FEPB PFAHI	3,31	12	3,35	8,84
	5,26	10	3,96	12,3
	8,37	8	5,23	21,5
	13,3	6	6,20	30,2
	21,2	4	7,42	43,3
	26,7	3	8,13	51,9
33,6	2	8,94	62,8	
Tipos: PAF, PFAH, TFE, Z, ZF, ZFF				
TFE PFA PFAH, Z	42,4	1	10,7	90,3
	53,5	1/0	11,7	108
	67,4	2/0	12,9	131
	85,0	3/0	14,2	159
	107	4/0	15,7	194
ZF, ZFF	0,824	18	1,93	2,90
	1,31	16	2,24	3,94
Z, ZF, ZFF	2,08	14	2,62	5,35
	3,31	12	3,10	7,55
	5,26	10	3,96	12,3
	8,37	8	4,98	19,50
	13,3	6	5,94	27,7
	21,2	4	7,16	40,3
	26,7	3	8,38	55,2
	33,6	2	9,19	66,4
42,4	1	10,21	81,9	
Tipos: XHH, XHHW, XHHW-2, ZW				
XHH, ZW XHHW-2 XHH	2,08	14	3,38	8,97
	3,31	12	3,86	11,68
	5,26	10	4,47	15,68
	8,37	8	5,99	28,19
	13,3	6	6,96	38,06

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm ²	
	mm ²	AWG			
	21,2	4	8,18	52,52	
	26,7	3	8,89	62,06	
	33,6	2	9,70	73,94	
	42,4	1	11,23	98,97	
	53,5	1/0	12,24	117,74	
XHHW XHHW-2 XHH	67,4	2/0	13,41	141,29	
	85,0	3/0	14,73	170,45	
	107	4/0	16,21	206,26	
	127	250	17,91	251,87	
	152	300	19,30	292,64	
	177	350	20,60	333,29	
	203	400	21,79	373,03	
	253	500	23,95	450,58	
	304	600	26,75	561,87	
	355	700	28,55	640,19	
	380	750	29,41	679,48	
	405	800	30,23	1362,71	
	456	900	31,85	796,84	
	Tipos: KF-1, KF-2, KFF-1, KFF-2, XHH, XHHW-2, ZW				
	XHHW XHHW-2 XHH	507	1 000	33,3	872,19
633		1250	37,6	1108	
760		1500	40,7	1300	
887		1750	43,6	1492	
1 010		2 000	46,3	1682	
KF-2 KFF-2	0,824	18	1,60	2,00	
	1,31	16	1,91	2,84	
	2,08	14	2,29	4,13	
	3,31	12	2,77	6,00	
	5,26	10	3,38	8,97	
KF-1 KFF-1	0,824	18	1,45	1,68	
	1,31	16	1,75	2,39	
	2,08	14	2,13	3,55	
	3,31	12	2,62	5,35	
	5,26	10	3,23	8,19	

TABLA 10-8.- Propiedades de los conductores

Tamaño o designación		Conductores				Resistencia a la c.c. a 75°C		
		Alambres componentes		Dimensiones totales		Cobre		Aluminio
mm ²	AWG kcmil	Cantidad	Diámetro mm	Diámetro Mm	Area mm ²	Sin estañar Ω/km	Estañado Ω/km	Ω/km
0,824	18	1	1,02	1,02	0,82	25,5	26,5	
0,824	18	7	0,381	1,17	1,07	26,1	27,7	
1,31	16	1	1,29	1,29	1,31	16,0	16,7	
1,31	16	7	0,483	1,47	1,70	16,4	17,4	
2,08	14	1	1,63	1,63	2,08	10,1	10,5	
2,08	14	7	0,61	1,85	2,70	10,3	10,7	
3,31	12	1	2,05	2,05	3,32	6,33	6,59	
3,31	12	7	0,762	2,34	4,29	6,50	6,73	
5,26	10	1	2,59	2,59	5,26	3,97	4,13	
5,26	10	7	0,965	2,95	6,82	4,07	4,23	
8,37	8	1	3,26	3,26	8,37	2,51	2,58	
8,37	8	7	1,24	3,71	10,8	2,55	2,65	

13,3	6	7	1,55	4,67	17,2	1,61	1,67	2,65
21,2	4	7	1,96	5,89	27,3	1,01	1,05	1,67
26,7	3	7	2,21	6,60	343	0,804	0,833	1,32
33,6	2	7	2,46	7,42	43,2	0,636	0,659	1,05
42,4	1	19	1,68	8,43	55,9	0,505	0,525	0,830
53,5	1/0	19	1,88	9,45	70,1	0,400	0,417	0,659
67,4	2/0	19	2,13	10,6	88,5	0,317	0,331	0,522
85,0	3/0	19	2,39	11,9	112	0,252	0,261	0,413
107	4/0	19	2,69	13,4	141	0,199	0,205	0,328
127	250	37	2,08	14,6	168	0,169	0,176	0,278
152	300	37	2,29	16,0	201	0,141	0,146	0,232
177	350	37	2,46	17,3	235	0,120	0,125	0,198
203	400	37	2,64	18,5	269	0,105	0,109	0,174
253	500	37	2,95	20,7	335	0,0846	0,0869	0,139
304	600	61	2,51	22,7	404	0,0702	0,0731	0,116
355	700	61	2,72	24,5	471	0,0604	0,0620	0,0994
380	750	61	2,82	25,3	505	0,0561	0,0577	0,0925
405	800	61	2,90	26,2	538	0,0528	0,0544	0,0869
456	900	61	3,10	27,8	606	0,0469	0,0482	0,0771
507	1 000	61	3,25	29,3	672	0,0423	0,0433	0,0695
633	1250	91	2,97	32,7	842	0,0338	0,0348	0,0544
760	1500	91	3,25	35,9	1010	0,0281	0,0289	0,0462
887	1750	127	2,97	38,8	1180	0,0241	0,0248	0,0397
1 010	2 000	127	3,20	41,4	1350	0,021	0,0217	0,0348

Notas a la tabla 10-8: Estos valores de resistencia son válidos sólo para los parámetros indicados. Los valores varían para conductores de distinto cableado y sobre todo para otras temperaturas. La fórmula para otras temperaturas es: $R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - 75)]$, donde $\alpha = 0,00323$ para el cobre y $\alpha = 0,00330$ para el aluminio. Los conductores con cableado compacto y comprimido tienen aproximadamente un 9 y 3% menos de diámetro respectivamente de los conductores desnudos que aparecen en la Tabla.

El circuito derivado se compone de dos conductores (fase y neutro) calibre 14 AWG y un conductor de puesta a tierra calibre 14 AWG desnudo, de la Tabla 10-5 del Capítulo 10 de la NOM conociendo el tipo de aislamiento y calibre de los conductores se determina el área que ocupa en su conjunto el grupo de conductores.

El calibre 14 AWG con aislamiento THW-LS tiene una área aproximada (con aislamiento) de 8.97 mm^2 , mientras que el calibre 14 AWG sin aislamiento (desnudo) tiene una área de 2.08 mm^2 .

Este circuito en su conjunto tiene:

$$2(8.97 \text{ mm}^2) + 2.08 \text{ mm}^2 = 20.02 \text{ mm}^2$$

Para determinar las dimensiones de la tubería adecuada, basta con buscar en la tabla 10-4 del Capítulo 10, en la columna correspondiente al número de conductores, aquella área disponible que sea mayor a la del grupo de conductores.

De esta forma la tubería de 16mm (1/2 pulgada) tiene una área disponible de 60 mm^2 , mayor a los 20.02 mm^2 del grupo de conductores por lo que es suficiente.

En el tramo donde se tiene conductores del circuito 1 y 3, se calcula de la misma forma, adicionando las dimensiones de ambos circuitos.

Estos circuitos que compartirán la misma tubería en su conjunto tiene:

$$5(8.97 \text{ mm}^2) + 2.08 \text{ mm}^2 = 46.93 \text{ mm}^2$$

De esta forma la tubería de 16mm (1/2 pulgada) tiene una área disponible de 60 mm², mayor a los 46.93 mm² del grupo de conductores por lo que es suficiente.

Algunas consideraciones extra que deben ser tomadas en cuenta en el cálculo de la canalización son los que se establecen en los puntos 7 y 10 del capítulo 10.

7. Cuando se calcula el número máximo de conductores permitidos en tubo (conduit), todos del mismo tamaño (incluido el aislamiento), si los cálculos del número máximo de conductores permitido dan un resultado decimal de 0,8 o superior, se debe tomar el número inmediato superior.

10. Cuando se instalen tres conductores o cables en la misma canalización, si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable o conductor está entre 2,8 y 3,2, se podrían atascar los cables dentro de la canalización, por lo que se debe instalar una canalización de tamaño inmediato superior. Aunque también se pueden atascar los cables dentro de una canalización cuando se utilizan cuatro o más, la probabilidad de que esto suceda es muy baja.

Consideraciones acerca del tubo conduit usado como medio de canalización. El tubo conduit básicamente es de dos tipos, metálico y no metálico. El de tipo metálico entre los que se encuentra el de pared delgada denominado en esta norma como Tubo (conduit) metálico tipo ligero y el de pared gruesa denominado como Tubo (conduit) metálico tipo semipesado. Por otra parte el no metálico denominado así y otro más llamado Tubo (conduit) de Polietileno.

Para ello tenemos que leer en la NOM, para hacer una selección adecuada, para nuestra instalación, dependiendo del tipo que se tenga. Mencionaremos los tipos de tubería para que se tenga una mejor selección.

Tubería Conduit no Metálica. Para saber que la tubería conduit no metálica “en nuestro departamento no es adecuada”, podemos saberlo de acuerdo al artículo 331 en usos permitidos.

331-3. Usos permitidos. Está permitido el uso de tubo (conduit) no metálico:

- 1) En cualquier edificio que no supere los tres pisos sobre el nivel de la calle
 - a) En instalaciones expuestas que no estén sujetas a daño físico.
 - b) En instalaciones ocultas dentro de las paredes, pisos y techos.
- 2) En edificios que superen tres pisos sobre el nivel de la calle, el tubo (conduit) no metálico debe ir oculto en paredes, piso y techos cuando cuenten con un acabado como barrera térmica que resista al menos 15 minutos de exposición al fuego. Este acabado de barrera térmica puede utilizarse en paredes, pisos y techos combustibles y no combustibles.
- 6) Embebido en concreto colado, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados para ese uso.
- 7) En lugares interiores mojados, como se permite en esta Sección o en losas de concreto sobre o bajo el piso, con accesorios aprobados y listados para ese uso.

Tubería Conduit de Polietileno. Otro tipo de tubería que “no es permitido” se puede ver en el artículo 332 que habla del tubo conduit de polietileno.

332-3. Usos permitidos. Está permitido el uso de tubo (conduit) de polietileno y sus accesorios:

- 1) En cualquier edificio que no supere los tres pisos sobre el nivel de la calle.
- 2) Embebidos en concreto colado, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados para ese uso.
- 3) Enterrados a una profundidad no menor que 50 cm condicionado a que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5 cm de espesor como mínimo

Tubería Conduit Metálico tipo Ligero. La tubería conduit metálico tipo semipesado es adecuada de acuerdo al artículo 345, pero en nuestro caso ocuparemos la tubería conduit metálico tipo ligero, que podemos ver en el artículo 348.

348-1. Definición. Un tubo (conduit) metálico tipo ligero es una canalización metálica, de sección circular, aprobada para la instalación de conductores eléctricos y como conductor de puesta a tierra de equipo cuando se instala con sus accesorios y acoplamientos, aprobados.

348-3. Usos permitidos.

a) Se permite el uso de tubo (conduit) metálico tipo ligero en instalaciones expuestas y ocultas.

348-6. Designación.

a) **Mínimo.** No se debe utilizar tubo (conduit) metálico tipo ligero con designación nominal menor que 16 (1/2).

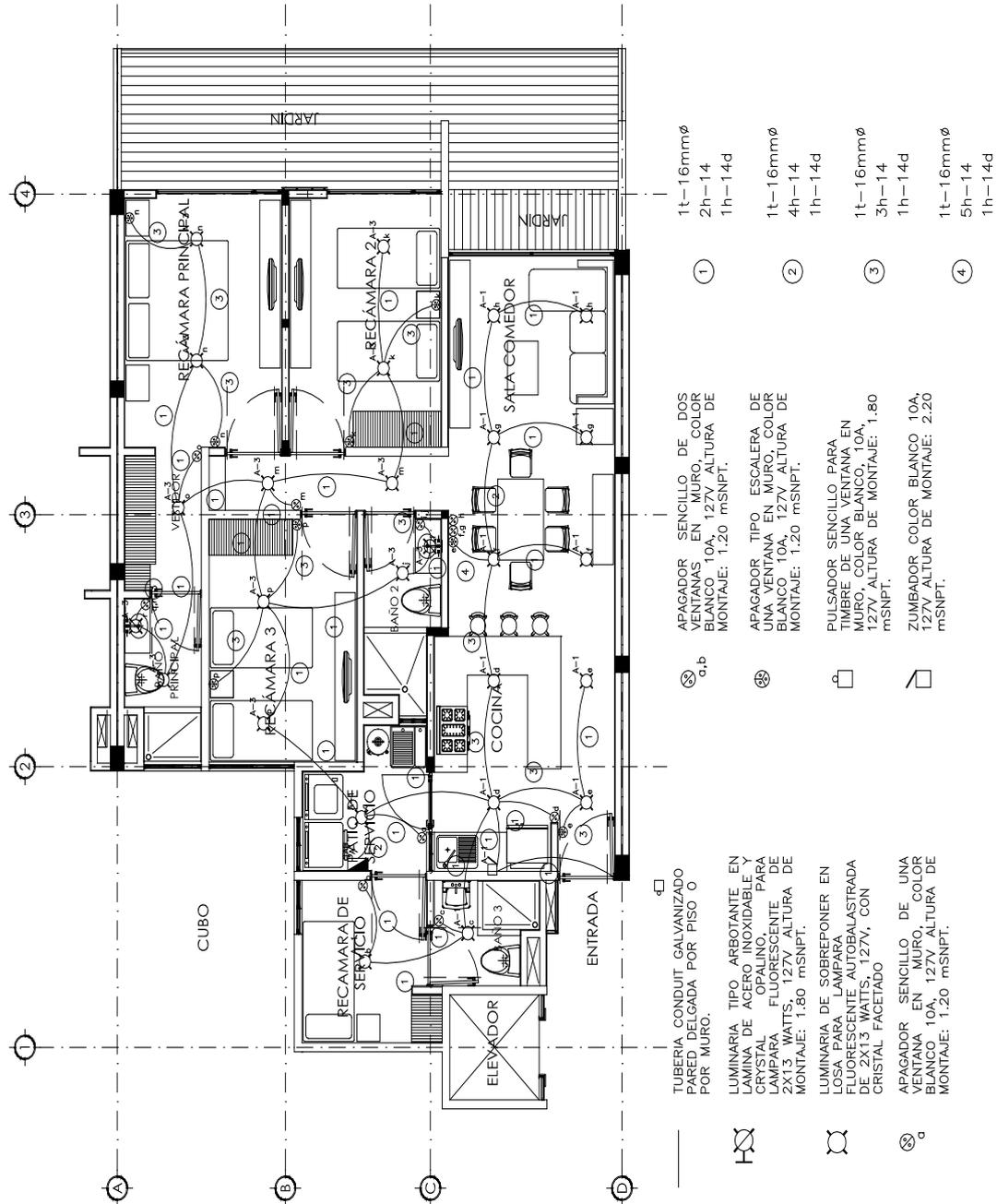
b) **Máximo.** No debe haber tubo (conduit) metálico tipo ligero con designación nominal mayor que 103 (4).

348-11. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de 90° (360° en total).

348-12. Soportes.

- a) El tubo (conduit) metálico tipo ligero debe instalarse como sistema completo, como establece el Artículo 300, y debe sujetarse firmemente como mínimo a cada 3 m. Además, el tubo (conduit) debe sujetarse firmemente a no más de 1 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinete, caja de paso u otra terminación.

De esta forma al hacer todas las consideraciones de acuerdo a la NOM y cumpla con los requisitos eléctricos, podemos mostrar el plano de cómo queda finalmente.



Plano con la simbología y aplicaciones de NOM, NEC y ANCE

6.2.5 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE CAJAS Y REGISTROS

Para la selección de cajas es importante apoyarnos en la NOM, la cual nos indica los espacios requeridos para el alambrado de nuestros circuitos, así como el número de cables permitidos en una caja, como los empalmes adecuados para evitar fugas de corriente. Esto es muy importante a la hora de hacer el diseño para un departamento o casa residencial.

370-16. Número de conductores en las cajas de salidas, de dispositivos y de unión y en las cajas de paso. Las cajas y cajas de paso deben ser de tamaño suficiente para que

quede espacio libre para todos los conductores instalados. En ningún caso el volumen de la caja, calculado como se especifica en el siguiente inciso (a), debe ser menor que el volumen ocupado calculado como se indica en el siguiente inciso (b). El volumen mínimo de las cajas de paso debe calcularse según el siguiente inciso (c).

a) Cálculo del volumen de la caja. El volumen de una caja de alambrado debe ser el volumen total de todas las secciones ensambladas y, donde se utilice el espacio proporcionado por las tapas que incrementan el volumen, anillos de extensión, etcétera, que estén marcados con su volumen en centímetros cúbicos o que se fabriquen con cajas cuyas dimensiones estén listadas en la Tabla 370-16(a).

TABLA 370-16(a).- Cajas metálicas

Dimensiones de la caja tamaño comercial en cm	Capacidad mínima en cm ³	Número máximo de conductores*						
		0,824 mm ² (18 AWG)	1,31 mm ² (16 AWG)	2,08 mm ² (14 AWG)	3,31 mm ² (12 AWG)	5,26 mm ² (10 AWG)	8,37 mm ² (8 AWG)	13,3 mm ² (6 AWG)
10,2 x 3,2 redonda u octagonal	205	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 3,8 redonda u octagonal	254	10	8	7	6	6	5	3
10,2 x 5,4 redonda u octagonal	352	14	12	10	9	8	7	4
10,2 x 3,2 cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 3,8 cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4
10,2 x 5,4 cuadrada	497	20	17	15	13	12	10	6
11,9 x 3,2 cuadrada	418	17	14	12	11	10	8	5
11,9 x 3,8 cuadrada	484	19	16	14	13	11	9	5
11,9 x 5,4 cuadrada	688	28	24	21	18	16	14	8
7,6 x 5,1 x 3,8 dispositivo	123	5	4	3	3	3	2	1
7,6 x 5,1 x 5,1 dispositivo	164	6	5	5	4	4	3	2
7,6 x 5,1 x 5,7 dispositivo	172	7	6	5	4	4	3	2
7,6 x 5,1 x 6,4 dispositivo	205	8	7	6	5	5	4	2
7,6 x 5,1 x 7,0 dispositivo	230	9	8	7	6	5	4	2
7,6 x 5,1 x 8,9 dispositivo	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 5,4 x 3,8 dispositivo	170	6	5	5	4	4	3	2
10,2 x 5,4 x 4,8 dispositivo	213	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 5,4 x 5,4 dispositivo	238	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 6,4 mampostería	230	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1 x 8,9 mampostería	344	14	12	10	9	8	7	4
FS de Prof. mínima 4,5 c/tapa	221	9	7	6	6	5	4	2
FD de Prof. mínima 6,0 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FS de Prof. mínima 4,5 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FD de Prof. mínima 6,0 c/tapa	394	16	13	12	10	9	8	4

* Cuando en 370-16(b)(2) a 370-16(b)(5) no se exijan tolerancias de volumen.

b) Cálculo del volumen ocupado. Se deben sumar los volúmenes de los siguientes párrafos (1) a (5). No se exigen tolerancias de volumen para accesorios pequeños, como tuercas y boquillas.

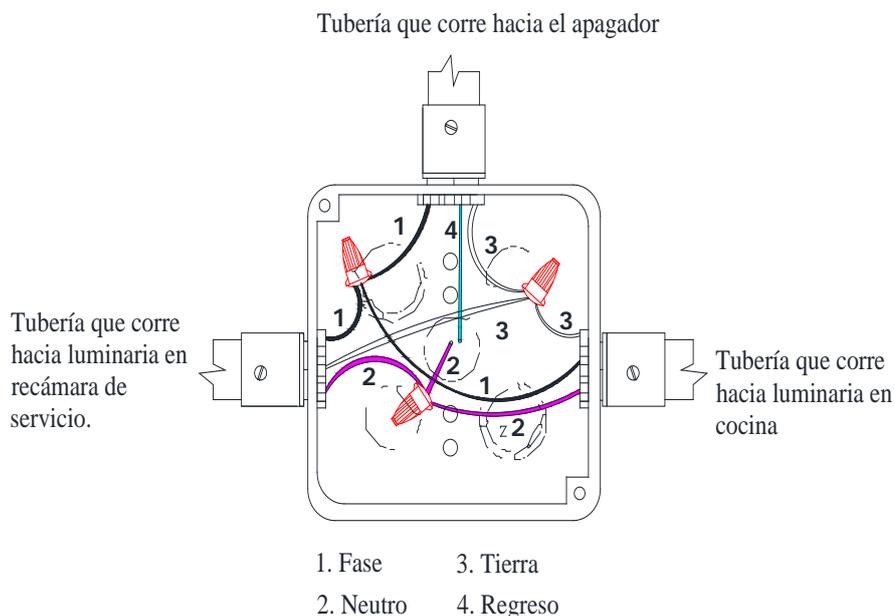
1) Volumen ocupado por los conductores. Cada conductor que proceda de fuera de la caja y termine o esté empalmado dentro de la caja, se debe contar una vez; cada conductor que pase a través de la caja sin empalmes ni terminaciones, se debe contar una vez. El volumen ocupado por los conductores en cm³ se debe calcular a partir de la Tabla 370-16(b). No se deben contar los conductores que no salgan de la caja.

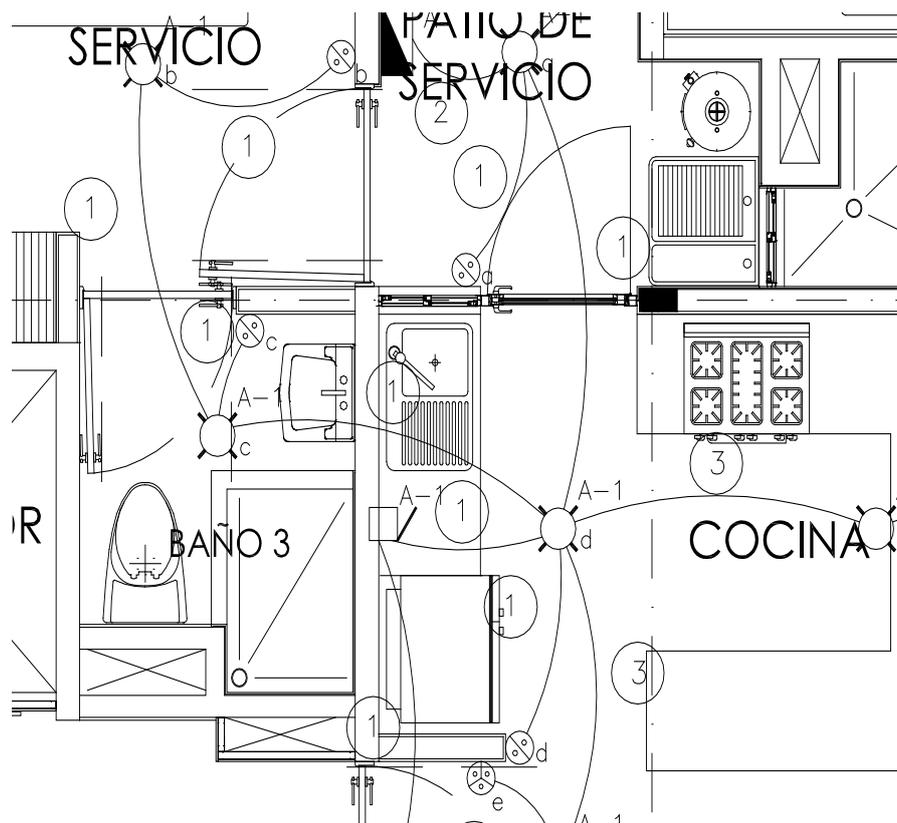
TABLA 370-16(b).- Espacio libre en la caja para cada conductor

Tamaño o Designación mm ² (AWG)	Espacio libre en la caja para cada conductor cm ³
0,824 (18)	25
1,31 (16)	29
2,08 (14)	33
3,31 (12)	37
5,26 (10)	41
8,37 (8)	49
13,3 (6)	82

5) Volumen ocupado por los conductores de puesta a tierra de equipo. Cuando entre en una caja uno o más conductores de puesta a tierra de equipo, se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la Tabla 370-16(b) para el conductor de tierra de mayor tamaño nominal que haya en la caja. Cuando en la caja se encuentren otros conductores de puesta a tierra de equipo, como se permite en la Excepción 4 de 250-74, se debe calcular un volumen adicional equivalente al del conductor adicional de tierra, de mayor tamaño nominal.

Para determinar el número de conductores dentro de una caja de registro en donde se tienen derivaciones se tomara en cuenta la luminaria que se encuentra en el baño 3.





El esquema ilustra claramente como se determina el número de conductores.

Para determinar la dimensiones de las cajas en la instalación de alumbrado, se toma como ejemplo la caja ubicada en el baño, esta aloja a los conductores del circuito A-1, de los cuales se derivan dentro de la caja.

De acuerdo a lo establecido para determinar el número de conductores, este es de 8 conductores calibre 14 AWG:

- 2 conductores 14 AWG que van a la cocina.
- 2 conductores 14 AWG que van a la cuarto de servicio.
- 2 conductores 14 AWG que van al apagador del baño 3.
- 1 conductor 14 AWG desnudo de puesta a tierra.
- 2 conductores 14 AWG que van a la lámpara.

Utilizando la Tabla 370-16 (b), se conoce el volumen que ocupa cada conductor de acuerdo a su calibre, así para el calibre 14 AWG se tiene un espacio de 33 cm^3 y como se tiene 8 conductores, entonces el volumen ocupado por todos estos conductores es de:

$$\text{núm. conductores} \times \text{espacio de cada conductor (cm}^3\text{)} = \text{volumen de espacio (cm}^3\text{)}$$

$$8 \times 33 (\text{cm}^3) = 264(\text{cm}^3)$$

a este volumen se debe adicionar el volumen del conductor de puesta a tierra, 3 conductores calibre 14 AWG que ocupa 33 cm^3 . Por lo tanto se tiene un volumen total de:

$$1 \times 33 (\text{cm}^3) + 264(\text{cm}^3) = 333(\text{cm}^3)$$

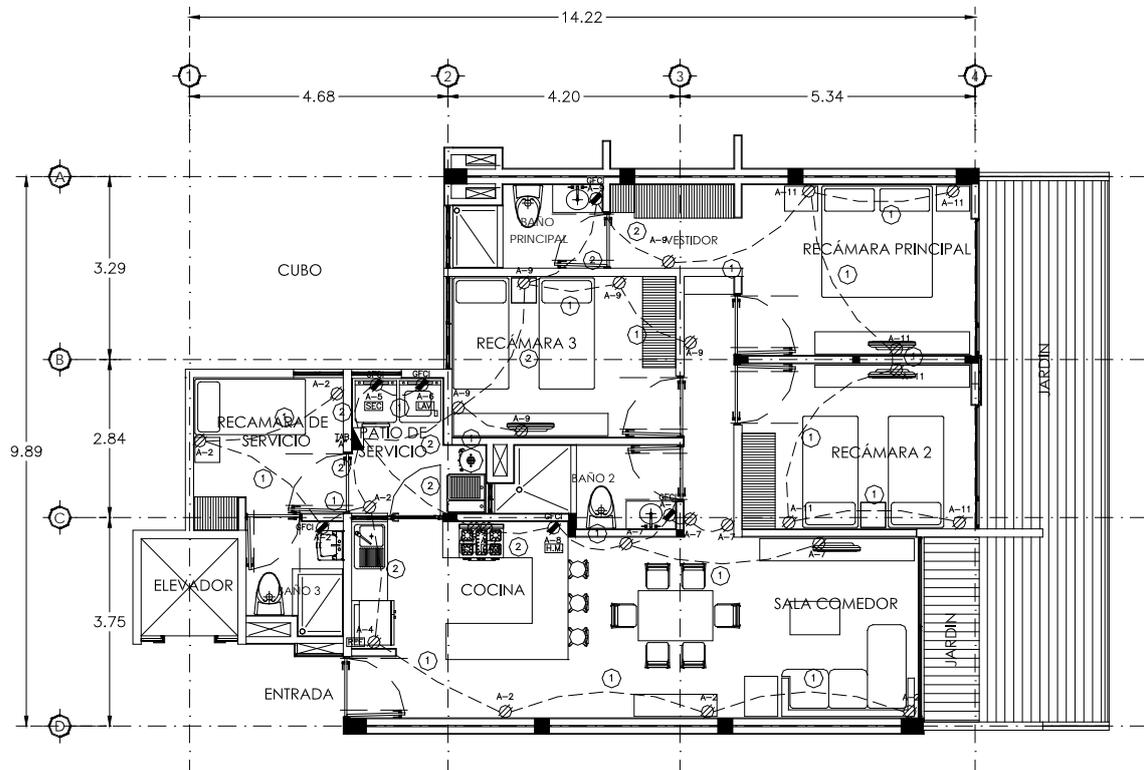
Ahora se busca en la tabla 370-16 (a), una caja cuyo volumen interior sea mayor al volumen ocupado por los conductores.

La caja cuadrada metálica con dimensiones de 11.9 x 3.2 cm y con una capacidad de 418 cm³ es adecuada para alojar a los conductores de los circuitos mencionados así como a sus empalmes.

Así de esta forma se pueden determinar el resto de las cajas para alumbrado, por lo general para no hacer el cálculo de caja por caja, se puede también apoyar en el número de conductores incluyendo la puesta a tierra para determinar la dimensión de la caja, con esto se puede asegurar que la caja seleccionada tiene un volumen mayor, al de los cables concentrados en ese punto y es adecuada, además de cumplir con la NOM.

6.3 CIRCUITOS DERIVADOS DE RECEPTÁCULO.

A continuación se muestra un plano de uno de los departamentos ya con el sembrado de receptáculos para comenzar el diseño de nuestra instalación eléctrica.



Se harán los cálculos para uno de los circuitos, y los otros circuitos se mostrarán en una tabla final (llamada cuadro de cargas).

DATOS

Tensión nominal de operación: 1 Fase, 2Hilos + Tierra Física, 127 V, 60 Hz.

Factor de Potencia del circuito: 0.9

Carga del circuito A5:

Número de receptáculos: 1

Potencia nominal salida para secadora: 1,500 [W]

Carga total del circuito = 1,500 [W]

Carga del circuito A7:

Número de receptáculos: 7

Potencia nominal salida para receptáculo C1: 162 [W]

Potencia nominal salida para receptáculo C2: 162 [W]

Potencia nominal salida para estufa: 100 [W]

Potencia nominal salida para campana: 205 [W]

Carga total del circuito (162 W X 6) + 100 W + 205 W = 1,277 [W]

Carga del circuito A9:

Número de receptáculos: 7

Potencia nominal salida para receptáculo C1: 162 [W]

Potencia nominal salida para receptáculo C2: 162 [W]

Potencia nominal salida para TV: 162 [W]

Carga total del circuito 162 W X 7 = 1,134 [W]

Carga del circuito A11:

Número de receptáculos: 8

Potencia nominal salida para receptáculo C1: 162 [W]

Potencia nominal salida para TV: 162 [W]

Carga total del circuito 162 W X 8 = 1,296 [W]

Carga del circuito A2:

Número de receptáculos: 6

Potencia nominal salida para receptáculo C1: 162 [W]

Potencia nominal salida para receptáculo C2: 162 [W]

Potencia nominal salida para TV: 162 [W]

Carga total del circuito 162 W X 6 = 972 [W]

Carga del circuito A4:

Número de receptáculos: 1

Potencia nominal salida para refrigerador: 550 [W]

Carga total del circuito = 550 [W]

Carga del circuito A8:

Número de receptáculos: 1

Potencia nominal salida para horno de microondas: 1,000 [W]

Carga total del circuito = 1,000 [W]

Carga del circuito A10:

Número de receptáculos: 1

Potencia nominal salida para lavadora: 500 [W]

Carga total del circuito = 500 [W]

6.3.1 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.

POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN.

Para calcular la corriente nominal del circuito monofásico se aplica la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{W}{V_n \times f.p.}$$

$$VA = \frac{W}{f.p.}$$

En donde:

W = Potencia nominal del circuito en Watts.

V_n = Voltaje de operación del circuito que en nuestro caso es monofásico de 127 V.

f.p.= Factor de potencia del circuito que en nuestro caso es igual a 0.9

VA = Potencia nominal del circuitos en VA

Haremos los cálculos para el circuito A-9, para hacer la selección completa de este circuito dejando los resultados expresados de los restantes en la tabla (cuadro de cargas) ya mencionada anteriormente.

Para el circuito A9:

$$I_n = \frac{W}{V_n \times f.p.}$$

$$I_n = \frac{1134 [W]}{127[V] \times 0.9}$$

$$I_n = 9.92 [A]$$

Sin aplicar ningún factor de corrección, el conductor que permite una capacidad de conducción de corriente igual o mayor a la corriente nominal es el calibre 14 AWG, cuya capacidad de conducción de corriente son 20 A, seleccionado de la Tabla 310-16, conductor de cobre, columna a 60°C (temperatura de operación del aislamiento del conductor).

Esta capacidad de conducción de corriente del conductor, es afectada por las condiciones reales de operación en que se encuentran los conductores, los factores que intervienen en esta afectación son dos, la temperatura ambiente en que se ubica el circuito y el número de conductores portadores de corriente dentro de la canalización.

Los factores de corrección son tomados de la Sección 310-15 g) factor de agrupamiento y Tabla 310-16 factores de temperatura.

Dada la ubicación del complejo residencial y al interior del mismo se presume una temperatura que oscila entre 26 y 30°C por lo que el factor de corrección por temperatura es 1.0. El factor de agrupamiento de 0.8 debido a que en algún tramo de tubería se alojan los conductores del circuito A-9 y A-11, teniendo 4 conductores portadores de corriente dentro de la misma canalización.

De esta manera la capacidad del conductor 14 AWG en las condiciones reales de operación del circuito es:

$$I_c = \text{capacidad de conducción del conductor [A]} \times f.t \times f.a$$

Donde:

f.t= factor de temperatura

f.a= factor de agrupamiento

$$I_c = 20 \text{ [A]} \times 1.0 \times 0.8$$

$$I_c = 16 \text{ [A]}$$

$$20 \text{ A} \times 1.0 \times 0.8 = 16 \text{ [A]}.$$

Esta capacidad de conducción de corriente de 16 A es suficiente para transportar a la carga nominal de este circuito 9.92 A.

Seleccionando el calibre 14 AWG con una capacidad de conducción de 20 A, el cual es adecuado para conducir esta carga.

POR CAÍDA DE TENSION.

De acuerdo a la NOM en su sección 210-19 a) tenemos lo siguiente:

NOTA 4: Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta el receptáculo más lejano no supere 5%, proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento. Para la caída de tensión eléctrica de los conductores de los circuitos alimentadores, véase 215-2.

Para el circuito A9:

Longitud del circuito= 9 (m)

$I_n = 9.92 \text{ A}.$

$V_n = 127 \text{ V}.$

$R = 0.0102$ para cal 14 AWG para cobre

$X = 0.00024$ para cal 14 AWG para cobre

$$V_c = 2 \times 9.92(0.0102 + 0.00024) \times 9$$

$$V_c = 1.8641664 \text{ [V]}$$

$$e\% = \frac{1.8641664}{127} \times 100$$

$$e\% = 1.4678$$

De acuerdo con la nota 4 de la Sección 210 19 a), la caída de tensión obtenida, es menor al 3%, por lo tanto el conductor seleccionado es calibre 14 AWG con sección transversal de 2.08 mm².

6.3.2 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

Donde:

$$CM = 4110 \quad t = 3 \text{ seg} = 0.05 \text{ min}$$

$$T_f = 150^\circ\text{C}$$

$$T_o = 75^\circ\text{C}$$

$$I = 14\sqrt{0.0297/t \log_{10} (150+234/75+234)}$$

$$I = 4110 \times 0.236764462$$

$$I = 973.10 \text{ [A]}$$

Se elige primeramente el dispositivo de protección contra sobrecorriente de 1P-15 A, pues la carga de receptáculos es considerada como no continua y por lo tanto se ve afectada por ningún factor.

El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe ser menor a 9.92 A.

Podemos seleccionar un interruptor termomagnético adecuado para la protección de acuerdo a la sección 240-6.

Para este caso para tener una protección adecuada seleccionaremos un interruptor termomagnético de 15 A.

6.3.3 CAPACIDAD NOMINAL DE RECEPTÁCULOS Y CAPACIDAD DEL CIRCUITO DERIVADO

Cuando un circuito derivado alimenta a salidas para receptáculos las capacidades de ambos, receptáculo y circuito debe coordinar, esto se establece en la siguiente sección de la norma.

210-21. Dispositivos de salida. Los dispositivos de salida deben tener una capacidad nominal de conducción de corriente eléctrica no menor que la carga que van a alimentar y deben cumplir lo establecido en los siguientes incisos:

b) Receptáculos

1) Un receptáculo sencillo instalado en un circuito derivado individual, debe tener una capacidad nominal no menor que la de dicho circuito.

2) Cuando estén conectados a un circuito derivado que suministre energía, a dos o más receptáculos o salidas, un receptáculo no debe alimentar a una carga total de aparatos eléctricos conectados con cordón y clavija, que exceda el máximo especificado en la Tabla 210-21(b)(2).

TABLA 210-21 (b) (2).- Carga máxima conectada a un receptáculo por medio de un cordón y clavija

Capacidad nominal del circuito (A)	Capacidad nominal del receptáculo (A)	Carga máxima (A)
15 o 20	15	12
20	20	16
30	30	24

3) Cuando se conecten a un circuito derivado, que alimente a dos o más receptáculos o salidas, la capacidad nominal de los receptáculos debe corresponder a los valores de la Tabla 210-21(b)(3) o, si es de más de 50 A, la capacidad nominal del receptáculo no debe ser inferior a la capacidad nominal del circuito derivado.

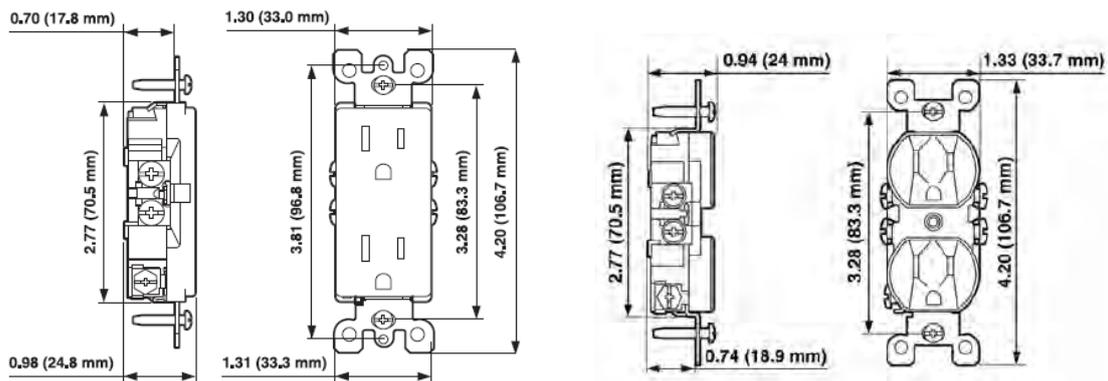
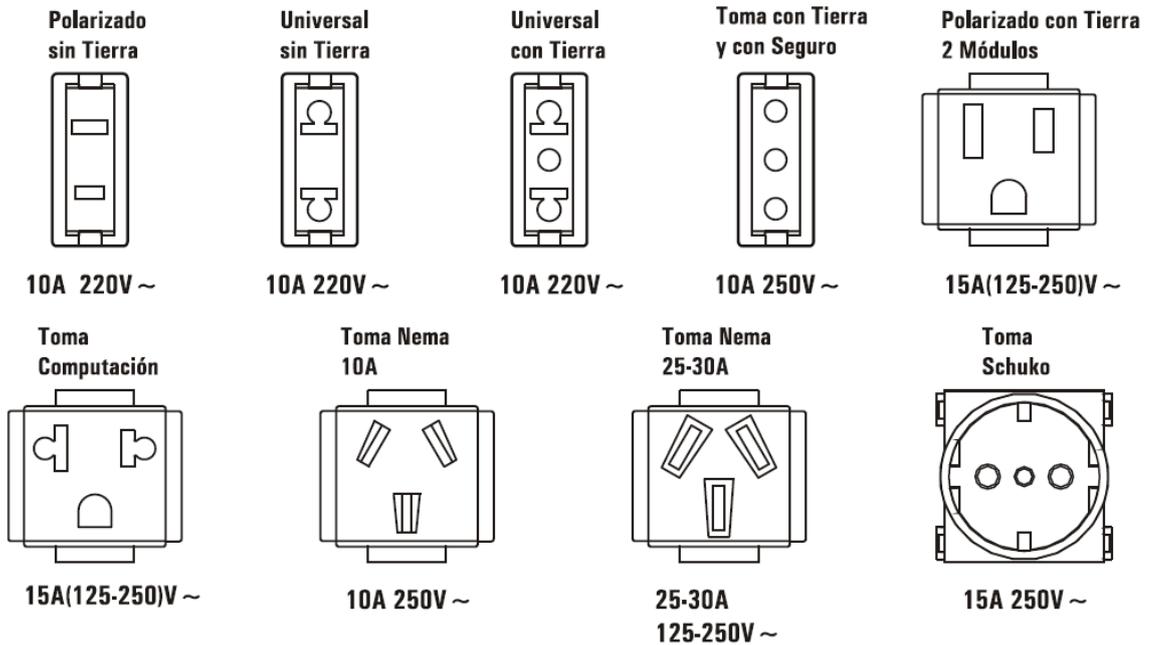
TABLA 210-21(b) (3).- Capacidad nominal receptáculos en circuitos de diversa capacidad (A)

Capacidad nominal del circuito (A)	Capacidad nominal del receptáculo (A)
15	No más de 15
20	15 o 20
30	30
40	40 o 50
50	50

Lo anterior se resume a que, si la protección del circuito es de 15 A, entonces solo se pueden conectar receptáculos de capacidad nominal de 15 A. Si el circuito tiene una capacidad de 20 A, entonces se pueden conectar receptáculos de 15 A ó 20 A de capacidad nominal.

En los siguientes dibujos de ejemplos de configuraciones, se pueden ver los diferentes tipos de receptáculos que existen.

EJEMPLOS DE CONFIGURACIONES:



6.3.4 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

Este conductor es seleccionado directamente de la tabla 250-95 de la NOM y está en función de la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente. Para una capacidad de 15 A, corresponde un calibre no menor a 14 AWG de cobre, con sección transversal de 2.08 mm².

De acuerdo a la sección 250-74 de la NOM, podemos hacer la consideración necesaria para conectar nuestro receptáculo de manera adecuada.

250-74. Conexión de la terminal de puesta a tierra de un receptáculo a la caja. Se debe realizar una conexión de la terminal de puesta a tierra de un receptáculo a la caja de conexiones efectivamente puesta a tierra.

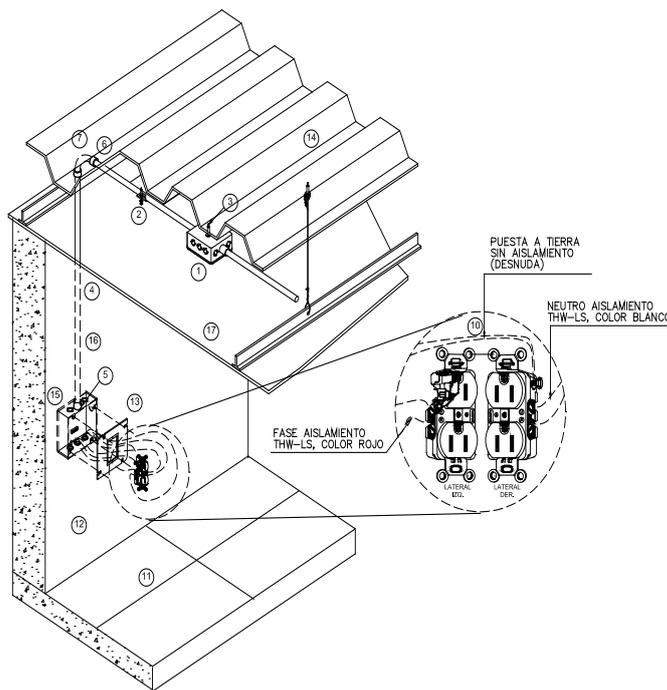
Excepción 1: Cuando la caja vaya montada en una superficie con contacto metálico directo entre el soporte y la propia caja, se permite la puesta a tierra del receptáculo a la caja. Esta excepción no se aplica a los receptáculos montados en las tapas, a no ser que

la caja y la tapa estén aprobadas y listadas como un conjunto que proporcione una continuidad satisfactoria a tierra entre la caja y el receptáculo.

Excepción 2: Se permite que los dispositivos o soportes de contacto diseñados, aprobados y listados para este fin formen, junto con los tornillos que los sujetan, el circuito de puesta a tierra entre el soporte del dispositivo y la caja montada en la pared.

Excepción 3: Las cajas en el piso diseñadas y aprobadas para ofrecer una continuidad satisfactoria a tierra entre la caja y el dispositivo.

A continuación se muestra en el siguiente dibujo la configuración para conexión de un receptáculo de manera adecuada.



DETALLE
Colocación y conexión para receptáculo doble polarizado colocado en muro esquemático

No. DESCRIPCIÓN:

- ① CAJA REGISTRO METÁLICA GALVANIZADA CON SOBRETAPA, SOBREPUESTA EN LOSA.
- ② ABRAZADERA TIPO UÑA CON PERNO DE SUJECIÓN ANCLA T-32 DE 1/4" CON RONDANA Y TUERCA GALVANIZADA DE 1/4".
- ③ TAQUETE DE EXPANSIÓN CON PERNO DE 1/4" DE DIÁMETRO o PERNO DE SUJECIÓN A LA LOSA, ANCLA T-32 DE 1/4", CON RONDANA Y TUERCA GALVANIZADA DE 1/4" DE DIÁMETRO.
- ④ TUBERÍA CONDUIT METÁLICA GALVANIZADA PARED DELGADA DE DIÁMETRO, SEGÚN INDICA EN EL PROYECTO.
- ⑤ CONECTOR TIPO AMERICANO PARA TUBO CONDUIT METÁLICO GALVANIZADO PARED DELGADA.
- ⑥ COUPLE PARA TUBO CONDUIT METÁLICO GALVANIZADO PARED DELGADA.
- ⑦ CODO DE 90°GRADOS PARA TUBO CONDUIT METÁLICO GALVANIZADO PARED DELGADA.
- ⑩ RECEPTÁCULO MONOFÁSICO DOBLE POLARIZADO, 1F-2H+PT.
- ⑪ PISO FIRME DE CONCRETO.
- ⑫ MURO
- ⑬ SOBRETAPA SENCILLA METÁLICA GALVANIZADA.
- ⑭ LOSA ACERO
- ⑮ CAJA REGISTRO METÁLICA GALVANIZADA CON SOBRETAPA, EN RANURA POR MURO.
- ⑯ TUBERÍA CONDUIT METÁLICA GALVANIZADA PARED DELGADA EN RANURA POR MURO, DE DIÁMETRO, SEGÚN INDICA EN EL PROYECTO.
- ⑰ FALSO PLAFÓN

6.3.5 SELECCIÓN DE LA CANALIZACIÓN

La primera consideración de carácter normativo que involucra a los conductores y a la canalización de un circuito como parte de un sistema integrado, es lo que se establece en la Sección 300-3 B).

El número de conductores dentro de una canalización está en función del porcentaje de ocupación de todos los conductores, así el área disponible en un tubo se establece en la tabla 10-1 del Capítulo 10.

El circuito derivado se compone de dos conductores (fase y neutro) calibre 14 AWG y un conductor de puesta a tierra calibre 14 AWG desnudo, de la Tabla 10-5 del Capítulo 10 conociendo el tipo de aislamiento y calibre de los conductores se determina el área que ocupa en su conjunto el grupo de conductores.

El calibre 14 AWG con aislamiento THW-LS tiene una área aproximada (con aislamiento) de 8.97 mm^2 , mientras que el calibre 14 AWG sin aislamiento (desnudo) tiene una área de 2.08 mm^2 .

Este circuito en su conjunto tiene:
 $2(8.97 \text{ mm}^2) + 2.08 \text{ mm}^2 = 20.02 \text{ mm}^2$

Para determinar las dimensiones de la tubería adecuada, basta con buscar en la tabla 10-4 del Capítulo 10, en la columna correspondiente al número de conductores, aquella área disponible que sea mayor a la del grupo de conductores.

De esta forma la tubería de 16mm (1/2 pulgada) tiene una área disponible de 60 mm^2 , mayor a los 20.02 mm^2 del grupo de conductores por lo que es suficiente.

En el tramo donde se tiene conductores del circuito A-9 y A-11, se calcula de la misma forma, adicionando las dimensiones de ambos circuitos.

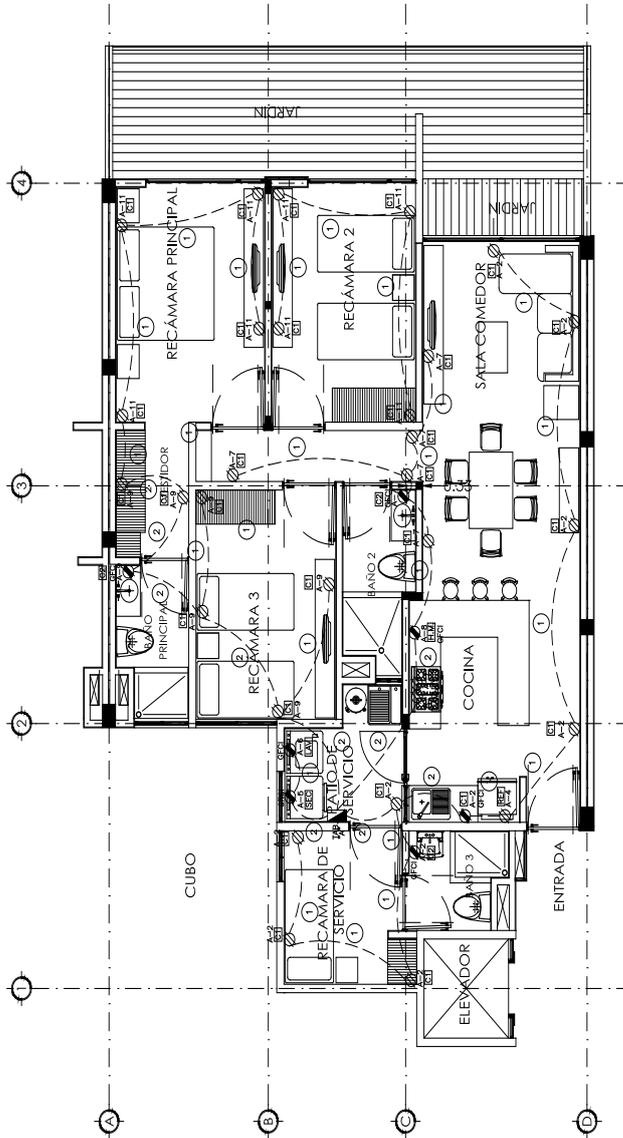
Estos circuitos en su conjunto tienen:
 $4(8.97 \text{ mm}^2) + 2.08 \text{ mm}^2 = 37.96 \text{ mm}^2$

De esta forma la tubería de 16mm (1/2 pulgada) tiene una área disponible de 60 mm^2 , mayor a los 37.96 mm^2 del grupo de conductores por lo que es suficiente.

Algunas consideraciones extra que deben ser tomadas en cuenta en el cálculo de la canalización son los que se establecen en los puntos 7 y 10 de este capítulo.

La tubería conduit metálico tipo semipesado es adecuada de acuerdo al artículo 345, pero en nuestro caso ocuparemos la tubería conduit metálico tipo ligero, que podemos ver en el artículo 348, de acuerdo a lo visto anteriormente para el alumbrado.

De esta forma al hacer todas las consideraciones de acuerdo a la NOM y cumpla con los requisitos eléctricos, podemos mostrar el plano de receptáculos de cómo queda finalmente.



— TUBERIA CONDUIT GALVANIZADA PARED DELGADA POR PISO O POR MURO.

⊗ RECEPTACULO DOBLE POLARIZADO, DE PUESTA A TIERRA, 1F-2H, 127 V, CAPACIDAD 20 A. COCINA. CAPACIDAD 15 A. USO GENERAL. 180 VA. ALTURA DE MONTAJE: 0,40 mSNPT.

⊙ RECEPTACULO DOBLE POLARIZADO, DE PUESTA A TIERRA, CON PROTECCION DE FALLA A TIERRA, 1F-2H, 127 V, CAPACIDAD 20 A. COCINA. CAPACIDAD 15 A. USO GENERAL. 180 VA. ALTURA DE MONTAJE: 1,20 mSNPT. USO GENERAL.

⊕ RECEPTACULO DOBLE POLARIZADO, DE PUESTA A TIERRA, CON PROTECCION DE FALLA A TIERRA, 1F-2H, 127 V, CAPACIDAD 20 A. COCINA. CAPACIDAD 15 A. USO GENERAL. 180 VA. ALTURA DE MONTAJE: 1,20 mSNPT. USO GENERAL.

⊖ RECEPTACULO DOBLE POLARIZADO, DE PUESTA A TIERRA, CON PROTECCION DE FALLA A TIERRA, 210-8(g)(7), CAPACIDAD 20 A. ELECTRODOMESTICO (HORNO DE LIGEROS), 210-52 (b) Y 220-4 (b). ALTURA DE MONTAJE: 1,000 W, 220-3(g)(1). ALTURA DE MONTAJE: A 0,30 m SOBRE BARRA DE COCINA. 210-52(c).

⊗ RECEPTACULO DOBLE POLARIZADO, DE PUESTA A TIERRA, 1F-2H, 127 V, CAPACIDAD 20 A. REFRIGERADOR. 210-52 b) 220-4 b). ALTURA DE MONTAJE: 1,20 mSNPT.

⊙ RECEPTACULO DOBLE POLARIZADO, DE PUESTA A TIERRA, CON PROTECCION DE FALLA A TIERRA, 1F-2H, 127 V, CAPACIDAD 20 A. AREA DE LAVANDERIA. 10-52 e) Y 220-4 c). ALTURA DE MONTAJE: A 1,20 mSNPT.

⊕ RECEPTACULO DOBLE POLARIZADO, DE PUESTA A TIERRA, 1F-2H, 127 V, CAPACIDAD 15 A. TELEVISOR. 180 VA. ALTURA DE MONTAJE: 0,40 mSNPT.

⊖ RECEPTACULO DOBLE POLARIZADO, DE PUESTA A TIERRA, 1F-2H, 127 V, CAPACIDAD 15 A. ESTUFA. 210-52 b) 220-4 b). 100 W, 220-3(g)(1). ALTURA DE MONTAJE: 1,20 mSNPT.

⊗ RECEPTACULO DOBLE POLARIZADO, DE PUESTA A TIERRA, 1F-2H, 127 V, CAPACIDAD 15 A. CAMPANA. 210-52 b) 220-4 b). 205 W, 220-3(g)(1). ALTURA DE MONTAJE: 1,20 mSNPT.

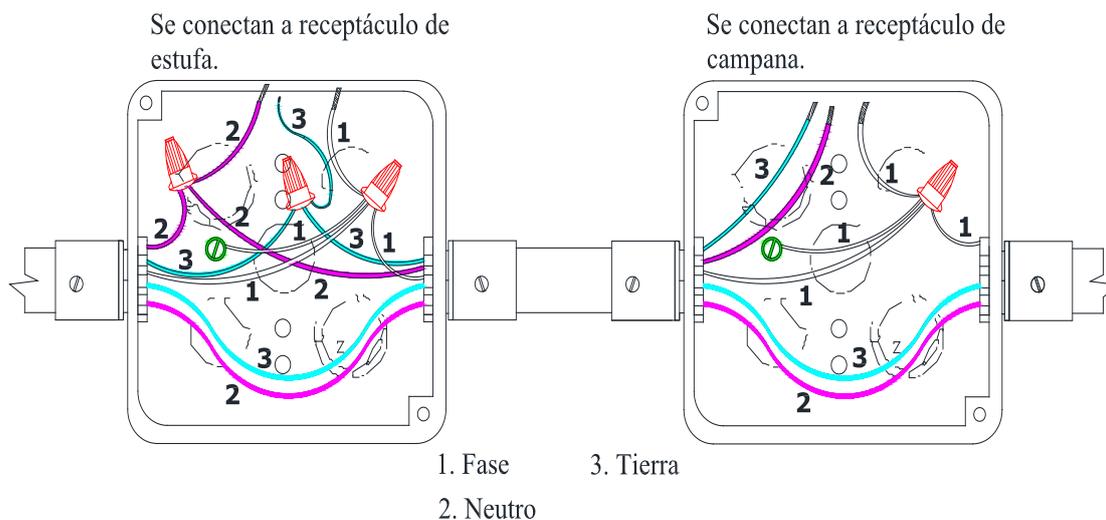
① 1t-16mmø
2h-14
1h-12d

② 1t-16mmø
4h-14
1h-12d

6.3.6 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE CAJAS Y REGISTROS

Para la selección de cajas es importante apoyarnos en la NOM, la cual nos indica los espacios requeridos para el alambrado de nuestros circuitos, así como el número de cables permitidos en una caja, como los empalmes adecuados para evitar fugas de corriente. Esto es muy importante a la hora de hacer el diseño para un departamento o casa residencial de acuerdo a la sección 370-16, tabla 370-16(a) y tabla 370-16(b).

Para determinar el número de conductores dentro de una caja, se tomara en cuenta el receptáculo de estufa, para determinar la dimensión apropiada de la caja para alojar dichos cables, si por el pasan dos circuitos el A-7 y A-8.



El esquema ilustra claramente como se determina el número de conductores.

2 conductores 12 AWG del circuito A-8.

6 conductores 14 AWG del circuito A-7.

1 conductores 12 AWG desnudo

Utilizando la Tabla 370-16 (b), se conoce el volumen que ocupa cada conductor de acuerdo a su calibre, así para el calibre 14 AWG se tiene un espacio de 33 cm^3 y para el calibre 12 AWG se tiene un espacio de como se tiene 8 conductores, entonces el volumen ocupado por todos estos conductores es de:

$$\text{núm. conductores} \times \text{espacio de cada conductor (cm}^3\text{)} = \text{volúmen de espacio (cm}^3\text{)}$$

$$2 \times 37 \text{ (cm}^3\text{)} + 6 \times 33 \text{ (cm}^3\text{)} = 272 \text{ (cm}^3\text{)}$$

a este volumen se debe adicionar el volumen del conductor de puesta a tierra calibre 12 AWG, que ocupa 37 cm^3 . Por lo tanto se tiene un volumen total de:

$$1 \times 37 \text{ (cm}^3\text{)} + 272 \text{ (cm}^3\text{)} = 309 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Ahora se busca en la tabla 370-16 (a), una caja cuyo volumen interior sea mayor al volumen ocupado por los conductores.

La caja cuadrada metálica con dimensiones de 11.9 x 3.2 cm y con una capacidad de 418 cm³ es adecuada para alojar a los conductores de los circuitos mencionados así como a sus empalmes.

Así de esta forma se pueden determinar el resto de las cajas para receptáculos, por lo general para no hacer el cálculo de caja por caja, se puede también apoyar en el número de conductores incluyendo la puesta a tierra para determinar la dimensión de la caja, con esto se puede asegurar que la caja seleccionada tiene un volumen mayor, al de los cables concentrados en ese punto y es adecuada, además de cumplir con la NOM.

6.4 AREAS COMUNES (ELEVADOR, BOMBEO, PASILLOS, ESTACIONAMIENTO, CASETA DE VIGILANCIA).

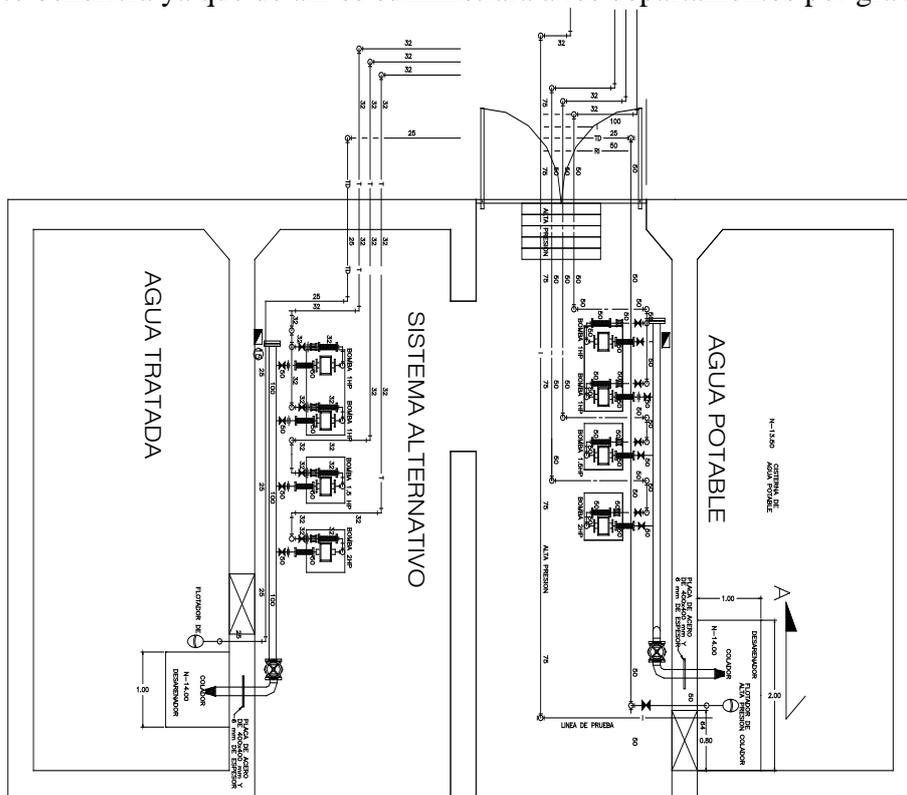
En esta parte del proyecto se analizara para tener los cálculos del edificio de áreas comunes de acuerdo a los siguientes servicios que lo integran como lo es el elevador, bombeo de agua tratada y agua potable, iluminación de áreas comunes.

El alumbrado exterior se analizara como parte de la iluminación al estacionamiento, la caseta de vigilancia, y servicios de la subestación.

El alumbrado en pasillos se hará en una tabla, debido a que sería repetitivo hacerlo si se mostro con anterioridad como desarrollar el cálculo en la parte del departamento.

BOMBEO DE AGUA POTABLE.

De acuerdo a datos proporcionados que no destacaremos aquí sobre el consumo del agua, haremos los cálculos de acuerdo a la capacidad del hidroneumático para suministro de agua a un edificio, cabe mencionar que la alimentación de agua potable dentro del edificio, llegara a cuatro tinacos de 5,000 lts cada uno, ubicados en la azotea, esto beneficia ya que de ahí se suministrara a los departamentos por gravedad.



Arreglo hidráulico del cuarto de máquinas y cisternas.

Datos:

Tensión nominal de operación: 3 Fases, 3 Hilos + Tierra Física, 220 V, 60 Hz

Factor de Potencia del circuito: 0.85

Longitud del circuito: 36 Metros.

Número de Motores de 1 Hp= 2

Número de Motores de 1.5 Hp= 1

Número de Motores de 2 Hp= 1

Para nuestro caso el motor funcionara uno por edificio, por lo que tenemos que considerar lo que se menciona en el artículo 430-22 y los datos para la corriente lo obtendremos de la tabla 430-148 de la NOM.

430-22. Un solo motor

a) General. Los conductores del circuito derivado para suministrar energía eléctrica a un solo motor, deben tener capacidad de conducción de corriente no menor que 125% de la corriente eléctrica nominal (de plena carga).

Para un motor de varias velocidades, los conductores del circuito derivado de alimentación al controlador, deben seleccionarse tomando como base la corriente eléctrica nominal más alta indicada en la placa del motor; para seleccionar los conductores en el circuito derivado entre el equipo de control y el motor, debe tomarse como base la corriente eléctrica nominal de los devanados que los conductores energizan.

Para una bomba se tiene:

Corriente nominal a plena carga, de la tabla 430-150, para 1HP 3F-3H, se tiene una corriente de 4.6A

$$I_c = I_n \times 1.25$$

$$I_c = 4.6 \text{ [A]} \times 1.25$$

$$I_c = 5.75 \text{ [A]}$$

Sin aplicar ningún factor de corrección, el conductor que permite una capacidad de conducción de corriente igual o mayor a la corriente nominal, es el calibre 14 AWG, cuya capacidad de conducción de corriente son 20 A.

Seleccionado de la Tabla 310-16, conductor de cobre, columna a 60°C (temperatura de operación del aislamiento del conductor).

Por caída de tensión tenemos lo siguiente:

$$I_n = 4.6 \text{ A.}$$

$$V_n = 220 \text{ V.}$$

$$R = 0.0066 \text{ para cal 12 AWG para cobre}$$

$$X = 0.000223 \text{ para cal 12 AWG para cobre}$$

$$V_c = \sqrt{3}(IR\cos\phi + IX\sin\phi)L \text{ [V]} \quad \text{Para trifásico}$$

$$V_c = \sqrt{3} \times 4.6(0.0066 + 0.000213) \times 36$$

$$V_c = 1.954156532 \text{ [V]}$$

$$e\% = \frac{1.954156532}{220} \times 100$$

$$e\% = 0.8882$$

De acuerdo con la nota 4 de la Sección 210 19 a), la caída de tensión obtenida, es menor al 3%, por lo tanto el conductor seleccionado es calibre 12 AWG con sección transversal de 3.31 mm².

Donde:

$$CM = 6530 \text{ para calibre 12 AWG } t = 3 \text{ seg} = 0.05 \text{ min}$$

$$T_f = 150^\circ\text{C}$$

$$T_o = 75^\circ\text{C}$$

$$I = 6530 \sqrt{0.0297/t \log_{10} (150 + 234/75 + 234)}$$

$$I = 6530 \times 0.236764462$$

$$I = 1546.07 \text{ [A]}$$

Para el cálculo de la protección se debe de considerar de acuerdo a la NOM, en nuestro caso ocuparemos el artículo 430-52 y la tabla 430-152.

Con los datos que obtenemos de la tabla cuando no tenemos datos reales del motor, se aplica de la siguiente forma:

$$I_p = I_n \times 1.25$$

Donde:

I_p = corriente de protección [A].

I_n = corriente nominal [A].

$$I_p = 4.6 \times 1.25$$

$$I_p = 5.75 \text{ [A]}$$

430-52. Capacidad nominal o ajuste para los circuitos de un solo motor

a) General. El dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas de tierra de circuitos derivados para motores, debe cumplir con (b) y con (c) o (d) cuando sean aplicables.

b) Todos los motores. La protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra debe ser capaz de soportar la corriente eléctrica de arranque del motor.

c) Capacidad nominal o ajuste.

1) Debe utilizarse un dispositivo de protección, con una capacidad nominal o ajuste, seleccionado de tal forma que no exceda los valores dados en la Tabla 430-152.

Excepción 1: Cuando los valores determinados por la Tabla 430-152 para los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla de tierra no correspondan a los tamaños o capacidades nominales de los fusibles, interruptores automáticos no

ajustables o dispositivos térmicos de protección o posibles ajustes de interruptores automáticos, se permite el tamaño, capacidad o ajuste inmediato superior.

Excepción 2: Cuando los valores especificados por la Tabla 430-152 no son suficientes para la corriente eléctrica de arranque de motor:

a. La capacidad nominal de un fusible del tipo sin retardo y no mayor que 600 A puede aumentarse, pero en ningún caso debe exceder 400% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.

b. La capacidad nominal de un fusible con retardo de tiempo (doble elemento) puede ser aumentada, pero en ningún caso debe exceder de 225% de la corriente eléctrica a plena carga.

c. El ajuste de un interruptor automático de tiempo inverso puede aumentarse, pero en ningún caso debe excederse (1) 400% de la corriente eléctrica a plena carga del motor de 100 A o menos o (2) 300% para corriente eléctrica a plena carga de 100 A o mayor.

d. La capacidad nominal de un fusible clasificado entre 601 A a 6 000 A puede ser aumentada, pero en ningún caso debe exceder el 300% de la corriente eléctrica del motor a plena carga.

NOTA: Véase 240-6 para capacidades nominales de fusibles o interruptores automáticos.

Para seleccionar la protección de motores. Considerando que el circuito es de un motor, el dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe estar entre 125% y el 250% de la corriente a plena carga de acuerdo a la tabla 430-152 de la NOM, para motores monofásicos. La corriente en porcentaje la seleccionaremos de acuerdo a que tiene que estar entre esos valores mencionados, para nuestro motor seleccionaremos 1.75, para la selección de nuestra protección.

Tabla 430-152.- Valor nominal máximo o ajuste para el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado del motor

Por ciento de la corriente eléctrica a plena carga				
Tipo de motor	Fusible sin retardo de tiempo**	Fusible de dos elementos** (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso*
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores de CA, polifásicos, que no sean de rotor devanado.				
Jaula de ardilla	300	175	800	250
Otros que no sean diseño E	300	175	1 100	250
Diseño E				
Motores síncronos +	300	175	800	250
Rotor devanado	150	150	800	250
c.c. (tensión eléctrica constante)	150	150	250	150

Para ciertas excepciones a los valores especificados, véase 430-52 hasta 430-54.

* Los valores dados en la última columna comprenden también las capacidades de los tipos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse como se indica en 430-52.

** Los valores en la columna para fusible sin retardo de tiempo aplican para fusibles Clase CC con retardo de tiempo.

+ Los motores síncronos de bajo par de arranque y baja velocidad (comúnmente 450 RPM o menos), como son los empleados para accionar compresores recíprocos, bombas, etc., que arrancan en vacío, no requieren una capacidad de fusible o un ajuste mayor que 200% de la corriente eléctrica a plena carga.

$$I_p = I_n \times 1.75$$

Donde:

I_p = corriente de protección [A].

I_n = corriente nominal [A].

$$I_p = 4.6 \times 1.75$$

$$I_p = 8.05 \text{ [A]}$$

El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe ser mayor a 8.05 A

Sin embargo se selecciona un interruptor de 3P-15A

La norma exige un medio de desconexión para motores y sus controladores.

430-101. Generalidades. Las disposiciones de la Parte I establecen requerimientos para los medios de desconexión de motores y controladores de los circuitos que los alimentan.

430-102. Localización

a) **Controlador.** Se debe instalar un medio de desconexión a la vista desde la posición del controlador.

b) **Motor.** Se debe instalar un medio de desconexión a la vista desde la ubicación del motor y de la máquina que maneja.

430-110. Capacidad nominal e interruptiva

a) **Generalidades.** Los medios de desconexión para circuitos de motores de tensión eléctrica nominal de 600 V o menos, deben tener una capacidad nominal no menor que 115% de la corriente eléctrica a plena carga del motor.

$$I_p = I_n \times 1.15$$

$$I_p = 4.6 \times 1.15$$

$$I_p = 5.29 \text{ [A]}$$

Por lo tanto se selecciona un medio de desconexión sin fisibles (sin porta fisibles) de 3P-30 A.

Para el grupo de motores

Se tienen 4 motores para el sistema de bombeo de agua potable:

2 bombas de 1HP

1 Bomba de 1.5 HP

1 Bomba de 2HP

El alimentador se debe dimensionar de acuerdo con la sección 430-24.

430-24. Varios motores o motor(es) y otra(s) carga(s). Los conductores que suministren energía eléctrica a varios motores o a motores y otras cargas, deben tener

una capacidad de conducción de corriente, cuando menos de la suma de las corrientes a plena carga nominales de todos los motores, más un 25% de la corriente nominal del motor de mayor corriente del grupo, más la corriente nominal de las otras cargas determinadas de acuerdo con lo indicado en el Artículo 220 y otras Secciones aplicables.

La corriente nominal a plena carga para el motor de 1HP es 4.6 A

La corriente nominal a plena carga para el motor de 1.5 HP es 6.6 A

La corriente nominal a plena carga para el motor de 2HP es 7.5 A

De acuerdo a lo establecido en la sección anterior:

$$I_c = I_{\text{motor1}} + I_{\text{motor2}} + I_{\text{motor3}} + (1.25 \times I_{\text{motor4}})$$

$$I_c = 4.6 + 4.6 + 6.6 + (1.25 \times 7.5)$$

$$I_c = 25.175 \text{ [A]}$$

Por lo tanto el conductor debe tener una capacidad de conducción no menor a 25.175 A. El calibre seleccionado es 10 AWG con 30 A de capacidad de conducción.

Para la selección por caída de tensión, con la corriente nominal del grupo de motores obtenida tenemos lo siguiente:

$$I_n = 25.175 \text{ A.}$$

$$V_n = 220 \text{ V.}$$

$$R = 0.0039 \text{ para cal 10 AWG para cobre}$$

$$X = 0.000207 \text{ para cal 10 AWG para cobre}$$

$$V_c = \sqrt{3} \times 25.175(0.0039 + 0.000207) \times 36$$

$$V_c = 6.703081831 \text{ [V]}$$

$$e\% = \frac{6.703081831}{220} \times 100$$

$$e\% = 3.04$$

Por lo que el conductor cumple debido a que tenemos una caída menor al 5% para alimentadores.

Donde:

$$CM = 10380 \text{ para calibre 10 AWG} \quad t = 3 \text{ seg} = 0.05 \text{ min}$$

$$T_f = 150^\circ\text{C}$$

$$T_o = 75^\circ\text{C}$$

$$I = 10380 \sqrt{0.0297/t} \log_{10} (150 + 234/75 + 234)$$

$$I = 10380 \times 0.236764462$$

$$I = 2457.61 \text{ [A]}$$

La protección contra corto circuito y falla a tierra se calcula en base a la Sección 430-62

430-62. Capacidad o ajuste (carga de motores)

a) Carga específica. Un circuito alimentador que suministra energía a una carga fija y específica de motores cuyos conductores tienen tamaño nominal basado en 430-24, debe estar provisto de un dispositivo de protección de valor nominal o ajuste no mayor que la capacidad o ajuste del mayor de los dispositivos de protección de circuitos derivados contra cortocircuito y falla a tierra de cualquiera de los motores del grupo, más la suma de las corrientes a plena carga de los otros motores del grupo (selección basada en la Tabla 430-152 o en 440-22(a) para compresores de motores herméticos refrigerantes). Si dos o más circuitos derivados del grupo poseen dispositivos contra cortocircuitos y fallas a tierra de igual capacidad o ajuste, se considera a uno solo de ellos como el mayor para los cálculos anteriores.

El dispositivo mayor del grupo es un interruptor de 3P-20A

$$I_p = 20 + 4.6 + 4.6 + 6.6$$

$$I_p = 35.80 \text{ [A]}$$

Por lo tanto el dispositivo de protección contra sobrecorriente para el alimentador del grupo de motores es 3P-40A

Esto implica que se debe aumentar el calibre del alimentador (debido a que el cal 10 tiene como conducción máxima de corriente de 30 A) ya que el interruptor es de mayor capacidad que la capacidad de conducción de corriente. De esta forma el calibre seleccionado es 8WG con 40 A de conducción.

El conductor de puesta a tierra seleccionado de la tabla 250-95 es 10AWG.

ELEVADORES.

Para los cálculos de lo que es el elevador, estaremos sujetos a lo que nos indican en el artículo 620 que nos habla de elevadores y diversos elementos, para cumplir con lo que se requiere al momento de estar diseñando, para un conjunto habitacional o edificio residencial.

Datos:

Capacidad	13 personas. 1000 Kg
Recorrido	15 m
Fosa	4.18 m
Sobrepaso	1.60 m
Paradas	4 (P.B, 1, 2, 3)
Desembarques	4 al frente
Velocidad	1.60 m/s
Maniobra	V3F Frecuencia y Voltaje Variable
Máquina	MX12

Potencia de Motor	10.50 kW
Corriente de Arranque	67.27 A
Corriente Nominal	38.18 A
Alimentación	220 V, 60 Hz
Operación	Colectivo selectivo completo. Simplex, Control a base de microprocesadores.
Medidas cubo frente	1.75 m
Medidas cubo fondo	1.75 m
Medidas cabina frente	1.45 m
Medidas cabina fondo	1.50 m
Altura de cabina	2.28 m
Claro libre desembarque	0.9 X 1.70 m

620-13. Conductores de los circuitos de alimentación y derivados. Los conductores deben tener una capacidad de conducción de corriente de acuerdo con lo indicado en los párrafos (a), (b) y (c) que siguen. Para el control de campo del generador, la capacidad de conducción de corriente debe basarse en la corriente eléctrica nominal de la placa de datos del motor del grupo motor-generador que suministra la energía al motor del elevador.

a) Conductores que alimenten a un solo motor. Los conductores que alimenten a un solo motor deben tener una capacidad de conducción de corriente de acuerdo con lo indicado en 430-22, y en la Tabla 430-22(b).

b) Conductores que alimenten a un solo controlador. Los conductores que alimenten a un solo controlador deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la capacidad indicada en la placa de datos del controlador, más la suma de otras cargas conectadas.

c) Conductores que alimenten a un solo transformador. Los conductores que alimenten a un solo transformador deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la corriente eléctrica de placa del transformador, más otras cargas conectadas.

d) Conductores que alimenten a más de un motor, controlador o transformador. Los conductores que alimenten a más de un motor, controlador o transformador, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la suma de las corrientes eléctricas de placa del equipo más otras cargas conectadas. La capacidad de corriente eléctrica de motores para usarse en la suma, debe determinarse de acuerdo con lo indicado en la Tabla 430-22(b), en la Sección 430-24 y en la Excepción 1 de ésta.

De la sección 430-22.

$$I_c = 38.18 \times 1.25$$

$$I_c = 47.73 \text{ [A]}$$

El conductor debe conducir una corriente de 47.73 A

El conductor 6 AWG con 55 A de capacidad de corriente.

Por caída de tensión:

$$L = 122 \text{ m}$$

$$V_c = \sqrt{3} \times 38.18(0.00021 + 0.00161) \times 122$$

$$V_c = 14.68343855 \text{ [V]}$$

$$e\% = \frac{14.68343855}{220} \times 100$$

$$e\% = 6.6742$$

con calibre 2 AWG para cobre:

$$V_c = \sqrt{3} \times 38.18(0.000187 + 0.00066) \times 122$$

$$V_c = 6.833446402 \text{ [V]}$$

$$e\% = \frac{6.833446402}{220} \times 100$$

$e\% = 3.1061$ por lo tanto cumple es menor al 5% para alimentadores. De acuerdo al artículo 210-19 de la NOM.

Donde:

$$CM = 66360 \text{ para calibre 2 AWG } t = 3 \text{ seg} = 0.05 \text{ min}$$

$$T_f = 150^\circ\text{C}$$

$$T_o = 75^\circ\text{C}$$

$$I = 66360 \sqrt{0.0297/t} \log_{10} (150 + 234/75 + 234)$$

$$I = 66360 \times 0.236764462$$

$$I = 15711.58 \text{ [A]}$$

Para la selección de la protección para el alimentador debemos ver el artículo 620-61 para motores.

620-61. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente debe estar provista como se indica a continuación:

Protección del alimentador del motor contra cortocircuitos y fallas a tierra

La protección del alimentador del motor contra cortocircuito y falla a tierra deben ser como se requiere en el Artículo 430 Parte E.

Sin embargo, se trata de un alimentador para un solo motor, por lo tanto la protección no debe exceder los valores de la tabla 430-152

De esta forma $38.18 \times 1.75 = 66.81 \text{ A}$

Por lo tanto se selecciona un interruptor de 3P-70A

250-95. Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo. El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

El conductor de puesta a tierra de acuerdo a la tabla 250-95 para un interruptor de 70A, corresponde calibre 8 AWG.

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

Como se incremento el calibre de 6 AWG a un Calibre 2 AWG, la proporción de incremento es:

$$33.06/13.3 = 2.52$$

Con esta proporción se debe incrementar el conductor de puesta a tierra calibre 10 AWG

$$2.52 \times 8.31 = 21.14$$

Por lo tanto el calibre de puesta a tierra para compensar la caída de tensión es 4 AWG con 21.2 mm de sección transversal.

620-51. Medios de desconexión. Se debe proveer un medio individual para desconectar todos los conductores de fuerza no puestos a tierra para cada unidad y estar diseñado de tal forma que ningún polo pueda operarse independientemente. Cuando estén conectadas máquinas de accionamiento múltiple a un solo elevador, escalera eléctrica o pasillo móvil o a una unidad de potencia hidráulica, debe haber un medio de desconexión para el motor y la válvula magnética de control de la unidad de potencia hidráulica. El medio de desconexión de los conductores de la alimentación principal no debe desconectar al circuito derivado, de acuerdo con lo indicado en 620-22, 620-23 y 620-24.

a) Tipo. El medio de desconexión debe ser un interruptor automático o desconectador con fusibles encerrado que pueda ser operado externamente y que pueda bloquearse en la posición de abierto. El dispositivo de desconexión debe ser de un tipo aprobado.

NOTA: Para información adicional sobre seguridad en escaleras y elevadores, véase el Apéndice B2.

b) Operación. No deben poder abrirse o cerrarse estos medios de desconexión de ninguna otra parte de la instalación. Si están instalados rociadores en el cubo, cuarto de máquinas o en áreas de máquinas (lo que corresponda), el medio de desconexión debe abrir automáticamente la alimentación del elevador antes de la aplicación del agua. El medio de desconexión no debe ser de cierre automático. La energía debe ser restaurada solamente por medios manuales.

NOTA: Estas disposiciones tienen por objeto reducir los riesgos que pone la caída de agua sobre las partes vivas del equipo eléctrico en el elevador.

c) Ubicación. Los medios de desconexión deben ubicarse en un sitio fácilmente accesible a personal calificado.

430-110. Capacidad nominal e interruptiva

a) Generalidades. Los medios de desconexión para circuitos de motores de tensión eléctrica nominal de 600 V o menos, deben tener una capacidad nominal no menor que 115% de la corriente eléctrica a plena carga del motor.

6.5 CIRCUITOS ALIMENTADORES.

Para el cálculo de los alimentadores de los departamentos, tomaremos como ejemplo el departamento del edificio 3 del nivel 3 que es uno de los más alejados, se realizara de la siguiente forma:

Datos:

Tablero D4, Nivel 3, Edificio 3

Tensión nominal de operación: 2 Fases, 3Hilos + Tierra Física, 220 V, 60 Hz.

Factor de Potencia del circuito: 0.9

Carga: 8659.25 W (carga instalada)

Longitud del circuito: 133 m

Para el tablero D4, Edificio 3:

$$I_n = \frac{W}{2 V_n \times f. p.}$$

$$I_n = \frac{8659.25 [W]}{2 \times 127 [V] \times 0.9}$$

$$I_n = \frac{8659.25 [W]}{228.60}$$

$$I_n = 37.87 [A]$$

De acuerdo al artículo 220-3 a)

$$I_c = I_n \times 1.25$$

$$I_c = 37.87 \times 1.25$$

$$I_c = 47.349 [A]$$

De acuerdo a tabla 310-16 el conductor que es adecuado a una temperatura de 60°C, para conducir 45.575 A es de calibre 8 AWG que tiene la capacidad para conducir 40 A. Esto se analiza de esta forma debido a que la corriente es menor a 100 A, si fuera superior se tomaría la siguiente columna y así sucesivamente.

Aplicando el factor de corrección, como se llevara en una tubería independiente para cada alimentador de los departamentos, el factor de agrupamiento es 1.0 y el de temperatura considerarlo de 1.0 para una temperatura de 30°C.

Capacidad de conducción corregida = capacidad de conducción \times f. t. \times f. a

Donde:

$$\text{Capacidad de conducción corregida} = 40[A] \times 1.0 \times 1.0$$

$$\text{Capacidad de conducción corregida} = 40 [A]$$

Para calcular la caída de tensión del circuito se aplica la siguiente fórmula:

$$V_c = \sqrt{3} \times 36.46(0.000213 + 0.00256) \times 133$$

$$V_c = 23.29049947[V]$$

$$e\% = \frac{23.29049947}{220} \times 100$$

$$e\% = 10.5865$$

Como se tiene una caída de tensión alta no cumplimos con la sección 210-19 a) la caída de tensión no debe ser mayor al 5%, esta caída de tensión alta se debe a que la longitud que recorrerá la corriente es muy grande, lo que se tiene que hacer es seleccionar un conductor de mayor capacidad de corriente adecuado para la longitud que tenemos:

$$V_c = \sqrt{3} \times 36.46(0.000186 + 0.00066) \times 133$$

$$V_c = 7.105576110[V]$$

$$e\% = \frac{7.105576110}{220} \times 100$$

$$e\% = 3.2298$$

De acuerdo a la NOM en su sección 210-19 a) la caída de tensión no debe ser mayor al 5% se cumple. De la tabla 310-16 el conductor que es adecuado a una temperatura de 60°C, para tener una caída de tensión no mayor al 5% es el calibre 2 AWG que tiene una sección transversal de 33.60 mm².

Donde:

$$CM = 66360 \text{ para calibre 2 AWG } t = 3\text{seg} = 0.05 \text{ min}$$

$$T_f = 150^\circ\text{C}$$

$$T_o = 75^\circ\text{C}$$

$$I = 66360 \sqrt{0.0297/t} \log_{10} (150+234/75+234)$$

$$I = 66360 \times 0.236764462$$

$$I = 15711.68 [A]$$

Para tener la protección adecuada se tiene:

$$I_p = I_n \times 1.25$$

$$I_p = 36.46 \times 1.25$$

$$I_p = 45.575 [A]$$

El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe ser mayor a 45.575 [A] Podemos seleccionar un interruptor termomagnético adecuado para la protección de acuerdo a la sección 240-6, de lo cual el interruptor adecuado es de 50 A.

El conductor de puesta a tierra se debe seleccionar de la tabla 250-95 de la NOM.

Para el dispositivo de protección contra sobrecorriente de 50 (A) corresponde de acuerdo a la tabla anterior un conductor de puesta a tierra calibre 10 AWG con sección transversal de 5.26 mm².

Pero de acuerdo a la sección 250-95,

250-95. Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo. El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

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

Como se incremento el calibre de 8 AWG a un Calibre 1/0 AWG, la proporción de incremento es

$$53.50/8.36=6.399$$

Con este proporción se debe incrementar el conductor de puesta a tierra calibre 10 AWG

$$6.399 \times 5.26 = 33.14$$

Por lo tanto el calibre de puesta a tierra para compensar la caída de tensión es 2 AWG con 33.6 mm de sección transversal.

TAMBIEN SE PUEDE DETERMINAR EL ALIMENTADOR MEDIANTE UN FACTOR DE DEMANDA COMO SE ESTABLECE EN 220-3, 220-11, 220-16.

APLICANDO LOS FACOTRES DE DEMANDA DE LA SECCION 220-11

220-11. Alumbrado general. Los factores de demanda de la Tabla 220-11 deben aplicarse a la parte de la carga total calculada para el alumbrado general. No deben aplicarse en el cálculo del número de circuitos derivados para alumbrado general.

NOTA: Para la aplicación de factores de demanda a circuitos de pequeños aparatos electrodomésticos y lavanderías en viviendas, véase 220-16.

TABLA 220-11.- Factores de demanda de cargas de alumbrado

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Almacenes	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina*	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 1 00000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 o menos	100
	De 3 001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Total VA	100

* Los factores de demanda de esta Tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

220-16. Cargas de aparatos electrodomésticos pequeños y lavanderías en unidades de vivienda.

a) Cargas del circuito de aparatos electrodomésticos pequeños. En cada unidad de vivienda, la carga del alimentador debe calcularse a 1 500 VA por cada circuito derivado de dos conductores requerido en 220-4(b) para aparatos electrodomésticos pequeños conectados a receptáculos de 15 A o 20 A en los circuitos derivados de 20 A de la cocina, despensa, comedor y desayunador. Cuando la carga se subdivide entre dos o más alimentadores, la carga calculada para cada uno debe incluir no menos de 1 500 VA por cada circuito de dos conductores para aparatos electrodomésticos pequeños. Se permite que estas cargas se incluyan con la carga de alumbrado general y se apliquen los factores de demanda permitidos en la Tabla 220-11 para las cargas de alumbrado general.

b) Carga del circuito de lavandería. La carga del alimentador debe calcularse a no menos de 1 500 VA por cada circuito derivado de dos conductores para lavandería que se exija en 220-4(c). Se permite que estas cargas se incluyan con la carga de alumbrado general y se apliquen los factores de demanda permitidos en 220-11 para las cargas de alumbrado general.

220-18. Secadoras eléctricas de ropa en unidades de vivienda. La carga de secadoras eléctricas de ropa en unidades de vivienda, debe ser la mayor que las siguientes: 5 000 W (Volt-Ampere) o la potencia nominal indicada en la placa de datos, para cada secadora conectada. Se permite aplicar factores de demanda indicados en la Tabla 220-18, para una o más secadoras.

ALUMBRADO Y CONTACTOS DE USO GENERAL.....	4978
ELECTRODOMESYICO (REFRIGERADOR).....	1500
ELECTRODOMESTICO (microondas).....	1500
LAVADORA.....	1500
SECADORA.....	5000
TOTAL.....	14478

$3000 + 11478 (0.35) = 8067$ [W] de demanda por departamento

El circuito alimentador se compone de 3 conductores (2 fases y neutro) calibre 2 AWG y un conductor de puesta a tierra calibre 4 AWG desnudo, de la Tabla 10-5 del Capítulo 10 de la NOM conociendo el tipo de aislamiento y calibre de los conductores se determina el área que ocupa en su conjunto el grupo de conductores.

Ya con todos los elementos eléctricos necesarios podemos determinar los alimentadores del tablero general para los servicios comunes como son elevadores, alumbrado exterior, alumbrado en pasillos, caseta de vigilancia y otros; que se muestran los cálculos en el siguiente cuadro de cargas.

Para calcular los alimentadores de este tablero a la planta de emergencia tenemos lo siguiente:

Datos:

Tensión nominal de operación: 3 Fases, 4Hilos + Tierra Física, 220/ 127 V, 60 Hz.

Carga instalada = 61,213.33 [W]

Carga demandada = 50,154. 47 [W]

Factor de potencia= 0.9

Distancia del alimentador = 15 m

Para cálculo de la corriente tenemos:

$$I_n = \frac{W}{V_f \times \sqrt{3}}$$

$$I_n = \frac{50,154.47}{220 \times \sqrt{3}}$$

$$I_n = 131.62 [A]$$

La caída de tensión resulta:

$$V_c = \sqrt{3} \times 131.62(0.00018 + 0.00039) \times 15$$

$$V_c = 1.949165108[V]$$

$$e\% = \frac{1.949165108}{220} \times 100$$

$$e\% = 0.8859$$

Lo cual es una caída de tensión válida que cumple con la NOM.

Donde:

$$CM = 105600 \text{ para calibre } 1/0 \text{ AWG } t = 3\text{seg} = 0.05\text{min}$$

$$T_f = 150^\circ\text{C}$$

$$T_o = 75^\circ\text{C}$$

$$I = 105600 \sqrt{0.0297/t} \log_{10} (150 + 234/75 + 234)$$

$$I = 105600 \times 0.236764462$$

$$I = 25,002.32 \text{ [A]}$$

Para tener la protección adecuada se tiene:

$$I_p = 131.62 \text{ [A]}$$

Podemos seleccionar un interruptor termomagnético adecuado para la protección de acuerdo a la sección 240-6, de lo cual el interruptor adecuado es de 150 A.

De tabla 250-95 para seleccionar el cable de tierra tenemos que el calibre 6 AWG es adecuado y cumple.

TABLERO GENERAL DE SERVICIOS
(" TGS ")
SERVICIO EMERGENCIA
UBICADO: CUARTO ELÉCTRICO

	LON.G. (m)	(AMP) INSTALADA	COND.	T.F.	TUBERIA (mm Ø)	e%	CARGA	SERVICIO
3P-70A 3P-40A	36	23.30	3-8	1-10d	T-35	1.58	7547.15 W	BOMBAS DE AGUA POTABLE
3P-70A 3P-40A	32	23.30	3-8	1-10d	T-35	1.40	7547.15 W	BOMBAS DE AGUA TRATADA
3P-70A 3P-70A	86	38.18	4-4	1-8d	T-53	2.44	10,050 W	ELEVADOR "E1"
3P-70A 3P-70A	62	38.18	4-4	1-8d	T-53	1.76	10,050 W	ELEVADOR "E2"
3P-70A 3P-70A	107	38.18	4-2	1-4d	T-53	1.91	10,050 W	ELEVADOR "E3"
3P-70A 3P-70A	122	38.18	4-2	1-4d	T-53	2.18	10,050 W	ELEVADOR "E4"
3P-70A 1P-15A	20	6.17	3-14	1-14d	T-13	1.87	708 W	CASETA DE VIGILANCIA
3P-70A 1P-15A	34	3.40	3-14	1-14d	T-13	1.75	410.40 W	ALUMBRADO CUARTO E. Y CUARTO MAQ.
3P-70A 1P-15A	36	5.67	3-12	1-14d	T-13	1.94	648 W	RECEPTACULOS CUARTO E. Y CUARTO MAQ.
3P-70A 1P-15A	88	2.49	3-12	1-12d	T-13	1.61	300 W	SERVICIO PASILLOS "E1"
3P-70A 1P-15A	84	2.49	3-12	1-12d	T-13	1.99	300 W	SERVICIO PASILLOS "E2"
3P-70A 1P-15A	96	2.49	3-12	1-12d	T-13	2.27	300 W	SERVICIO PASILLOS "E3"
3P-70A 1P-15A	128	2.49	3-10	1-10d	T-13	1.91	300 W	SERVICIO PASILLOS "E4"
3P-70A 2P-15A	25	7.58	3-14	1-14d	T-13	1.65	1,500 W	SERVICIO PLANTA DE EMERGENCIA
3P-70A 2P-15A	180	6.27	3-8	1-10d	T-19	2.45	1,452.63 W	ALUMBRADO EXTERIOR

TIPO (NQOD) CLASE 1630 CATALOGO.
(NQOD-42-4AB-22S), MARCA SQUARE-D
3F-4H+PT., 220/127V., 60Hz.

6.6 SELECCIÓN DE LA PLANTA DE EMERGENCIA Y TRANSFORMADOR

Planta de Emergencia

El tamaño de un grupo generador o planta de emergencia para una instalación industrial, comercial, residencial, de hospitales etc. Se determina basándose en los kW de operación o los kW de rotor bloqueado.

Los kW de operación representa la cantidad de potencia que un generador puede suministrar a la carga. Los kW de rotor bloqueado es la cantidad de potencia que el generador puede suministrar a los equipos o cargas que tienen una alta corriente de inserción cuando arrancan. Para calcular los kW de rotor bloqueado se suma la corriente total de inserción de todas las cargas cuando se conectan las potencias.

Cargas que se necesitan en resumen para selección de planta de emergencia	
Alumbrado	3.123 kW
Receptáculos	2.796 kW
Motores agua tratada	7.547 kW
Motores agua potable	7.547 kW
Motores elevadores	40.200 kW
Carga instalada total	61.213 kW

Primeramente para hacer la selección de la planta de emergencia se puede incrementar la carga; se hace la suma de las cargas de los motores y se multiplican individualmente por 125%, cuando hay varias cargas de alumbrado se multiplica por 100% y se suman las otras cargas.

$$\text{Carga} = (40200 \times 1.25) + (7547.15 \times 1.25) + (7547.15 \times 1.25) + (1452.63 \times 1) + (1260 \times 1) + (410.40 \times 1) + 1500 + 1296 \text{ [W]}$$

$$\text{Carga} = 75.046 \text{ [kW]}$$

La secuencia es como sigue:

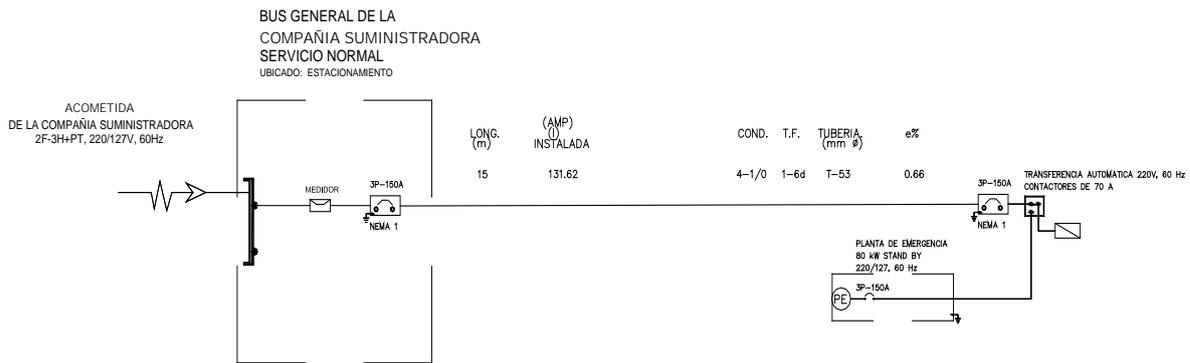
La primera carga de 50.25 kW se arranca y se acelera para operar a 40.20 W, la segunda carga arranca a 9.43 kW, esta se suma a la de 40.20kW

$$40.20+9.43=49.63 \text{ [kW]}$$

La carga de 9.43 kW se arranca y se acelera para operar a 7.75 kW, la segunda carga arranca a 9.43 kW, esta se suma a la de 49.63 kW, las otras cargas se suman a los kW de operación de las otras cargas.

$$49.63+9.43+1.46+1.26+0.41+1.5+1.29=64.98 \text{ [kW]}$$

Entonces el generador requiere 75.046 kW a rotor bloqueado y 64.98 kW de operación.



Uno de los problemas importantes a resolver en el proyecto de instalaciones eléctricas lo constituye la determinación de la capacidad de la subestación eléctrica, o dicho con más propiedad del transformador o transformadores que lo constituirán. Este aspecto no solo involucra aspectos de índole técnico, sino también de tipo económico, ya que puede ocurrir que por desconocimiento del problema se dimensione la subestación en forma limitada o se sobredimensione; lo que en cualquier caso constituirá un factor que afectaría económicamente al proyecto.

Para una mejor comprensión de los elementos que intervienen en la determinación de la capacidad de una subestación es conveniente tomar en consideración las siguientes definiciones:

Carga instalada. Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y equipos que se encuentran conectados en un área determinada de la instalación y se expresa generalmente en kVA o kW.

Demanda. Es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo (por ejemplo a cada hora), expresada en kVA o kW, a un factor de potencia determinado.

Densidad de carga. Es el cociente de la carga instalada y el área de instalación considerada se expresa en kVA/m² y para propósitos de planeación de una instalación eléctrica se dan tablas con valores típicos para cierto tipo de instalaciones eléctricas.

Demanda máxima. Es la máxima demanda que se tiene en una instalación o en un sistema durante un periodo de tiempo especificado por lo general en horas.

Factor de carga. En la mayoría de los casos la carga no es constante durante el año o durante un periodo de tiempo especificado considerado como representativo, ya que por ejemplo, en las instalaciones industriales la demanda de energía eléctrica puede variar de acuerdo con el volumen de producción que se tenga, de manera que resulta conveniente definir lo que se conoce como factor de carga:

$$\text{factor de carga} = \frac{\text{Valor promedio anual de la carga}}{\text{Máximo valor de la carga en un año}}$$

Factor de demanda. Es el cociente de la demanda máxima de un sistema y la carga instalada en el mismo.

$$\text{factor de demanda} = \frac{\text{Demanda máxima (en W o kW)}}{\text{Carga instalada (en W o kW)}}$$

Factor de diversidad. Es el cociente de la suma de las demandas máximas individuales en las distintas partes de un sistema o la instalación y la demanda máxima del sistema

$$\text{factor de diversidad} = \frac{\text{Suma de las demanda máximas individuales}}{\text{Demanda máxima del sistema}}$$

Factor de simultaneidad o coincidencia. Es una cantidad menor o igual a la unidad y se obtiene como el recíproco del factor de diversidad.

$$\text{factor de simultaneidad} = \frac{1}{\text{factor de diversidad}}$$

Tabla de factores de demanda y diversidad distintos tipos de carga.

Tipo de carga	Factor de demanda	Factor de diversidad
Casa habitación	0.65	1.25
Fuerza motriz	0.9	1.10
Alumbrado público	1.0	1.0

La determinación de las características del transformador principal de la subestación, además de los voltajes apropiados, debe considerar la capacidad o potencia, por lo que el cálculo de la capacidad de un transformador para alimentar a un cierto número y tipo de cargas se debe hacer sobre ciertos conceptos, de manera tal que el transformador no opere con capacidad ociosa (poca carga), o bien se sature rápidamente por insuficiencia.

La capacidad nominal de un transformador está definida como los kVA que su devanado secundario debe ser capaz de operar para un cierto tiempo, en condiciones de tensión y frecuencia de diseño (valores nominales), sin que a una temperatura ambiente promedio de 30°C y máxima de 40°C, la temperatura promedio de su devanado exceda a 65°C.

Se debe considerar desde luego, las características de las cargas por alimentar, sumando todos los valores de las corrientes de carga; considerando si estas son monofásicas o trifásicas, además de otros factores.

Los transformadores se dimensionan y seleccionan en base al tipo de carga que van a alimentar y los criterios de protección contra sobrecorrientes se basan en la selección de los dispositivos para este fin, estableciendo diferencias, ya sea que se trate de transformadores de 600 [V] o menos, o mayores a 600 [V] y considerando si el tipo de cargas por alimentar es monofásica o trifásica.

Un edificio dependiendo de la carga total, se puede alimentar con un sistema monofásico o un sistema trifásico. La corriente de carga en un edificio se calcula sumando todas las cargas monofásicas y trifásicas juntas y dividiendo entre el voltaje de alimentación.

Con los datos de las cargas totales de cada departamento se dimensiona la capacidad del transformador de la siguiente forma.

Cargas que se necesitan en resumen para selección del transformador	
Carga de 64 departamentos	554.19 kW
Servicios propios	61.21 kW
Carga instalada total	615.44 kW

Carga total instalada por departamento: 8,659.25 W

Factor de demanda: 0.65

Factor de diversidad: 1.25

$$\text{Carga demandada} = \text{Carga instalada} \times \frac{\text{factor de demanda}}{\text{factor de diversidad}}$$

$$\text{Carga demandada} = 8,659,25 \times \frac{0.65}{1.25}$$

$$\text{Carga demandada} = 4,502.81 \text{ [W]}$$

En VA:

$$\text{Carga demandada} = 5,003.12 \text{ [VA]}$$

Por edificio

16 departamentos

$$\text{Carga demandada por edificio} = 16 \times 5,003.12 \text{ [VA]}$$

$$\text{Carga demandada por edificio} = 80,049.95 \text{ [VA]}$$

Para la carga total del conjunto, es decir; cuatro edificios.

$$\text{Carga demandada total del conjunto} = 4 \times 80,049.95 \text{ [VA]}$$

$$\text{Carga demandada total del conjunto} = 320,199.82 \text{ [VA]}$$

A esta demanda se deba adicionar la demanda de los servicios del conjunto, es decir la demanda del tablero TGS.

$$\text{Carga demandada del tablero TGS: } 50,154.47 \text{ [W]} \text{ ó } 55,727.44 \text{ [VA]}$$

$$320,199.82 + 55,727.44 = 375,472.62 \text{ [VA]}$$

La demanda total de conjunto es 375.47 kVA

La capacidad comercial de 500 kVA

Un transformador con las siguientes características:

Capacidad nominal: 500 kVA

Tensión en el primario: 23.0 kV

Tensión en el secundario: 220/127V

Conexión: Estrella-Estrella

Impedancia: 5.75%

Tipo OA

6.7 ESTUDIO DE CORTO-CIRCUITO TRIFÁSICO EN BUS INFINITO TRANSFORMADOR

Cuando es posible considerar el suministro de energía al sistema con una capacidad infinita y el sistema está formado por un transformador de baja potencia, se puede conocer el valor de corriente de corto circuito máxima que será suministrado por la fuente en el lado secundario y así seleccionar el Interruptor general de Baja Tensión.

Datos:

Capacidad del transformador trifásico:

$$TR - 1 = 500 \text{ [kVA]}$$

Impedancia en porciento del transformador:

$$Z = 5.75\%$$

Voltaje en el lado secundario del transformador:

$$V = 220 \text{ [V]}$$

Nota:

Se considera que la energía eléctrica de suministro por el lado Primario es de capacidad infinita (bus infinito), se requiere seleccionar un interruptor general para el lado Secundario (baja tensión)

a.) La corriente máxima en el lado secundario es:

$$I_{sec} = \frac{KVA \times 1000}{\sqrt{3} \times V_f}$$
$$I_{sec} = 1,312.20[A]$$

b.) La corriente de Corto Circuito Simétrica máxima que puede ser suministrada por el Transformador está en función de la Impedancia del mismo, es decir:

$$I_{cc \text{ máx}} = \frac{100\% \times Z\%}{\sqrt{3} \times V_f} \times I_{sec}$$
$$I_{cc \text{ máx}} = 22,820.84 \text{ Amperes simétricos}$$
$$I_{cc \text{ máx}} = 22.88 \text{ Ka's}$$

c.) Es sumamente difícil que se presente un corto circuito trifásico, generalmente es entre dos fases o fase a tierra, por lo tanto, se requiere conocer la corriente de corto circuito Asimétrica cuyo valor máximo es de aproximadamente 1.25 veces la corriente Simétrica, es decir:

$$I_{cc \text{ asim}} = I_{cc \text{ máx}} \times 1.25$$

$$I_{cc \text{ asim}} = 28,526.05 \text{ Amperes simétricos}$$

$$I_{cc \text{ asim}} = 28.56 \text{ Ka's}$$

Con los valores encontrados es posible seleccionar un Interruptor con las características basándose en las Tablas y Catálogos de los diferentes fabricantes de estos equipos.

NOTA IMPORTANTE:

DEBIDO A QUE EN ESTE PROYECTO NO SE CUENTA CON LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN MEDIA TENSION EN EL PUNTO DE ACOMETIDA, LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSION SE REALIZO A BUS INFINITO DANDO COMO RESULTADO UN VALOR DE 28.53A.

6.8 SISTEMA DE TIERRA

En el diseño y proyecto de las instalaciones destinadas al suministro o la utilización de la energía eléctrica, todas las partes metálicas de los equipos eléctricos no portadoras de corriente eléctrica se deben conectar a Tierra de una manera segura y apropiada.

Esto se debe realizar en todos los campos de la ingeniería eléctrica, desde las bajas corrientes a tierra de los equipos electrónicos de estado sólido, hasta las altas corrientes a tierra de las subestaciones eléctricas de baja, mediana y alta tensión.

Elementos del Sistema de Tierra: un sistema de tierra está formado generalmente por conductores o barras de cobre o aluminio, que interconectan: materiales metálicos (gabinetes, carcasas, estructuras, tanques, placas, pantallas, etc.), equipos (eléctricos, electrónicos, de cómputo, de comunicación, voz, datos, etc.) y circuitos eléctricos, etc., con electrodos o mallas enterradas.

Los objetivos de un sistema de Tierra por sencillo o complejo que sea, es cubrir los siguientes conceptos que se describen en función del orden de importancia:

- a) Proporcionar seguridad a las Personas.
- b) Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente y sobretensión.
- c) Establecer la permanencia de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación o transitorias.
- d) Mejorar la calidad del servicio.
- e) El desarrollo de este estudio está basado en las recomendaciones técnicas establecidas en el estándar No. 80-2000 de la IEEE, pero cumpliendo también con la NOM-001-SEDE-2005.

D A T O S		CLAVE	VALORES	UNIDADES
1	CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO	(Icc)	7.435,57	amperes
	corriente DE CORTO CIRCUITO EN BAJA TENSION		28,53	KA
2	TIEMPO DE DURACION DE LA FALLA	(tf)	0,00833	segundos
3	FACTOR DE PROYECCION DE FALLA	(Cp)	1,00	constante
4	PROFUNDIDAD DE LA RED EN METROS	(h)	0,60	mts
5	ESPESOR DE LA CAPA DE CONCRETO EN mts	(hs)	0,10	mts
6	NUMERO DE ELECTRODOS (VARILLAS DE COPPER WELD)		4	pzas.
7	LONGITUD DE VARILLAS DE COPPER WELD (EN mts)		3	mts
8	RESISTIVIDAD DEL TERRENO	ρ	40,56	ohms-m
9	DIAMETRO DE VARILLAS DE TIERRA (EN mts)	5/8 pug:=	0,0159	mts
10	DIAMETRO DEL CONDUCTOR UTILIZADO	4#	0,0134	mts
11	TEMPERATURA DE FUSION DEL COBRE	(Tm)	1083	°C
12	TEMPERATURA PERMISIBLE PARA LA SOLDADURA DE LATON	(Tm)	450	°C
13	TEMPERATURA PERMISIBLE PARALAS UNIONES C/CONECTORES COBRE	(Tm)	250	°C
14	X/R		20	
14	TEMPERATURA AMBIENTE	(Ts)	30	°C
15	RESISTIVIDAD DE LA SUPERFICIE = CONCRETO	(Ps)	6.000	ohms-m
16	NUMERO DE CONDUCTORES HORIZONTALES	n A	2	conductores
17	NUMERO DE CONDUCTORES VERTICALES	n B	2	conductores
18	LONGITUD DE CONDUCTORES HORIZONTALES	L A	8,00	mts
19	LONGITUD DE CONDUCTORES VERTICALES	L B	12,00	mts
	ESPACIAMIENTO ENTRE CONDUCTORES MAS PROXIMO	D	8	mts

1. Determinación de la corriente máxima de la malla

CALCULO DEL VALOR DE LA CORRIENTE MAXIMA DE LA MALLA

$$IG = Cp Df If$$

Donde:

IG = Corriente máxima de malla en Amperes.

Df = Factor de decremento para un tiempo de duración total de la falla Tf en segundos

Cp = Factor de la proyección que toma en cuenta los incrementos relativos de la corriente de falla a lo largo de la vida útil de la instalación, cuando no existan incrementos en la corriente de falla, Cp=1.00.

If = Corriente simétrica de falla calculada (valor rms) en amperes.

Determinación del factor de decremento (Df) para

$$tf = 0,00833 \text{ seg}$$

$$X/R = 20$$

T_a Constante de tiempo subtransitoria

Para el cálculo de la constante de tiempo subtransitoria se tiene:

$$T_a = \frac{X}{R} \frac{1}{120 * \pi}$$

$$T_a = 0,0531 \text{ segundos}$$

t _f = seg	CICLOS 60 HZ	FACTOR D _f			
		X/R = 10	X/R = 20	X/R = 30	X/R = 40
0,00833	0,5	1,576	1,648	1,675	1,688
0,05	3	1,232	1,378	1,462	1,515
0,1	6	1,125	1,232	1,316	1,378
0,2	12	1,064	1,125	1,181	1,232
0,3	18	1,043	1,085	1,125	1,163
0,4	24	1,033	1,064	1,095	1,125
0,5	30	1,026	1,052	1,077	1,101
0,75	45	1,018	1,035	1,052	1,068
1	60	1,013	1,026	1,039	1,052

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} \left(1 - e^{-\frac{2t_f}{T_a}} \right)}$$

Factor de decremento = **D_f = 1,6482**

El valor de la corriente de corto circuito fue dato prefijado

I_{cc} = I_f = 7.435,57 [A]

SUSTITUCION

CALCULO DE CORRIENTE MAXIMA DE MALLA

$$I_G = C_p * D_f * I_f$$

D_f = 1,6482

C_p = 1,00

I_G = 1.0 × 1.6482 × 7.436

I_G = 12.255 [A]

Calibre del conductor para el sistema de tierras.

ECUACION PARA DETERMINAR EL CALIBRE DEL CONDUCTOR:

$$A_{mm^2} = I_{cc} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \times 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r} \right) \ln \left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a} \right)}}$$

DONDE:

T_m = 1084 Temperatura permisible para las uniones con conectores latón en °C.

T_{Lm} = 250 Temperatura permisible para las uniones con conectores cobre en °C

T_a = 30 Temperatura ambiente en °C

$t_c = 0,00833$ Tiempo de duración del flujo de corriente en segundos
 $IG = 12.255$ Corriente rms en amperes
 A_{mm^2} = Es el área de la sección del conductor requerido (mm^2)
 $a_r = 0,00393$ Coeficiente térmico de la resistividad a la temperatura de referencia T_r . $1/^\circ C$
 $r_r = 1,72$ Resistividad del conductor a la temperatura de referencia T_r en μ ohms-cm
 $T_{CAP} = 3,422$ Factor de capacidad térmica EN $J/cm^3/^\circ C$
 $K_o = 234$ $1/a_0$, ó $(1/r_r) \cdot T_r$
 T_r = Temperatura de referencia para las constantes del material $^\circ C$.
 a_0 = Coeficiente térmico de resistividad a $0^\circ C$.
 $I_{cc} = 29$ Corriente de corto circuito en baja tensión para dimensionar conductor de red de tierras.

Sustituyendo valores:

$$A_{mm^2} = 29 \frac{1}{\sqrt{0.6077 \times LN 1.83333}}$$

$$A_{mm^2} = 29 \frac{1}{\sqrt{0.6069}}$$

A = 19,77 mm² Calculado 4 AWG

SECCION TRANSVERSAL QUE CORRESPONDE A UN CALIBRE: 4 AWG
YA QUE TIENE UNA SECCION DE: 21.15 mm² RESULTADO Y CONCLUSION
PARA EL CALCULO DEL CALIBRE CONDUCTOR DE COBRE SIN EMBARGO,
SE SELECCIONA UN CALIBRE No. 4/0 AWG 107.20 mm² PARA BRINDAR
PROTECCIÓN MECÁNICA.

Resistividad del terreno.

De acuerdo a datos proporcionados de estudio se tiene:

$$\rho = 40,56 \text{ ohms/metro}$$

$$\rho_\sigma = 6.000 \text{ Resistividad del concreto}$$

Cálculo del factor de reducción del valor nominal de la resistividad superficial (Cs)

Factor de reflexión K

$$k = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s}$$

$$= \frac{40.56 - 6.0}{40.56 + 6.0}$$

$$k = 0.9866$$

De acuerdo con este valor para un espesor de concreto de:

$$h_s = 0.10 \text{ m}$$

Obtenemos el valor de Cs de la siguiente forma:

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2h_s + 0.09}$$

$$C_s = 0.69$$

Comprobación de potenciales.

Cálculo del potencial de contacto en la malla

Se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E_{tm} = \frac{K_m * K_i * I_{cc} * \rho}{L_M}$$

Donde:

Km = coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores en paralelo n, la distancia de separación entre los dos conductores paralelos de la malla D, el diámetro d del conductor y la profundidad de enterramiento h de los conductores que forman la red de tierras.

Ki = factor de corrección por irregularidad para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme de partes diversas del sistema.

Icc = 7.436 [A] corriente máxima de malla

ρ = 40.56 ohms/m resistividad del terreno

L = 61.50 m longitud real de la malla

Cálculo del factor geométrico:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 * h * d} + \frac{(D + 2h)^2}{8 * D * d} - \frac{h}{4 * d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} * \ln \left(\frac{8}{\pi(2n - 1)} \right) \right]$$

Donde:

D = 8 m Espaciamiento entre conductores en paralelo más próximos

h = 0.60 m Profundidad de la malla

d = 0.0134 m Diámetro del conductor seleccionado para la malla de tierras de acuerdo a la tabla 10-8 propiedades de los conductores que corresponde al calibre 4/0 de la NOM.

Ki = 1 Para mallas con varillas de tierra a lo largo del perímetro o con varillas en las esquinas de la malla o con varillas a lo largo del perímetro y por toda la malla.

Kh = Factor de determinación de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}}$$

h = 0.60 m profundidad de la malla

ho= 1m profundidad de referencia de la malla
Kh= 1.26

n= número de conductores para mallas rectangulares con conductores igualmente espaciados en ambas direcciones (retícula cuadrada) el valor de n para calcular los factores Km y ki del potencial de contacto (Etm) será la medida geométrica del número de conductores en ambas direcciones.

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d$$

Para mallas rectangulares con electrodos en el perímetro

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p} \quad n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$\eta_c = 1$ para mallas rectangulares

$\eta_d = 1$ para mallas rectangulares

Lc= longitud total de conductores

Lp= longitud perimetral del conductor

A= 96 m² área de la malla

$$L_c = (2 \times 8) + (2 \times 12)$$

$$L_c = 40 \text{ m}$$

$$L_p = 8 + 8 + 12 + 12$$

$$L_p = 40 \text{ m}$$

$$\eta_a = 2$$

$$\eta_b = 1.01$$

$$\eta_c = 1$$

$$\eta_d = 1$$

$$n = 2.02 \text{ conductores}$$

Determinación del valor geométrico sustituyendo valores de la ecuación:

$$K_m = 0.159 \times (\ln(497.512 + 98.694 - 11.194) + 0.791 + \ln(0.837))$$

$$K_m = 0.159 \times (6.372 - 0.140)$$

$$K_m = 0.99$$

Cálculo de factor de corrección por irregularidad Ki

$$K_i = 0.644 + 0.148 * n$$

$$K_i = 0.644 + 0.148 \times 2.02$$

$$K_i = 0.94$$

Cálculo de la longitud real de la malla

$$L_M = L_c + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R$$

$L_c = 40$ m longitud total del conductor

$L_r = 3$ m longitud de cada electrodo

$L_R = 12$ m longitud total de todos los electrodos

Sustituyendo se tiene:

$$L_M = 61.65 \text{ m}$$

$$L = L_c + 1.15 L_r$$

Donde:

L_c = longitud de los conductores

L_r = longitud de las varillas de tierra

$$L = 61.65 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores obtenidos determinamos el potencial de contacto en la malla

$$E_{tm} = \frac{K_m \times K_i \times l_g \times r}{L}$$

$$E_{tm} = \frac{0.99 \times 0.94 \times 12.255 \times 40.56}{61.65}$$

$$E_{tm} = \frac{464,878.91}{61.65}$$

$$E_{tm} = 7,541.18 \text{ volts} \quad \text{potencial de contacto de malla}$$

Cálculo del contacto permisible para el cuerpo humano

La tensión de contacto E_c es la tensión a la cual se puede ver sometido el cuerpo humano por el contacto con alguna carcasa o estructura metálica que normalmente no esta energizada. La tensión de contacto para una persona que pesa 70 Kg es calculada con la siguiente expresión:

$$E_{t-70} = \frac{(1000 + 1.5Cs(hs, K)rS) \times 0.157}{\sqrt{tr}}$$

$$E_{t-70} = \frac{(1000 + 1.5Cs(hs, K)rS) \times 0.157}{\sqrt{tr}}$$

$$E_{t-70} = \frac{(1000 + 1.5 \times 0.69175 \times 6 \times 0.157)}{\sqrt{0.00833}}$$

$E_{t-70} = 12,429.73 \text{ volts}$ cálculo del potencial de contacto permisible para el cuerpo humano.

1ª CONDICION DE SEGURIDAD:	
LA TENSION DE POTENCIAL DE CONTACTO PERMISIBLE PARA EL CUERPO HUMANO DEBE SER MAYOR QUE EL POTENCIAL DE CONTACTO DE LA MALLA.	
$E_{T-70} > E_{Tm}$	
RESISTIVIDAD CON CONCRETO 10000 OHMS-M	CUMPLE O NO CUMPLE
$E_{T-70} =$ 12.429,73 VOLTS	12.429,73 > 7.541,18 SI CUMPLE
$E_{Tm} =$ 7.541,18 VOLTS	

Cálculo de potencial de paso en la malla

Se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E_{sm} = \frac{Ks \times Ki \times Ig \times r}{L}$$

Donde:

K_s = es un coeficiente que considera a que profundidad esta enterrada la red h en m y el número de conductores transversales en la red n .

K_i = factor de corrección por irregularidad para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme de partes diversas del sistema

$I_g = 12.555$ [A] corriente máxima de la malla

$\rho = 40.56$ ohms/m resistividad del terreno

$L = 61.65$ m longitud de la malla real

Cálculo del factor K_s

$$K_s = \frac{1}{P} + \left(\frac{2}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5)n^{n-2} \right)$$

Donde:

$D = 8$ m espaciamiento entre conductores en paralelo

$h = 0.60$ m profundidad de la malla

$d = 0.0134$ m Diámetro del conductor seleccionado para la malla de tierras de acuerdo a la tabla 10-8 propiedades de los conductores que corresponde al calibre 4/0 de la NOM.

n= número de conductores para mallas rectangulares con conductores igualmente espaciados en ambas direcciones. El valor de n para calcular los factores Ks y Ki del potencial de contacto Esm, será el valor máximo de ηa y ηb

De donde:

ηa= 2 conductores

ηb= 1.01 conductores

Por lo tanto n = 2.02 conductores, sustituyendo los valores obtenidos tenemos:

$$K_s = \frac{1}{\pi} + \left(2 \times \frac{1 + 1 + 1}{0.6 + 8 + 0.6 + 8} \times (1 - 0.5) 2.02^{2.020-2} \right)$$

$$K_s = 0.3028$$

Cálculo de factor de corrección por irregularidad Ki

$$K_i = 0.644 + 0.148(n)$$

$$K_i = 0.644 + 0.148 \times 2.02$$

$$K_i = 0.96$$

Sustituyendo los valores obtenidos determinamos el potencial de paso en la malla

$$E_{sm} = \frac{0.3028 \times 0.96 \times 12.255 \times 40.56}{61.64}$$

$$E_{sm} = 2,332.08 \text{ volts potencial de paso en la malla}$$

Cálculo del potencial de paso tolerable para el cuerpo humano

$$E_{t-70} = \frac{(1000 + 6Cs(hs, K)PS) \times 0.157}{\sqrt{ts}}$$

$$E_{t-70} = \frac{(1000 + 6 \times 0.69175 \times 6 \times 0.157)}{\sqrt{0.00833}}$$

$$E_{t-70} = 23,248.86 \text{ volts}$$

2ª CONDICION DE SEGURIDAD:

EL POTENCIAL DE PASO TOLERABLE POR EL CUERPO HUMANO DEBE SER MUCHO MAYOR QUE EL POTENCIAL DE PASO.

$$ET-70 \gg ETm$$

RESISTIVIDAD CON 1000			CUMPLE O NO CUMPLE
Es-70 =	23248,86	VOLTS.	23.248,86 >> 2.332,08
Esm=	2.332,08	VOLTS.	SI CUMPLE

Cálculo de la longitud del conductor de malla

Para determinar la longitud total del conductor necesario para el sistema de tierras y estar dentro de los límites de seguridad permisible, se aplica la siguiente ecuación:

$$L_{\text{malla}} = \frac{K_m \times K_i \times \rho \times I_g \times \sqrt{t}}{157 + 0.174 C_s(h_s, K) \times \rho_s}$$

Para $K_m = 0.99$ y $K_i = 0.94$

Sustituyendo:

$$L_{\text{malla}} = \frac{0.99 \times 0.94 \times 40.56 \times 12.555 \times \sqrt{0.00833}}{157 + (0.174 \times 0.69 \times 6)}$$

$L_{\text{malla}} = 48.26 \text{ m}$

3ª CONDICION DE SEGURIDAD			
LA LONGITUD REAL, DEBE SER MAYOR A LA LONGITUD CALCULADA.			
$L > L_{\text{MALLA}}$			
RESISTIVIDAD CON 10000		CUMPLE O NO CUMPLE	
L=	61,64530408 mts	INSTALADA 61,64530408	CALCULADA 48,26
L _{MALLA} =	48,26 mts	> SI CUMPLE	

Cálculo de la resistencia a tierra de la red

Para el cálculo de la resistencia a tierra de la red se tiene la siguiente ecuación:

$$R_g = \frac{\rho}{4} + \sqrt{\frac{\pi}{A}} + \frac{\rho}{L_t}$$

Donde:

ρ = resistividad del terreno en ohms metro 40.56 ohms metro

A = área que ocupa la red de tierras 96 m²

L_t = longitud total de cobre de la malla 61.65 m

$$R_g = 10.14 \times 0.1809 \times 0.65796$$

$$R_g = 2.492 [\Omega]$$

4ª CONDICION DE SEGURIDAD:			
LA RESISTENCIA A TIERRA DE LA RED DEBE SER MENOR		A 10 OHMS	
EN SUBESTACIONES MAYORES DE 250 KVA Y HASTA 34.5 KV			
R < 10		OHMS	
RESISTIVIDAD DEL TERRENO	40,56	OHMS-M	CUMPLE O NO CUMPLE
=			
R=	2,492	OHMS	
			2,492 < 10,0
			SI CUMPLE

Con estos cálculos se tiene cumplimiento de la NOM para la malla de tierras.

CONCLUSIONES

En este trabajo se trató el tema de lo que es la construcción residencial aplicando las normas mexicanas eléctricas, y algunas otras complementarias.

Se dio un panorama general sobre el proyecto visto del punto eléctrico, en el cual se pretende dar los conocimientos básicos para poder realizar un proyecto eléctrico de una instalación residencial. Y ser una guía básica para aplicarse a otros proyectos de este tipo, poniendo puntual atención a la instalación eléctrica de un departamento o casa habitación.

El hecho de cumplir con los lineamientos de una norma, nos sirve para evitar accidentes por causas de incendios por mala proyección eléctrica y además de cuidar el patrimonio de las personas que habiten el inmueble. Siempre teniendo la coordinación con otras ingenierías, para tener un proyecto ejecutivo integral, que en nuestro caso es una parte de ese proyecto, dando soluciones a la parte eléctrica.

Si seguimos el cumplimiento de la norma, difícilmente tendremos problemas con la instalación ya que la norma es una herramienta básica para cualquier proyectista y constructor, además de una vez teniendo el proyecto completo, se tiene que someter a un peritaje y autorización, para llevar a cabo la ejecución del proyecto eléctrico.

La forma de proyectar instalaciones eléctricas muchas veces se rige por criterios ya establecidos por parte de los desarrolladores, tener el menor costo en los materiales y equipos a costa de la seguridad, este es uno de los principales motivos por los que se omiten lineamientos y disposiciones de Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005.

Los encargados del diseño de una instalación eléctrica deben tomar en cuenta todos los requisitos que exige la Norma, con el fin de proyectar y construir instalaciones eléctricas seguras y eficientes, que no representen un peligro para los usuarios, evitar a toda costa la posibilidad de choques eléctricos e incendios.

El hecho de que una instalación eléctrica de tipo residencial al interior de cada departamento no esté sujeta a una verificación, no implica que no deba cumplir con la Norma, por el contrario se debe asegurar que la instalación cumple tanto en diseño como en obra y difundir entre los desarrolladores, proyectistas e instaladores, la importancia de cumplir con la Norma, hacer notar los beneficios, desde el punto de vista de seguridad para las personas. Sin embargo las aéreas de servicios comunes están sujetas a la inspección y verificación del cumplimiento de la Norma.

El trabajo de tesis presentado, muestra y demuestra las secciones de la Norma aplicables para el diseño de una instalación eléctrica de tipo residencial. A manera de conclusión se debe poner principal atención al momento de diseñar una instalación en la selección de conductores, la protección de conductores, la puesta a tierra, las protecciones de falla a tierra, dimensionamiento de las canalizaciones, entre otras parte de la instalación, para garantizar el cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2005.

BIBLIOGRAFÍA

Norma Oficial Mexicana NOM-001.SEDE.2005 Instalaciones Eléctricas (Utilización) México D.F 8 de noviembre del 2005.

Proyecto de Norma ANCE PROY-NMX-J-136-ANCE-2006 México D.F 18 de diciembre del 2006.

IEEE Std 241-1990, IEEE Recommended Practice for Electric Power System in Commercial Buildings (ANSI).

IEEE Std 242-1986, IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems (ANSI).

Harman, Thomas L Guide to the National Electric Code (NEC), 2008 Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 07632.

National Electrical Code, Handbook , Tenth edition. NPFA. Quincy Massachusetts.

Raúl, Martín, José “Diseño de Subestaciones Eléctricas” 2a Edición 2000, Facultad de Ingeniería UNAM México D.F.

Harper, Enríquez. “Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales”, 2a Edición 2005, Ed. Limusa México.

Calaggero, John., Cauldwell Rex., “Instalaciones Eléctricas”, 1a Edición 2009, Ed. Trillas México.

Serway, Raymond A. “Electricidad y Magnetismo”, 5a Edición 2005 Ed. Thomson México.

Robbins, Allan H. “Análisis de Circuitos Teoría y Práctica” 4a Edición 2007 Ed. Cengage learning México.