

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA A TIERRA EN LA ESCUELA FISCAL MIXTA “HUMBERTO VACAS GOMEZ”

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO ELECTROMECÁNICO

GUACHAMIN PALADINES RICARDO RENÉ
r_g_24@hotmail.com

PORTILLA ÁLVAREZ JONATHAN ANDRÉS
jonand-portilla@hotmail.es

DIRECTOR: ING. CARLOS CHILUISA RIVERA
c_chiluisa_epn@yahoo.com

Quito, Mayo 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Ricardo René Guachamin Paladines y Jonathan Andrés Portilla Álvarez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Ricardo Guachamin

Jonathan Portilla

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Ricardo René Guachamin Paladines y Jonathan Andrés Portilla Álvarez, bajo mi supervisión.

ING. CARLOS CHILUISA RIVERA
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO DE FORMA MUY ESPECIAL A DIOS POR DARME LA VIDA, POR DARME LAS FUERZAS CADA DÍA PARA CUMPLIR MIS METAS Y OBJETIVOS TRAZADOS A LO LARGO DE MI VIDA.

A MIS PADRES, RENE GUACHAMIN Y CLEMENCIA PALADINES POR MOTIVARME CON SUS EXPERIENCIAS Y DARME SU APOYO INCONDICIONAL EN TODO MOMENTO DE MI VIDA.

A LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Y A TODOS LOS PROFESORES POR IMPARTIR SUS ENSEÑANZAS Y CONOCIMIENTOS A LO LARGO DE MI FORMACIÓN PROFESIONAL Y PERSONAL.

AL ING. CARLOS CHILUISA POR LA AMISTAD Y LA ORIENTACIÓN BRINDADA EN EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO.

AL LIC. EFRAÍN TORRES POR PERMITIR LA REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO EN LA PRESTIGIOSA ESCUELA "HUMBERTO VACAS GÓMEZ"

RICARDO

DEDICATORIA

QUIERO DEDICAR EL PRESENTE TRABAJO A MIS PADRES RENE Y CLEMENCIA, QUIENES ME HAN APOYADO EN TODO MI CAMINO DE PREPARACIÓN TANTO PROFESIONAL COMO PERSONAL DÁNDOME SUS SABIOS CONSEJOS.

A MIS HERMANAS POR ALENTARME EN CADA MOMENTO QUE NECESITABA DE UNA MANO AMIGA PARA LEVANTARME Y SEGUIR CUMPLIENDO CON MIS METAS TRAZADAS.

A MIS AMADAS SOBRINAS QUE DIERON ESA CHISPA DE ALEGRÍA EN MI VIDA.

A MI ENAMORADA QUE ME APOYO EN TODOS LOS MOMENTOS DIFÍCILES.

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LOS CUALES ME LLEVÓ LOS MÁS GRATOS RECUERDOS VÍVIDOS DENTRO Y FUERA DE LA UNIVERSIDAD.

RICARDO

AGRADECIMIENTOS

PRINCIPALMENTE A DIOS POR BRINDARME TODA SU AYUDA A LO LARGO DE MI VIDA, Y MÁS AUN EN MI VIDA COMO ESTUDIANTE UNIVERSITARIO, GRACIAS A SU BONDAD Y MISERICORDIA HOY PUEDO ESCRIBIR ESTAS PALABRAS DE AGRADECIMIENTO.

MIS PADRES, QUIENES ME GUÍAN Y APOYAN TODO EL TIEMPO A TRAVÉS DE SUS ORACIONES Y PALABRAS DE SABIDURÍA ME HAN BRINDADO ALIENTO EN OCASIONES DIFÍCILES DE MI VIDA ESTUDIANTIL.

A ROBERTO Y GINNA, QUIENES ABRIERON LA PUERTA DE SU HOGAR AQUÍ EN ESTA CIUDAD PARA QUE YO PUDIERA DESARROLLAR MI CARRERA PROFESIONAL, ADEMÁS ROBERTO SUPO AYUDARME CON SUS SABIOS CONSEJOS Y SU CONOCIMIENTO ACADÉMICO QUE ME SIRVIÓ DE MUCHO EN MI CARRERA ESTUDIANTIL.

AGRADEZCO TAMBIÉN AL INGENIERO CARLOS CHILUISA, POR SUS ENSEÑANZAS EN EL AULA DE CLASES, POR COMPARTIR SUS CONOCIMIENTOS EN EL ÁREA PROFESIONAL, Y POR DIRIGIRNOS DE LA MEJOR MANERA EN EL DESARROLLO DE ESTE PROYECTO.

UN ESPECIAL AGRADECIMIENTO A LOS MINISTERIOS CRISTIANOS IMPACTO ECUADOR QUIENES SON PARTE DE MI VIDA ESPIRITUAL Y QUIENES EN TODO TIEMPO NO HAN DEJADO DE ORAR POR MIS ESTUDIOS Y CADA PROYECTO QUE HE EMPRENDIDO EN MI VIDA.

AGRADEZCO TAMBIÉN A RICARDO, MI COMPAÑERO DE TESIS CON QUIEN HEMOS SACRIFICADO MUCHO PARA QUE ESTE PROYECTO SALGA ADELANTE Y ESTÉ TERMINADO.

“TODO LO PUEDO EN CRISTO QUE ME FORTALECE”

JONATHAN A. PORTILLA A.

DEDICATORIA

COMO NO DEDICAR ESTE PROYECTO A DIOS, SI ÉL ES QUIEN ME HA
SUSTENTADO, A TRAVÉS DEL PRESENTE TRABAJO DOY LA GLORIA A DIOS
PORQUE SI ALGO HE LOGRADO HA SIDO POR SU AMOR Y MISERICORDIA.

DEDICO TAMBIÉN ESTE TRABAJO A TODA MI FAMILIA, EMPEZANDO POR MIS

PADRES,

EFRÉN Y DIANA.

MIS HERMANAS, KARLY Y PRISCY.

ROBER, GINNA Y MIS SOBRINOS MATI, BENJA Y EZEQUIEL.

COMO NO DEDICARLO A LOS MINISTERIOS CRISTIANOS IMPACTO ECUADOR AL
CUAL PERTENEZCO POR GRACIA DE DIOS, Y EN DONDE SUS ORACIONES HAN
RESPALDADO MI VIDA ESPIRITUAL Y ESTUDIANTIL.

CADA UNA DE ESTAS PERSONAS SON MERECEDORAS DE DEDICAR ESTE
PROYECTO PORQUE HAN ESTADO A MI LADO EN TODO MOMENTO.

JONATHAN A. PORTILLA A.

CONTENIDO

CONTENIDO	I
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	VII

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 SISTEMAS ELÉCTRICOS CONVENCIONALES	1
1.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS	2
1.2.1 PARTES DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO.....	2
1.3 TERMINOLOGÍA ELÉCTRICA COMÚN UTILIZADA EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	3
1.4 NOMENCLATURA	27
1.4.1 NOMENCLATURA PARA CABLES.....	27
1.5 ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	28
1.5.1 ABREVIATURAS	28
1.5.2 SÍMBOLOS.....	29

CAPÍTULO II

CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN

2.1 MATERIALES UTILIZADOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ...	30
2.1.1 CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	30
2.1.1.1 Identificación de conductores en corriente alterna	30
2.1.1.2 Consideraciones para el cálculo de conductores eléctricos.....	31
2.1.2 TUBO CONDUIT METÁLICO.....	32
2.1.2.1 Forma de como se debe realizar dobleces en la tubería conduit.....	33
2.1.2.2 Materiales para la instalación de la tubería conduit.....	34

2.1.2.2.1	<i>Acoplamiento y Conectores</i>	34
2.1.2.2.2	<i>Abrazaderas</i>	35
2.1.2.2.3	<i>Cajas octagonales y rectangulares</i>	35
2.1.2.2.4	<i>Tapas</i>	37
2.1.2.2.5	<i>Pernos Autoperforantes</i>	37
3.1.2.3	Cálculo del diámetro de la tubería conduit	37
2.1.3	LUMINARIAS	38
2.1.4	PORTALÁMPARAS DE PORCELANA	39
2.2	DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN	40
2.2.1	EL ALAMBRADO	41
2.2.2	REPRESENTACIÓN DE CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA	42

CAPÍTULO III

CIRCUITOS DE FUERZA

3.1	CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES	45
3.1.1	EMPALMES Y UNIONES	46
3.2	DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA	46
3.3	ANTECEDENTES DE LA INSTALACIÓN EXISTENTES EN AULAS	49
3.4	DIMENSIONAMIENTO DEL NEUTRO	52

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y CALCULO DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA

4.1	CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN	54
4.2	CIRCUITOS DE FUERZA	55
4.3	CUADROS DE CARGA	56

CAPÍTULO V

TABLEROS Y SUBTABLEROS ELÉCTRICOS

5.1 TABLEROS ELÉCTRICOS	57
5.1.1 CENTRO DE CARGA	57
5.1.1.1 Diseño del centro de carga	58
5.1.1.2 Ubicación	58
5.1.1.3 Accesibilidad	59
5.1.2 FORMAS DE DISTRIBUIR CARGA EN EL TABLERO	59
5.2 SUBTABLEROS ELÉCTRICOS	60
5.2.1 SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN	60

CAPÍTULO VI

PROTECCIONES ELÉCTRICAS

6.1 SISTEMAS DE PROTECCIÓN	61
6.1.1 CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN DE CUMPLIR LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN	62
6.1.1.1 Sensibilidad	62
6.1.1.2 Selectividad	62
6.1.1.3 Velocidad	62
6.1.1.4 Simplicidad	63
6.1.1.5 Economía	63
6.1.1.6 Seguridad y Confiabilidad	63
6.2 PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS	63
6.2.1 CORTOCIRCUITO	63
6.2.1.1 Fusibles	64
6.2.1.1.1 Características funcionales	64
6.2.1.1.2 Clasificación de los fusibles	65
6.2.1.2 Interruptores automáticos termomagnéticos	66
6.2.1.2.1 Funcionamiento de los interruptores termomagnéticos	67
6.3 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS	68

CAPÍTULO VII

SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

7.1 GENERALIDADES	70
7.1.1 MALLA DE TIERRA	71
7.1.2 CONSTITUCIÓN DE UNA PUESTA A TIERRA	72
7.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA LA ESCUELA FISCAL MIXTA HUMBERTO VACAS GÓMEZ	73
7.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	74
7.3.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	74
7.3.1.1 Medición de la resistividad del suelo	74
7.3.1.2 Cálculo de la corriente de Cortocircuito	75
7.3.1.3 Cálculo del calibre del conductor electrodo para la puesta a tierra	77
7.3.1.4 Cálculo de resistencia de la malla	79
7.3.1.5 Cálculo de la resistencia por varilla.....	79
7.3.1.6 Resistencia del número total de varillas	80
7.3.1.7 Cálculo de resistencia del conductor enterrado.....	81
7.4 CONCLUSIONES	82
7.5 RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	

ANEXOS

ANEXO A

PRESUPUESTO

ANEXO B

ESTUDIO DE CARGA

ANEXO C

CÁLCULO DE LA TUBERÍA

ANEXO D

CALIBRE DE CONDUCTORES

ANEXO E

RESISTENCIA Y REACTANCIA DE CA PARA CABLES DE 600 VOLTIOS, TRIFÁSICOS, 60Hz, 75°C (167°F). TRES CONDUCTORES SENCILLOS EN CONDUIT

ANEXO F

FORMULARIO PARA CALCULAR LA RESISTENCIA CON DIFERENTE TIPO Y CONFIGURACIÓN DE ELECTRODO (IEEE Std142-1991)

ANEXO G

REFERENCIA PARA EL FACTOR DE MULTIPLICACIÓN F EN RELACIÓN AL NÚMERO DE VARILLAS USADAS EN UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (IEEE Std142-1991)

ANEXO H

UTILIZACIÓN DE LA TABLA 8 DEL CÓDIGO DE LA NEC PARA DETERMINAR EL CALIBRE DEL CONDUCTOR DE TIERRA

ANEXO I

PLANOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA ESCUELA FISCAL "HUMBERTO VACAS GÓMEZ"

RESUMEN

El presente Proyecto tiene como objetivo estudiar la problemática actual en lo referente a las Instalaciones Eléctricas de la Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez y daremos una solución mediante el diseño de nuevas instalaciones seguras.

Cada capítulo desarrollado en este trabajo, se enfoca en primer lugar de mostrar cómo y en que condiciones se encontró cada uno de los elementos que intervienen en una Instalación eléctrica, para luego evaluar la situación y dar paso al diseño adecuado de dichos elementos.

El diseño de las nuevas instalaciones eléctricas, brindarán a estudiantes, maestros y padres de familia la seguridad que debe tener todo Sistema eléctrico a demás dispondrán de los beneficios que implica el uso de la energía eléctrica y más aun siendo una institución Educativa en la cual el servicio eléctrico es indispensable para el desarrollo de las actividades educativas.

Durante el desarrollo del proyecto se elabora el diseño del Nuevo Sistema Eléctrico basado en Normas Nacionales como lo es el Código Eléctrico Ecuatoriano e Internacionales como las Normas NEC, IEEE y referencias a normas de otros países que funcionan bajo parámetros similares que el Ecuador.

En el último capítulo del presente proyecto se diseña un Sistema de Puesta a Tierra que en el Plantel educativo no existe y que es fundamental para la protección de todos los equipos electrónicos que se dispone en una Unidad Educativa, principalmente a los equipos de computación (computadoras, impresoras, etc.). Lo cual evitará que estos equipos sufran daños producto de descargas atmosféricas, o sobrecorrientes.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Escuela Humberto Vacas Gómez tiene las instalaciones eléctricas en condiciones muy deterioradas y además no cuenta con un sistema de puesta a tierra, por lo cual en la localidad de la institución educativa se está produciendo una deficiencia en el desarrollo de las actividades comunes que necesitan de energía eléctrica como es la iluminación en las aulas, en oficinas y en los laboratorios de computación tanto en horarios matutino como nocturno, por otro lado debido a la falta de un sistema de puesta a tierra se están produciendo daños en los equipos de computación.

Si estas circunstancias continúan, los problemas en el equipamiento de los laboratorios de computación y las aulas de clases se agravarán y los riesgos que se corre por fallas eléctricas pueden llegar a producir situaciones lamentables como daños en la infraestructura de la escuela y lo que es más, puede llegar a verse afectada la integridad física de las personas que son parte de esta institución.

Este nuevo diseño eléctrico inicia con un estudio de carga que consiste en evaluar todas las cargas existentes en las instalaciones de la escuela y así obtener una idea clara de que cantidad de potencia máxima se está manejando en la institución, lo que nos ayuda para el proceso de cálculos, dimensionamiento y construcción de los elementos de la instalación eléctrica para dicha escuela, siendo estos elementos tableros, protecciones, cables y tuberías.

Luego del estudio continuamos con la construcción de un tablero eléctrico principal que nos servirá para distribuir la energía eléctrica hacia los subtableros eléctricos que se colocaran en puntos estratégicos distribuidos a lo largo de la escuela, cada subtablero eléctrico nos suministrara energía para los sistemas de iluminación y fuerza en cada sector de la unidad educativa, siendo estos aulas, pasillos, oficinas, centro de cómputo, baños y vivienda del conserje.

El tablero principal recibirá energía eléctrica de un medidor trifásico colocado por la empresa eléctrica, será diseñado para controlar la potencia total de la instalación y cada subtablero controla la potencia de cada sector del plantel educativo.

El diseño eléctrico, está basado en las siguientes normas: Código Nacional Eléctrico Ecuatoriano, NEC. De igual manera en la parte de media tensión y cámaras de transformación, el diseño, se basará en las normas de las Empresa Eléctrica del lugar.

Se diseñara una malla de tierra para servicio y protección del centro de cómputo, para la cual se hará un estudio de la resistividad del suelo y el espacio donde se implementara lo que nos ayudara con los cálculos para dicha malla.

- **RECOMENDACIONES PARA TENER UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA SEGURA.**

Una instalación eléctrica, segura y confiable es aquella que reduce al mínimo la probabilidad de ocurrencia de accidentes que pongan en riesgo la vida y la salud de los usuarios, reduciendo la posibilidad de fallas en los equipos eléctricos y evitando la consiguiente inversión de dinero necesaria para su reparación o reposición.

La confiabilidad de una instalación eléctrica está dada por tres parámetros:

- Un buen diseño.
- El uso de mano de obra calificada y certificada al momento de realizar la instalación.
- El uso de materiales adecuados y de calidad en la instalación.

Con el paso del tiempo, los problemas típicos que se pueden presentar en una instalación eléctrica son:

- El deterioro de los elementos que conforman la instalación.
- El envejecimiento natural de los elementos que la conforman.
- El incremento de la carga eléctrica de nuestra instalación.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES Y TERMINOLOGIA

1.1 SISTEMAS ELÉCTRICOS CONVENCIONALES.

Un sistema eléctrico, propiamente dicho, está constituido por todos aquellos elementos y dispositivos destinados a conducir flujos eléctricos, conectados en circuito cerrado y cuya función es de suplir la demanda de fuerza eléctrica necesaria, para el funcionamiento en forma segura y satisfactoria de aquellos aparatos y equipos que requieren para su operación de una fuente externa de energía. Dicha fuente externa de energía es suplida desde el sistema eléctrico propio de la edificación, el cual a su vez es alimentado desde las redes de distribución de las empresas de servicio dispuestas en el área.

El punto de interconexión se establece generalmente en la ubicación de los dispositivos de protección y medición de acometida. En este punto se colocan los interruptores principales de corte de suministro de energía, aguas debajo de los equipos de medición, dando origen al sistema eléctrico interior.

La ubicación de los interruptores correspondientes a cada uno de estos trabajos se efectúa cumpliendo con la normativa de la empresa de servicios y con los reglamentos del cuerpo de bomberos, en sitios de fácil acceso público y en un nivel de cota positiva respecto al nivel de la calle.

Los servicios normales o generales están constituidos por todas las cargas consideradas no esenciales en el funcionamiento de la edificación. Forman parte de ellas los circuitos de tomacorrientes de uso general, equipo de aire acondicionado, ventilación forzada y otros.

Se consideran cargas esenciales, en el caso de edificaciones escolares, los circuitos de iluminación de pasillos, auditorios, vías de escape y de acceso, salidas de emergencia, y los sistemas de señales y protección contra incendios.

1.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD PARA INSTALACIONES ELECTRICAS

1.2.1 PARTES DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO

Todo circuito eléctrico práctico, sin importar que tan complejo sea, requiere de cuatro partes básicas:

- Una fuente de energía eléctrica que puede forzar el flujo de electrones (corriente eléctrica) a fluir a través del circuito eléctrico.
- Conductores que transportan el flujo de electrones a través de todo el circuito.
- La carga, que es el dispositivo o dispositivos a los cuales se suministra la energía eléctrica.
- Un dispositivo de control que permite conectar o desconectar el circuito.

Un diagrama elemental que muestra estos cuatro componentes básicos de un circuito se muestra a continuación en la Figura 1.1. La fuente de energía puede ser un simple contacto de una instalación eléctrica, una batería, un generador o algún otro dispositivo; de hecho, como se verá, se usan dos tipos de fuentes: de corriente alterna (CA) y de corriente directa (CD).

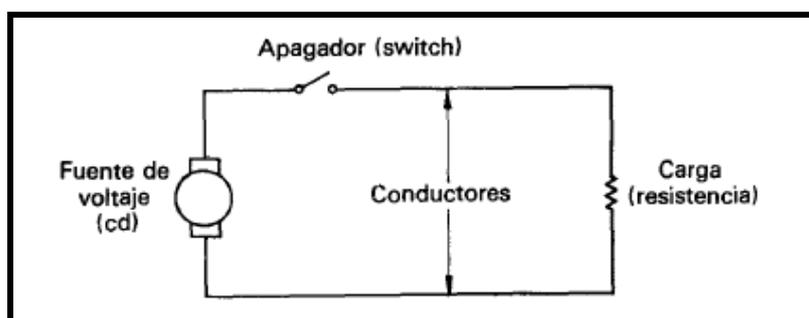


Fig.1.1 Conexión básica de los elementos

Por lo general, los conductores usados en las instalaciones eléctricas son alambres de cobre; se pueden usar también alambres de aluminio.

Cuando el dispositivo de control o switch está en posición de abierto no hay circulación de corriente; la circulación de corriente por los conductores ocurre cuando se cierra el switch.

La carga puede estar representada por una amplia variedad de dispositivos como lámparas (focos), motores, lavadoras, licuadoras, planchas eléctricas, etc.; más adelante se indica que se pueden usar distintos símbolos para representar las cargas.

1.3 TERMINOLOGÍA ELÉCTRICA COMÚN UTILIZADA EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

En el presente capítulo se describe toda la terminología, simbología y nomenclatura que se usa en las instalaciones eléctricas, y en nuestro caso en la instalación eléctrica de la Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez.

A continuación el detalle de la terminología, simbología y nomenclatura utilizada en el diseño e instalación la misma que se encuentra en orden alfabético según catálogos de Schneider Electric:

Acometida: Conductores de acometida que conecta la red del suministrador al cableado del inmueble a servir.

Acometida aérea: Conductores de entrada de acometida, sistema aéreo, que 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.

Acometida subterránea: Conductores de acometida subterránea entre la calle principal, incluyendo conductores verticales a un poste u otra estructura o desde el(los) transformadores y el primer punto de conexión de los conductores de entrada de acometida en una caja terminal o de punto de medición u otra caja dentro o fuera de la pared de la edificación. Donde no exista caja de terminales o medición u otro punto de conexión se considera ser un punto de entrada al interior de la edificación de los conductores de acometida.

Aislamiento de un cable: Conjunto de materiales aislantes que forman parte de un cable y cuya función específica es soportar el voltaje.

Aislamiento principal: Aislamiento de las partes activas, cuyo deterioro podría provocar riesgo de choque eléctrico.

Aislamiento funcional: Aislamiento necesario para garantizar el funcionamiento normal y la protección fundamental contra los choques eléctricos.

Aislamiento reforzado: Aislamiento cuyas características mecánicas y eléctricas hace que pueda considerarse equivalente a un doble aislamiento.

Aislamiento suplementario: Aislamiento independiente, previsto además del aislamiento principal, a efectos de asegurar la protección contra choque eléctrico en caso de deterioro del aislamiento principal.

Aislante: Sustancia o cuerpo cuya conductividad es nula o, en la práctica, muy débil.

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.

Aparatos Electrodomésticos: Equipo de utilización, generalmente no industrial, que usualmente se fabrica en tamaños normalizados y que se instala o conecta como una unidad para realizar una o más funciones, como lavar ropa, acondicionar aire, mezclar alimentos, freír, etcétera.

A prueba de intemperie: Construido o protegido de modo que su exposición o uso a la intemperie no impida su buen funcionamiento.

Nota: Los equipos a prueba de lluvia, hermética a la lluvia o hermética al agua pueden cumplir los requisitos de “a prueba de intemperie” cuando no influyen otras condiciones atmosféricas variables a la humedad, tales como la nieve, hielo, polvo o temperaturas extremas.

A tierra: Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

Automático: Auto-actuante, que opera por su propio mecanismo cuando se le acciona por medio de una influencia impersonal, por ejemplo un cambio de intensidad de corriente eléctrica, presión, temperatura o configuración mecánica.

Borne o barra principal de tierra: Borne o barra prevista para la conexión a los dispositivos de puesta a tierra de los conductores de protección, incluyendo los conductores de equipotencialidad y eventualmente los conductores de puesta a tierra funcional.

Cable: Conjunto constituido por:

- Uno o varios conductores aislados
- Su eventual revestimiento individual
- La eventual protección del conjunto
- El o los eventuales revestimientos de protección que se dispongan.
- Pueden tener, además, uno o varios conductores no aislados.

Cable de acometida: Conductores de acometida en forma de cable.

Cable flexible: Cable diseñado para garantizar una conexión deformable en servicio y en el que la estructura y la elección de los materiales son tales que cumplen las exigencias correspondientes.

Caja para cortacircuitos (baja tensión): Envoltura diseñada para montaje superficial que tiene puertas abatibles, oscilantes o cubiertas superficiales sujetas en forma telescópica a las paredes de las cajas.

Caja de paso: Parte de un sistema de canalización con tubería de cualquier tipo para proveer acceso al interior del sistema de alambrado por medio de una cubierta o tapa removible. Podrá estar instalado al final o entre partes del sistema de canalización.

Nota: Las cajas comúnmente denominadas FS y FD o de dimensiones mayores, de metal fundido o cajas de lámina metálica, no se clasifican como cajas de paso.

Canal: Recinto situado bajo el nivel del suelo o piso y cuyas dimensiones no permiten circular por él y que, en caso de ser cerrado, debe permitir el acceso a los cables en toda su longitud.

Canalización: Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta norma.

Canalización eléctrica: Conjunto constituido por uno o varios conductores eléctricos y los elementos que aseguran su fijación y, en su caso, su protección mecánica.

Capacidad de conducción de corriente: Corriente eléctrica expresada en amperes (A), que un conductor eléctrico puede conducir continuamente, bajo condiciones de uso normal, sin exceder su temperatura nominal.

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.

Nota: Ejemplos de cargas que pueden ser no lineales: equipo electrónico, alumbrado de descarga eléctrica/electrónica, sistemas de velocidad variable, hornos de arco eléctrico y similar.

Circuito: Un circuito es un conjunto de materiales eléctricos (conductores, etc.) de diferentes fases o polaridades, alimentadas por la misma fuente de energía y protegidos contra las sobre intensidades por él o los mismos dispositivos de

protección. No quedan incluidos en esta definición los circuitos que formen parte de los aparatos de utilización o receptores.

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.

Circuito derivado de uso general: Circuito derivado que alimenta a diversas salidas para alumbrado y electrodomésticos.

Circuito derivado individual: Circuito derivado que alimenta a un solo equipo de utilización.

Circuito derivado para aparatos electrodomésticos: Circuito derivado que suministra energía eléctrica a una o más salidas a las que se conectan aparatos electrodomésticos; tales circuitos no deben contener elementos de alumbrado conectados permanentemente que no formen parte del aparato electrodoméstico.

Conducto: Envoltura cerrada destinada a alojar conductores aislados o cables en las instalaciones eléctricas, y que permiten su reemplazamiento por tracción.

Conductor aislado: Conjunto que incluye el conductor, su aislamiento y sus eventuales pantallas.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar el(los) electrodo(s) de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos a la acometida en cada edificio o a la estructura donde esté alimentado desde una acometida común o a la fuente de un sistema derivado separadamente.

Conductor desnudo: Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: Conductor utilizado para conectar las partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al conductor del sistema puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado separadamente.

Conductor puesto a tierra: Conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto a tierra.

Conector o conector: Dispositivo metálico que establece una conexión electromecánica y continúa entre partes de un mismo conductor o entre dos o más conductores o a una terminal.

Conductor neutro: Conductor conectado al punto de una red y capaz de contribuir al transporte de energía eléctrica.

Conector: Conjunto destinado a conectar eléctricamente un cable a un aparato eléctrico. Se compone de dos partes:

- Una toma móvil, que es la parte que forma cuerpo con el conductor de alimentación.
- Una base, que es la parte incorporada o fijada al aparato de utilización.

Conector a presión: (sin soldadura) Dispositivo para establecer una conexión entre dos o más conductores o entre uno o más conductores y una terminal por medio de presión mecánica, sin uso de soldadura.

Conexión equipotencial: Conexión eléctrica que pone al mismo potencial, o a potenciales prácticamente iguales, a las partes conductoras accesibles y elementos conductores.

Controlador: Dispositivo o grupo de dispositivos para gobernar, de un modo predeterminado, la energía eléctrica suministrada al aparato al cual está conectado

Contactor con apertura automática: Contactor electromagnético provisto de relés que producen su apertura en condiciones predeterminadas.

Contacto directo: Contacto de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos.

Contacto indirecto: Contacto de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento.

Corriente de contacto: Corriente que pasa a través de cuerpo humano o de un animal cuando está sometido a una tensión eléctrica.

Corriente admisible permanente (de un conductor): Valor máximo de la corriente que circula permanentemente por un conductor, en condiciones específicas, sin que su temperatura de régimen permanente supere un valor especificado.

Corriente convencional de funcionamiento de un dispositivo de protección: Valor especificado que provoca el funcionamiento del dispositivo de protección antes de transcurrir un intervalo de tiempo determinado de una duración especificada llamado tiempo convencional.

Corriente de cortocircuito franco: Sobre intensidad producida por un fallo de impedancia despreciable, entre dos conductores activos que presentan una diferencia de potencial en condiciones normales de servicio.

Corriente de choque: Corriente de contacto que podría provocar efectos fisiopatológicos.

Corriente Continua (c.c.): se denomina también corriente directa (c.d.) y ambos términos pueden emplearse para la identificación o marcado de equipos, aunque debe tenderse al empleo de c.c., que es el normalizado nacional e internacionalmente.

Corriente de defecto o de falta: Corriente que circula debido a un defecto de aislamiento.

Corriente de defecto a tierra: Corriente que en caso de un solo punto de defecto a tierra, se deriva por el citado punto desde el circuito averiado a tierra o partes conectadas a tierra.

Corriente de fuga de una instalación: Corriente que, en ausencia de fallos, se transmite a la tierra o a elementos conductores del circuito.

Corriente de interrupción: Corriente eléctrica máxima a la tensión nominal que un dispositivo, es capaz de interrumpir bajo condiciones de prueba normalizadas. Los dispositivos diseñados para interrumpir corriente eléctrica a otros niveles distintos de los de falla, pueden tener su valor de interrupción expresado en función de otras unidades, como kW, kVA o corriente eléctrica a rotor bloqueado del motor.

Corriente de puesta a tierra: Corriente total que se deriva a tierra a través de la puesta a tierra.

Nota: La corriente de puesta a tierra es la parte de la corriente de defecto que provoca la elevación de potencial de una instalación de puesta a tierra.

Corriente de sobrecarga de un circuito: Sobre intensidad que se produce en un circuito, en ausencia de un fallo eléctrico.

Corriente diferencial residual de funcionamiento: Valor de la corriente diferencial residual que provoca el funcionamiento de un dispositivo de protección.

Cortacircuito fusible: Aparato cuyo cometido es el de interrumpir el circuito en el que está intercalado, por fusión de uno de sus elementos, cuando la intensidad que recorre el elemento sobrepasa, durante un tiempo determinado, un cierto valor.

Defecto monofásico a tierra: Defecto de aislamiento entre un conductor y tierra.

Desconectador de aislamiento: Dispositivo diseñado para aislar un circuito eléctrico de su fuente de alimentación. No tiene corriente de interrupción y está diseñado para operar sin carga y únicamente después de que el circuito ha sido abierto por algún otro medio.

Desconectador de aislamiento en derivación: Dispositivo operado manualmente usado en conjunto con un desconectador de transferencia para constituir un medio de conexión directa de los conductores de carga a la fuente de alimentación y aislar el desconectador de transferencia.

Desconectador de transferencia: Dispositivo automático o no automático para transferir una o más conexiones de los conductores de carga de una fuente de alimentación a otra.

Desconectador de uso general: Dispositivo diseñado para uso en circuitos de distribución general y derivados con el fin de conectar o desconectar cargas hasta su corriente y tensión eléctricas nominales. Tiene capacidad nominal en amperes y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión eléctrica nominal.

Desconectador de uso general de acción rápida: Dispositivo de uso general construido de manera que pueda instalarse en cajas de dispositivos o sobre tapas de caja o utilizado junto con sistemas de alambrado reconocidos por esta norma.

Dispositivo: Elemento de un sistema eléctrico destinado para conducir, pero no para consumir energía eléctrica.

Doble aislamiento: Aislamiento que comprende, a la vez, un aislamiento principal y un aislamiento suplementario.

Edificio o edificación: Estructura independiente o que está separada de otras estructuras adyacentes por medio de muros divisorios y que cuenta en todas sus aberturas con puertas.

Elementos conductores: Todos aquellos que pueden encontrarse en un edificio, aparato, etc. y que son susceptibles de transferir una tensión, tales como: estructuras metálicas o de hormigón armado utilizadas en la construcción de edificios (p.e. armaduras, paneles, carpintería metálica, etc.) canalizaciones metálicas de agua, gas, calefacción, etc. y los aparatos no eléctricos conectados a ellas, si la unión constituye una conexión eléctrica (p.e. radiadores, cocinas, fregaderos metálicos, etc.), suelos y paredes conductoras.

Elemento conductor ajeno a la instalación eléctrica: Elemento que no forma parte de la instalación eléctrica y que es susceptible de introducir un potencial, generalmente el de tierra.

Encerrado: Rodeado por una carcasa, caja, cerca o paredes para evitar que las personas entren accidentalmente en contacto con partes energizadas.

Energizado(a): Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferencia de potencial.

Envolvente: Elemento que asegura la protección de los materiales contra ciertas influencias externas y la protección, en cualquier dirección, ante contactos directos.

Equipo: Término general que incluye dispositivos, aparatos electrodomésticos, luminarios, aparatos y productos similares utilizados como partes de, o en conexión con una instalación eléctrica.

Equipo de acometida: Equipo necesario para servir de control principal y que usualmente consiste en un interruptor automático o desconectador y fusibles, con sus accesorios, localizado cerca del punto de entrada de los conductores de suministro a un edificio u otra estructura o a un área definida.

Etiquetado: Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para la autoridad competente que se ocupa de la evaluación del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o de su buen funcionamiento bajo requisitos específicos.

Expuesto: (aplicado a métodos de alambrado) Colocado sobre o fijado a la superficie o detrás de paneles diseñados para permitir el acceso (aplicado a los métodos de alambrado).

Expuesta: (aplicado a partes vivas) Que una persona puede inadvertidamente tocarla o acercársele a una distancia menor que la segura. Se aplica a las partes que no están adecuadamente resguardadas, separadas o aisladas.

Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo.

Frente muerto: Sin partes vivas expuestas hacia una persona en el lado de accionamiento del equipo.

Fuente de energía: Aparato generador o sistema suministrador de energía eléctrica.

Fuente de alimentación de energía: Lugar o punto donde una línea, una red, una instalación o un aparato reciben energía eléctrica que tiene que transmitir, repartir o utilizar.

Gabinete: Envolvente diseñada para montaje superficial o empotrado, provista de un marco, montura o bastidor en el que se puede instalar una o varias puertas, en cuyo caso dichas partes deben ser oscilantes.

Hermético a la lluvia: Construido o protegido de manera que no entre agua cuando se le expone a la lluvia batiente en condiciones específicas de prueba.

Hermético al polvo: Construido de modo que el polvo no entre en la envolvente en condiciones específicas de prueba.

Identificado: (aplicado a los equipos) Reconocido como adecuado para un propósito específico, función, uso, entorno, aplicación, por medio de una identificación donde esté así descrito como requisito particular de esta norma (véase Equipo).

Nota: La adecuación de un equipo para un propósito específico, uso, entorno o aplicación específica puede ser determinada por un organismo acreditado para la evaluación de la conformidad del producto. La identificación puede evidenciarse por medio de un listado o marca de conformidad (véase Listado, Marcado).

Impedancia: Cociente de la tensión en los bornes de un circuito por la corriente que fluye por ellos. Esta definición sólo es aplicable a corrientes sinusoidales.

Impedancia del circuito de defecto: Impedancia total ofrecida al paso de una corriente de defecto.

Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Instalación eléctrica de edificios: Conjunto de materiales eléctricos asociados a una aplicación determinada cuyas características están coordinadas.

Instalación de puesta a tierra: Conjunto de conexiones y dispositivos necesarios para poner a tierra, individual o colectivamente, un aparato o una instalación.

Instalaciones provisionales: Son aquellas que tienen, en tiempo, una duración limitada a las circunstancias que las motiven. Pueden ser:

- De reparación. Las necesarias para paliar un incidente de explotación.
- De trabajos. Las realizadas para permitir cambios o transformaciones de las instalaciones, sin interrumpir la explotación.
- Semipermanentes. Las destinadas a modificaciones de duración limitada, en el marco de actividades habituales de los locales en los que se repitan periódicamente (Ferias).
- De obras. Son las destinadas a la ejecución de trabajos de construcción de edificios y similares.

Interruptor automático: Dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito por medios no automáticos y para abrir el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada, sin dañarse a sí mismo, cuando se aplica correctamente dentro de su valor nominal.

Nota: El medio de apertura automática puede ser integral que actúa directamente con el interruptor automático o situado a distancia del mismo.

Ajustable: Indica que el interruptor automático puede regularse para cambiar el valor de disparo dentro de límites definidos.

Ajuste: El valor de corriente eléctrica, de tiempo o de ambos, a los cuales se regula el disparo de un interruptor automático ajustable.

De disparo instantáneo: Término calificador que indica que en la acción de disparo del interruptor automático no se ha introducido intencionalmente algún retardo.

De retardo inverso: Término calificador que indica que en la acción de disparo del interruptor automático se ha introducido intencionalmente un retardo que decrece a medida que la magnitud de la corriente eléctrica aumenta.

No ajustable: Término calificador que indica que el interruptor automático no puede regularse para cambiar el valor de la corriente eléctrica a la cual dispara o el tiempo requerido para su funcionamiento.

Interruptor de circuito por falla a tierra: Dispositivo diseñado para la protección de personas, que funciona para desenergizar un circuito o parte del mismo, dentro de un periodo determinado, cuando una corriente eléctrica a tierra excede un valor predeterminado, menor que el necesario para accionar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito de alimentación.

Línea general de distribución: Canalización eléctrica que enlaza otra canalización, un cuadro de mando y protección o un dispositivo de protección general con el origen de las canalizaciones que alimentan distintos receptores, locales o emplazamientos.

Lugares:

Lugar húmedo: Lugar parcialmente protegido bajo aleros, marquesinas, porches techados abiertos y lugares similares y lugares interiores sujetos a un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros y almacenes refrigerados.

Lugar mojado: Instalación subterránea o dentro de losas o mampostería de concreto, que está en contacto directo con el terreno o un lugar sometido a saturación con agua u otros líquidos, tal como área de lavado de vehículos o un lugar expuesto a la intemperie y no protegido.

Lugar seco: Lugar que normalmente no está húmedo o sujeto a ser mojado. Un local clasificado como seco puede estar temporalmente húmedo o sujeto a ser mojado, como en el caso de un edificio en construcción.

Luminaria: equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica.

Material eléctrico: Cualquier material utilizado en la producción, transformación, transporte, distribución o utilización de la energía eléctrica, como máquinas, transformadores, instrumentos de medida, dispositivos de protección, material para canalizaciones, receptores, etc.

Marcado (aplicado a marca de conformidad): Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para el organismo que se ocupa de la evaluación de la conformidad del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o su buen funcionamiento bajo requisitos específicos.

Medio de desconexión: Dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios por medio de los cuales los conductores de un circuito pueden ser desconectados de su fuente de alimentación.

Nivel de aislamiento: Para un aparato determinado, característica definida por una o más tensiones especificadas de su aislamiento.

Nivel de protección (de un dispositivo de protección contra sobretensiones): Son los valores de cresta de las tensiones más elevadas admisibles en los bornes de un dispositivo de protección cuando está sometido a sobretensiones de formas normalizadas y valores asignados bajo condiciones especificadas.

No automático: Acción que requiere de la intervención de personal para su control. Cuando se aplica a un controlador eléctrico, el control no automático no

implica necesariamente un controlador manual, sino que es necesaria la intervención de una persona (véase Automático).

Oculto: Que resulta inaccesible por la estructura o acabado del edificio. Los conductores en canalizaciones ocultas son considerados ocultos, aunque se hacen accesibles al extraerlos de las canalizaciones. (Véase Accesible) (Aplicado a los métodos de alambrado).

Operable desde fuera: Capaz de ser operado sin que el operario esté expuesto a contacto con partes vivas.

Panel: Placa, entrepaño, tramo, segmento, cuadro o compartimento.

Partes accesibles simultáneamente: Conductores o partes conductoras que pueden ser tocadas simultáneamente por una persona o, en su caso, por animales domésticos o ganado.

Nota: Las partes simultáneamente accesibles pueden ser: partes activas, masas, elementos conductores, conductores de protección, tomas de tierra.

Partes activas: Conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal. Incluyen el conductor neutro o compensador y las partes a ellos conectadas. Excepcionalmente, las masas no se consideran como partes activas cuando estén unidas al neutro con finalidad de protección contra contactos indirectos.

Partes vivas: Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que representan riesgo de choque eléctrico.

Perforación (ruptura eléctrica): Fallo dieléctrico de un aislamiento por defecto de un campo eléctrico elevado o por la degradación físico-química del material aislante.

Persona adiestrada: Persona suficientemente informada o controlada por personas cualificadas que puede evitar los peligros que pueda presentar la electricidad.

Persona calificada: Persona que teniendo conocimientos técnicos o experiencia suficiente puede evitar los peligros que pueda presentar la electricidad.

Poder de cierre: El poder de cierre de un dispositivo se expresa por la intensidad de corriente que este aparato es capaz de establecer, bajo una tensión dada, en las condiciones prescritas de empleo y de funcionamiento.

Poder de corte: El poder de corte de un aparato se expresa por la intensidad de corriente que este dispositivo es capaz de cortar, bajo una tensión de restablecimiento determinada, y en las condiciones prescritas de funcionamiento.

Potencia prevista o instalada: Potencia máxima capaz de suministrar una instalación a los equipos y aparatos conectados a ella, ya sea en el diseño de la instalación o en su ejecución, respectivamente.

Protección de falla a tierra de equipos: Sistema diseñado para dar protección a los equipos contra daños por corrientes de falla entre línea y tierra, que hacen funcionar un medio de desconexión que desconecta los conductores no puestos a tierra del circuito afectado. Esta protección es activada a niveles de corriente eléctrica inferiores a los necesarios para proteger a los conductores contra daños mediante la operación de un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito alimentador.

Protección contra choques eléctricos en servicio normal: Prevención de contactos peligrosos, de persona o animales, con las partes activas.

Protección contra choques eléctricos en caso de defecto: Prevención de contactos peligrosos de personas o de animales con:

- Masas.
- Elementos conductores susceptibles de ser puestos bajo tensión en caso de defecto.

Puente de unión: Conductor confiable, para asegurar la conductividad eléctrica requerida entre partes metálicas que requieren ser conectadas eléctricamente.

Puente de unión, circuito: Conexión entre partes de un conductor en un circuito para mantener la capacidad de conducción de corriente requerida por el circuito.

Puente de unión, equipo: Conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra del equipo.

Puente de unión, principal: Conexión en la acometida entre el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo.

Puesto a tierra: Conectado al terreno natural o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tal.

Puesto a tierra eficazmente: Conectado al terreno natural intencionalmente a través de una conexión o conexiones a tierra que tengan una impedancia suficientemente baja y capacidad de conducción de corriente, que prevengan la formación de tensiones eléctricas peligrosas a las personas o a los equipos conectados.

Punto a potencial cero: Punto del terreno a una distancia tal de la instalación de toma a tierra, que el gradiente de tensión resulta despreciable cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

Punto de acometida: Punto de conexión entre las instalaciones de la empresa suministradora y las del usuario.

Punto mediano: Es el punto de un sistema de corriente continua o de alterna monofásica que, en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la

misma diferencia de potencial con relación a cada uno de los polos o fases del sistema. A veces se conoce también como punto neutro, por semejanza con los sistemas trifásicos. El conductor que tiene su origen en este punto mediano se denomina conductor mediano, neutro o, en corriente continua, compensador.

Punto neutro: Es el punto de un sistema polifásico que, en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial con relación a cada uno de los polos o fases del sistema.

Reactancia: Es un dispositivo que se aplica para agregar a un circuito inductancia con distintos objetos, por ejemplo: arranque de motores, conexión en paralelo de transformadores o regulación de corriente. Reactancia limitadora es la que se usa para limitar la corriente cuando se produzca un cortocircuito.

Receptor: Aparato o máquina eléctrica que utiliza la energía eléctrica para un fin determinado.

Red de distribución: El conjunto de conductores con todos sus accesorios, sus elementos de sujeción, protección, etc., que une una fuente de energía con las instalaciones interiores o receptoras.

Red posada: Red posada sobre fachada o muros es aquella en que los conductores aislados se instalan sin quedar sometidos a esfuerzos mecánicos, a excepción de su propio peso.

Red tensada: Red tensada sobre apoyos es aquella en que los conductores se instalan con una tensión mecánica predeterminada, contemplada en las correspondientes tablas de tendido mediante dispositivos de anclaje y suspensión.

Redes de distribución pública: Son las destinadas al suministro de energía eléctrica en:

Baja Tensión a varios usuarios. En relación con este suministro son de aplicación para cada uno de ellos, los preceptos fijados por los reglamentos vigentes que regulen las actividades de distribución, comercialización y suministro de energía eléctrica.

Las redes de distribución pública pueden ser:

- Pertenecientes a empresas distribuidoras de energía.
- De propiedad particular o colectiva.

Resistencia de puesta a tierra: Relación entre la tensión que alcanza con respecto a un punto a potencial cero una instalación de puesta a tierra y la corriente que la recorre.

Resistencia global o total de tierra: Es la resistencia de tierra medida en un punto, considerando la acción conjunta de la totalidad de las puestas a tierra.

Salida: Punto en un sistema de alambrado en donde se toma corriente eléctrica para alimentar al equipo de utilización.

Salida de fuerza: Conjunto con envolvente que puede incluir receptáculos, interruptores automáticos, porta fusibles, desconectores con fusibles, barras conductoras de conexión común y bases para montaje de wattímetros; diseñado para suministrar y controlar el suministro de energía eléctrica a casas móviles, paraderos para remolques, vehículos de recreo, remolques o embarcaciones; o para servir como medio de distribución de la energía eléctrica necesaria para operar equipo móvil o instalado temporalmente.

Salida para alumbrado: Salida diseñada para la conexión directa de un portalámparas, un luminario o un cordón colgante que termine en un portalámparas.

Servicio.

Servicio continuo: Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo largo indefinido.

Servicio por tiempo corto: Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo corto y específicamente definido.

Servicio intermitente: Funcionamiento por intervalos alternativos de (1) con carga y sin carga; (2) con carga y en reposo, o (3) con carga, sin carga y en reposo.

Servicio periódico: Funcionamiento intermitente en el que las condiciones de carga son regularmente recurrentes.

Servicio variable: Funcionamiento con cargas e intervalos de tiempo, que pueden estar sometidos a variaciones amplias.

Sistema de alambrado de usuarios: Alambrado interior y exterior incluyendo circuitos de fuerza, alumbrado, control y señalización con todos sus herrajes, accesorios y dispositivos de alambrado asociados, ya sean permanentes o temporalmente instalados, que parten desde el punto de acometida de los conductores del suministrador o fuente de un sistema de derivado separadamente hasta las salidas. Dicho alambrado no incluye el alambrado interno de aparatos electrodomésticos, luminarios, motores, controladores, centros de control de motores y equipos similares.

Sistema derivado separadamente: Sistema de alambrado de una propiedad, cuya energía procede de una batería, sistema fotoeléctrico solar o de un generador, transformador o devanados de un convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa incluyendo al conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, con los conductores de suministro que provengan de otro sistema.

Sobrecarga: Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal, cuando tal funcionamiento, al persistir por suficiente tiempo puede causar daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla, tal como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga (véase Sobrecorriente).

Sobrecorriente: Cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal de los equipos o de la capacidad de conducción de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga (véase definición de “sobrecarga”), un cortocircuito o una falla a tierra.

Nota: Una corriente eléctrica en exceso de la nominal puede ser absorbida por determinados equipos y conductores si se presenta un conjunto de condiciones. Por eso, las reglas para protección contra sobrecorriente son específicas para cada situación en particular.

Sobreintensidad: Toda corriente superior a un valor asignado. En los conductores, el valor asignado es la corriente admisible.

Tablero de alumbrado y control: 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 y otros dispositivos de protección, y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para instalarlo dentro de un gabinete o caja de cortacircuitos ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente (véase Tablero de distribución).

Tablero de distribución: Panel grande sencillo, estructura o conjunto de paneles donde se montan, ya sea por el frente, por la parte posterior o en ambos lados, desconectores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los tableros de distribución de fuerza son accesibles generalmente por la parte frontal y la posterior, y no están previstos para ser instalados dentro de gabinetes.

Temperatura ambiente: Temperatura del aire u otro medio donde el material vaya a ser utilizado.

Tensión eléctrica a tierra: En los circuitos puestos a tierra, es la tensión eléctrica entre un conductor dado y aquel punto o el conductor del circuito que es puesto a tierra. En circuitos no puestos a tierra es la mayor diferencia de potencial entre un conductor determinado y otro conductor de referencia del circuito.

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 nominal (o asignada): Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión compuesta.

Tensión nominal de una instalación: Tensión por la que se designa una instalación o una parte de la misma.

Tensión nominal de un aparato: Tensión prevista de alimentación del aparato y por la que se designa. Gama nominal de tensiones: intervalo entre los límites de tensión previstas para alimentar el aparato.

En caso de alimentación trifásica, la tensión nominal se refiere a la tensión entre fases.

Tensión asignada de un cable: Es la tensión máxima del sistema al que un cable puede estar conectado.

Tensión con relación o respecto a tierra: Se entiende como tensión con relación a tierra:

- En instalaciones trifásicas con neutro aislado o no unido directamente a tierra, a la tensión nominal de la instalación.
- En instalaciones trifásicas con neutro unido directamente a tierra, a la tensión simple de la instalación.
- En instalaciones monofásicas o de corriente continua, sin punto de puesta a tierra, a la tensión nominal.
- En instalaciones monofásicas o de corriente continua, con punto mediano puesto a tierra, a la mitad de la tensión nominal.

Nota: Se entiende por neutro unido directamente a tierra, la unión a la instalación de toma de tierra, sin interposición de una impedancia limitadora.

Tensión de puesta a tierra (tensión a tierra): Tensión entre una instalación de puesta a tierra y un punto a potencial cero, cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

Tierra: Masa conductora de la tierra en la que el potencial eléctrico en cada punto se toma, convencionalmente, igual a cero.

Toma de tierra: Electrodo, o conjunto de electrodos, en contacto con el suelo y que asegura la conexión eléctrica con el mismo.

Tubo (conduit): Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

Unión: Conexión permanente de partes metálicas, que no lleva corriente normalmente, que forma una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica a la que puedan estar sometidas.

Ventilado: Provisto de medios que permiten una circulación de aire suficiente para remover un exceso de calor, humos o vapores.

1.4 NOMENCLATURA

1.4.1 NOMENCLATURA PARA CABLES:

THHN: Thermoplastic Insulation, 90°C (High Heat-resistant) dry, Nylon jacket. Cable Altamente resistente al calor (90°C) en seco, aislación termoplástica, chaqueta de Nylon. En instalaciones en edificaciones, industrias y ambientes abrasivos.

THWN: Thermoplastic Insulation, 75°C (Heat-resistant) Wet, Nylon jacket. Cable resistente al calor (75°C) en humedad, aislación termoplástica, Chaqueta de Nylon.

En instalaciones en edificaciones, industrias y ambientes abrasivos.

THW: Thermoplastic Insulation, 75°C (Heat-resistant) Wet. Cable resistente al calor (75°C) en humedad, aislación termoplástica. En instalaciones en edificaciones.

THHW: Thermoplastic Insulation, 90°C (High Heat-resistant) dry and 75°C Wet. Cable altamente resistente al calor (90°C) en seco y 75°C en humedad, aislación termoplástica.

En instalaciones en edificaciones, donde la temperatura de operación no sobrepase los 90°C en seco.

THW-2: Same as THW except that the wire is rated 90°C wet or dry Igual que el THW con la excepción que es para 90°C en seco y húmedo.

En instalaciones en edificaciones, donde la temperatura de operación no sobrepase los 90°C en seco/húmedo.

TTU: Thermoplastic Insulation, Thermoplastic jacket. Underground use. Cable de uso Subterráneo, aislación y chaqueta termoplástica. En instalaciones en industrias, redes subterráneas.

TW: Thermoplastic Insulation, Wet (Moisture resistant). Cable de aislación termoplástica resistente a la humedad. En instalaciones en edificaciones.

UF: Underground use. Fixture wire, standard stranding. Cable de uso subterráneo para instalación fija. En instalaciones superpuestas.

XT: Parallel cord for decorative lighting strings, Thermoplastic Insulated. Cable paralelo para iluminación decorativa, aislación termoplástica. En aparatos de iluminación como lámparas o similares.

1.5 ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.

1.5.1 ABREVIATURAS

En el contenido de este proyecto de referencia se mencionan diversas siglas, y vocablos técnicos, de normas internacionales en las que nos basamos para el diseño del Sistema Eléctrico y Puesta a Tierra que se describen a continuación.

AEIC Association of Edison Illuminating Companies (Asociación de compañías de iluminación Edison).

ANCE Asociación de Normalización y Certificación, A. C.

ANSI American National Standards institute (Instituto Americano de Normas Nacional).

ASTM American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Prueba de

Materiales).

AWG American Wire Gauge (Medida Americana para Conductores).

CFE Comisión federal de electricidad.

CSA Canadian Standards Association. (Asociación Canadiense de Normas).

IEC International Electrotechnical Commission (Comisión electrotécnica internacional).

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de ingenieros en electricidad y electrónica)

ISA Instruments Standards Association (Asociación de normas de Instrumentos).

NEC National Electric Code (Código nacional eléctrico).

NEMA National Electrical Manufacturers Association (Asociación nacional de fabricantes eléctricos).

NESC National Electrical Safety Code (Código nacional eléctrico de seguridad).

NPT Nivel de Piso Terminado.

NRF Norma de referencia.

PC Personal Computer (Computadora personal).

TP Transformador de potencia.

USG Calibre Americano de Lámina.

1.5.2 SÍMBOLOS.

Los símbolos de unidades de medida que se utilicen deben cumplir con la NOM-008-SCFI de acuerdo a lo siguiente.

AC corriente alterna.

DC corriente continua.

cm centímetro.

Hz Hertz.

KV Kilovolts.

KVA Kilovoltamperio.

KW Kilowatt.

CAPÍTULO II

CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN

2.1 MATERIALES UTILIZADOS EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

2.1.1 CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Un conductor eléctrico es aquel que tiene poca resistividad para el paso de la corriente y facilita del movimiento de portadores de carga, es decir la conductividad de un conductor eléctrico es millones de veces superior al de un buen aislante.

Resistencia eléctrica¹ es la propiedad de un objeto o sustancia que hace que se oponga a la paso de una corriente eléctrica. La resistencia de un circuito eléctrico determina, según la ley de Ohm, cuánta corriente fluye en el circuito cuando se le aplica un voltaje determinado. La unidad de resistencia es el ohmio, que es la resistencia de un conductor si es recorrido por una corriente de un amperio cuando se le aplica una tensión de 1 voltio. La abreviatura habitual para la resistencia eléctrica es R, y su unidad en el SI es el ohmio (Ω).

La Resistividad es una característica intrínseca de los materiales debido a una estructura atómica y molecular. Los materiales que tienen alta resistividad son materiales aislantes y los materiales que tienen baja resistividad son materiales conductores. Su símbolo es (ρ) y su unidad en el SI es el ($\Omega.m$).

En nuestro país se utiliza el sistema de calibración de conductores según la American Wire Gage (AWG) este sistema viene en unidades de pulgadas cuadradas pero para coincidir con las normas internacionales trabajamos con milímetros cuadrados.

2.1.1.1 Identificación de conductores en corriente alterna.

Los conductores en corriente alterna se denominan: Fase, Neutro y Tierra.

¹ <http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/instalacelectricas/12.htm>

El conductor fase es considerado como el conductor activo. El conductor de tierra es denominado como conductor de protección y el conductor neutro es una referencia a 0 para que exista diferencia de potencial entre la fase y dicho conductor.

Debido a la complejidad en la distribución de conductores en los circuitos de corriente alterna se debe emplear una adecuada identificación para no tener errores en el conexionado, para realizar reparaciones rápidas y cuando se necesite hacer una ampliación en las instalaciones eléctricas.

Para identificar los conductores se utilizarán los siguientes colores en los conductores eléctricos.

- ✓ Fase: Negro, Gris, Marrón.
- ✓ Neutro: Blanco.
- ✓ Tierra: Verde
- ✓ Para el caso de los circuitos de iluminación se representará al Retorno con color Rojo. Como se indica en la Figura 2.1.



Fig. 2.1 Código de colores en los conductores

2.1.1.2 Consideraciones para el cálculo de conductores eléctricos.

Los factores a considerarse para el cálculo de conductores eléctricos son los siguientes:

- ✓ El voltaje máximo que se aplicará.
- ✓ La corriente eléctrica que pasará por el conductor.
- ✓ El máximo valor de caída de voltaje.

El cálculo del conductor se deberá realizar en función de la caída de voltaje y de la corriente, para elegir el calibre del conductor nos guiaremos en tablas que estarán en el Anexo C.

2.1.2 TUBO CONDUIT METÁLICO

El tubo conduit es una canalización esférica, que tiene accesorios integrados aprobados para la instalación de conductores, dan una excelente protección para los conductores.

Debido a la edificación de la escuela se utilizará tubería conduit está tubería nos facilitara la instalación y permitirá soportar condiciones atmosféricas extremas.

Los tipos de tuberías más utilizados son:

- De pared gruesa (tipo rígido).
- De pared delgada.

El tubo conduit tipo rígido puede quedar embebido en concreto para las construcciones civiles, se utiliza para longitudes de 3.05m. Se construyen de ½ pulgada hasta 6 pulgadas de diámetro cuyo interior debe ser liso para no causar daño a los conductores como se muestra en la Figura 2.2.

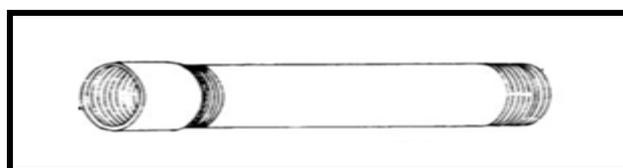


Fig. 2.2 Tubo conduit metálico rígido de pared gruesa

El tubo conduit de pared delgada viene fabricado hasta 4 pulgadas de diámetro no tiene roscas a sus extremos usan conectores de tipo atornillado este tipo de tubería es la más adecuada para la instalación eléctrica en la Escuela debido a que su costo es mucho menor a el resto de tuberías conduit metálicas y su aplicación es la adecuada. Figura 2.3.

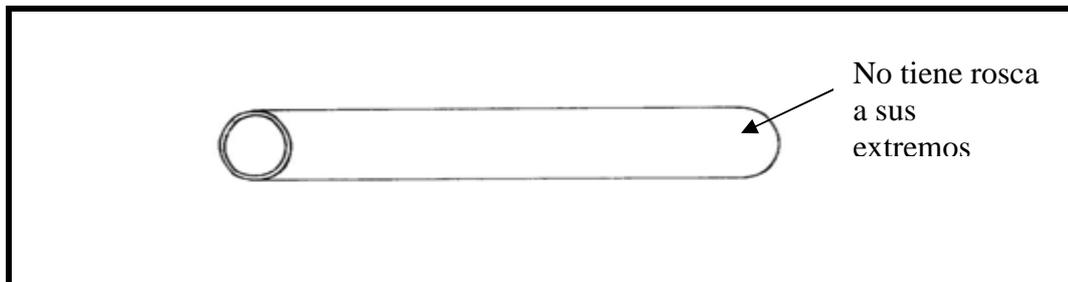


Fig. 2.3 Tubo conduit metálico de pared delgada

2.1.2.1 Forma de cómo se debe realizar dobleces en la tubería conduit

Para los cambios de dirección en las tuberías conduit se los puede realizar de dos formas: mediante el uso de condulets o mediante el empleo de una dobladora. En nuestro caso se realizara mediante el uso de la dobladora ya que el uso de condulets es más recomendado para el sector industrial. Como se puede ver en la Figura 2.4 y 2.5 respectivamente.

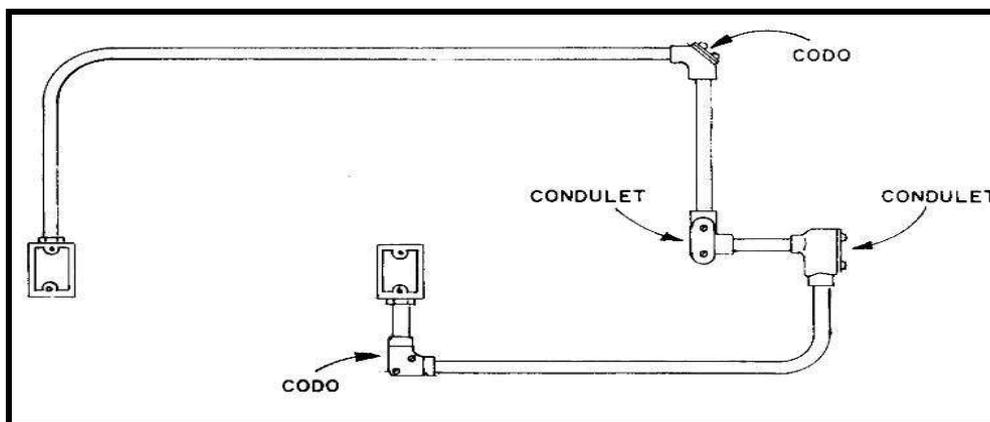


Fig. 2.4 Con condulets

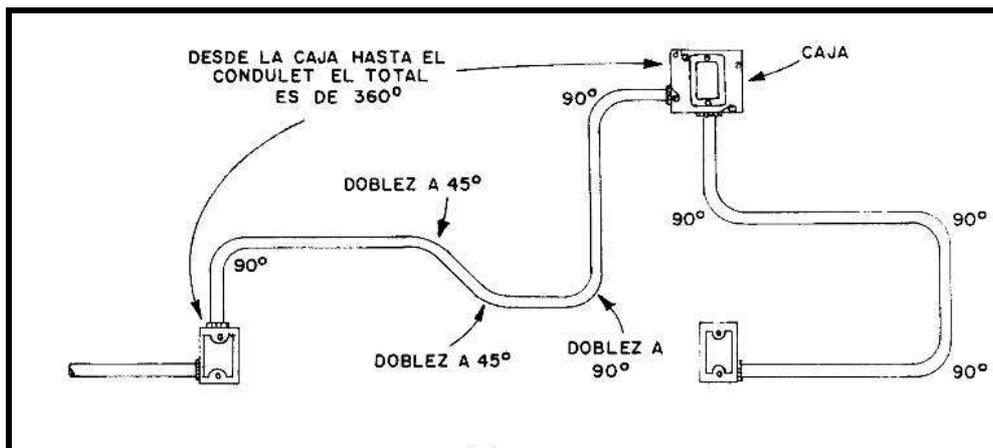


Fig.2.5 Por medio del doblado del tubo conduit

2.1.2.2 Materiales para la instalación de la tubería conduit

Los materiales que se utilizarán en la instalación de la tubería son elegidos después de haberse realizado una visita técnica y observar la construcción civil de las aulas, los materiales son:

Acoplamientos y Conectores, Abrazaderas, Cajas Octagonales y Rectangulares, Pernos Autoroscantes.

2.1.2.1.1 Acoplamientos y Conectores

Existen diferentes tipos de acoples y conectores para la tubería conduit metálica de pared delgada. Las uniones permiten unir tubos o retazos de los mismos para alcanzar la longitud deseada. Los conectores son utilizados para conectar la tubería a una caja eléctrica ya sea octogonal, rectangular o un tablero eléctrico. Los diferentes acoplamientos y conectores se muestran en la Figura 2.6.

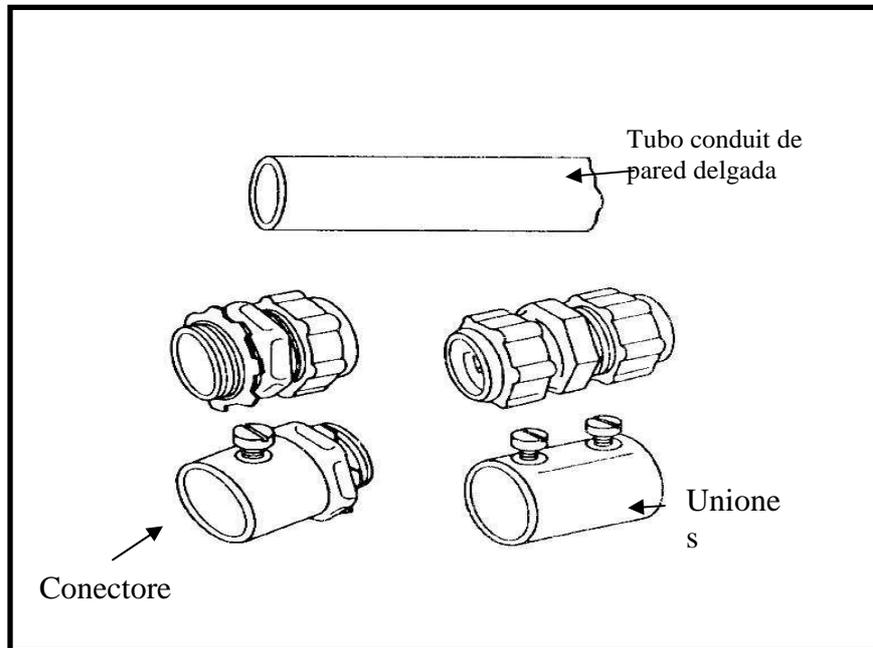


Fig. 2.6 Tubo conduit de pared delgada con conectores y uniones

2.1.2.1.2 *Abrazaderas*

Las abrazaderas sirven para la sujeción de la tubería se emplean en instalaciones residenciales y comerciales, se utilizara para nuestro proyecto la abrazadera tipo uña de un agujero metálica. Figura 2.7



Fig. 2.7 Abrazaderas para tubo conduit

2.1.2.1.3 *Cajas octagonales y rectangulares*

La caja eléctrica es la terminación que nos permitirá acomodar los cables, realizar empalmes para la salida de lámparas y luminarias en general, también sirven para acomodar la llegada de los distintos tubos conduit. Se fabrican de diferentes dimensiones dependiendo la necesidad y pueden ser metálicas o no metálicas, básicamente la selección de una caja se debe hacer por:

- El número de conductores que entran.
- El tipo y número de dispositivos que se conectan.
- El método de alambrado usado.

Las cajas octagonales y rectangulares se usan para salidas de instalaciones eléctricas ya sea para interruptores, tomacorrientes (rectangulares) o boquillas, lámparas (octagonales). Figura 2.8.



Fig. 2.8 Caja octagonal y rectangular

²Todos los conductores que se alojen en una caja, incluyendo los aislamientos, empalmes y vueltas que se hagan en su interior, no deben ocupar más del 60 por ciento del espacio interior de la caja o del espacio libre que den los dispositivos o accesorios que se instalen en ella.

La colocación en paredes o techos de madera u otro material combustible, las cajas y accesorios deben quedar al ras de la superficie acabada o sobresalir de ella. En paredes o techos de concreto, ladrillos u otro material incombustible, las cajas y accesorios pueden quedar embutidos a una distancia pequeña con respecto a la superficie de la pared o techo terminado.

Las cajas deben fijarse rígidamente sobre la superficie en la cual se instalen o estar empotradas en concreto, mampostería u otro material de construcción rígida y segura.

Las cajas de salida utilizadas en instalaciones ocultas deben tener una profundidad interior de por los menos 35 milímetros, excepto en los casos en que esto resulte perjudicial para la resistencia del edificio o que la instalación de dichas cajas sea impracticable, en cuyos casos pueden utilizarse cajas de profundidad menor, pero, en todo caso, no menor de 13 milímetros de profundidad interior.

² Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas, Enríquez Harper, 1993

2.1.2.1.4 Tapas

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

Se pueden utilizar tapas de porcelana u otro material aislante siempre que sean de forma y espesor tales que ofrezcan protección y solidez requeridas.

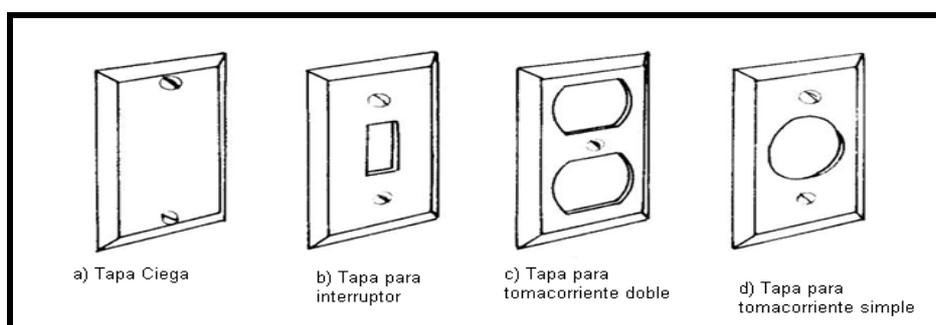


Fig. 2.9 Diferentes tipos de tapas

2.1.2.1.5 Pernos Autoperforantes

Con el uso de estos pernos se puede hacer más eficiente la instalación en el caso de la escuela, debido a que solo con el uso del taladro se puede empotrar la tubería en la estructura metálica.



Fig. 2.10 Pernos autoperforantes

2.1.2.2 Cálculo del diámetro de la tubería conduit.

Para el cálculo del diámetro de la tubería conduit se utilizara una tabla la cual consta del diámetro de la tubería, número de conductores que pueden atravesarla. Esto nos servirá para elegir adecuadamente la tubería para la

instalación eléctrica a la Escuela, se adquirirá tubería conduit metálica de ½ pulgada de diámetro para los circuitos de iluminación ya que el calibre de cable que atravesara dicha tubería será el numero 14 AWG. Esta tabla está en el Anexo C.

2.1.3 LUMINARIAS

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica, como son las lámparas. Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que deben cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética. En la Figura 2.11 se puede observar diferentes tipos de luminarias tanto para sectores exteriores o para sectores interiores.³

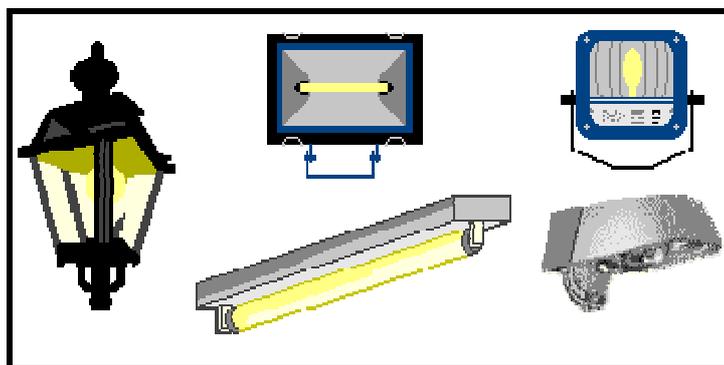


Fig. 2.11 Diferentes tipos de luminarias

³<http://www.monografias.com/trabajos73/dispositivos-electricos/dispositivos-electricos2.shtml>

2.1.4 PORTALAMPARAS DE PORCELANA

Se utilizan para roscar los focos y sujetarlos en las paredes o en los techos de las viviendas estas permiten también el paso de la corriente del interruptor hacia el foco vienen de distintos diámetros dependiendo la necesidad y el acabado final que se desee para el interior de las habitaciones o para el exterior de las viviendas.

- **Redondo para pared**

Cuerpo: Cerámica Esmaltada.

Casquillo de Latón Base Medium E-26

Herrajes y Tornillería: Aleación de Cobre.

Rango: 127V ~ 660W,



- **Portalámparas Redondas para Pared de 3" y 4".**

Cuerpo de cerámica esmaltada, Casquillo de Latón Base Medium E-26,

Herrajes y Tornillería de Aleación de Cobre, 127V / 660W,

133 Diámetro: 92.5mm (3/64"),

134 Diámetro: 102mm (4.00"),



Para la escuela se adquirirá portalámparas de cerámica redondas para pared de 4 pulgadas de diámetro.

2.2 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN

El estudio de la carga y potencia instalada es una fuente de información de gran utilidad para empresas consumidoras de energía eléctrica en lo que a seguridad, rendimiento y beneficios se refiere. Gracias al estudio de la carga instalada (Anexo B) se puede determinar si el sistema de distribución eléctrica de una planta puede admitir nuevas cargas, verificar la capacidad del sistema eléctrico y del cableado, distribuir correctamente la carga entre las tres fases, realizar un seguimiento del factor de potencia y calcular el consumo de energía antes y después de las mejoras para justificar de esta forma las medidas adoptadas para el ahorro de energía.

Luego de haber hecho una visita técnica que consistió en la realización de un estudio de carga este consiste, en hacer un análisis de la máxima carga que tiene el plantel, aunque las mismas no estén funcionando a su plenitud, con este estudio se procederá a realizar los nuevos diseños para el centro de carga, circuitos de iluminación, circuitos de fuerza, alimentadores, protecciones eléctricas y el sistema de malla de tierra. El cual se podrá observar en el Anexo B luego se pudo constatar las instalaciones eléctricas de la Escuela en donde se vio muchos errores tanto en su diseño como en su instalación física de la misma. Por lo que se pudo comprobar lo siguiente:

Se ha comprobado la necesidad de aumentar luminarias para las aulas de la Escuela, ya que dichas aulas constan con luminarias quemadas y no tienen la suficiente cantidad de luminex para tener un lugar iluminado adecuadamente. Además los conductores tienen muchos empalmes que hacen que las condiciones de trabajo del cableado se vean afectadas ya que en estos puntos de unión que se denominan puntos calientes técnicamente hablando, hay pérdidas en la capacidad de conducción y por ende pérdidas o caídas de voltaje que hace que se tenga altos consumos de energía eléctrica esto se puede apreciar en la Figura 2.12.



Fig. 2.12. Estado actual de los circuitos de iluminación

2.2.1 EL ALAMBRADO

El alambrado o la introducción de los conductores por la tubería se realizaran mediante el uso de cable guía como se muestra en la Figura 2.13.

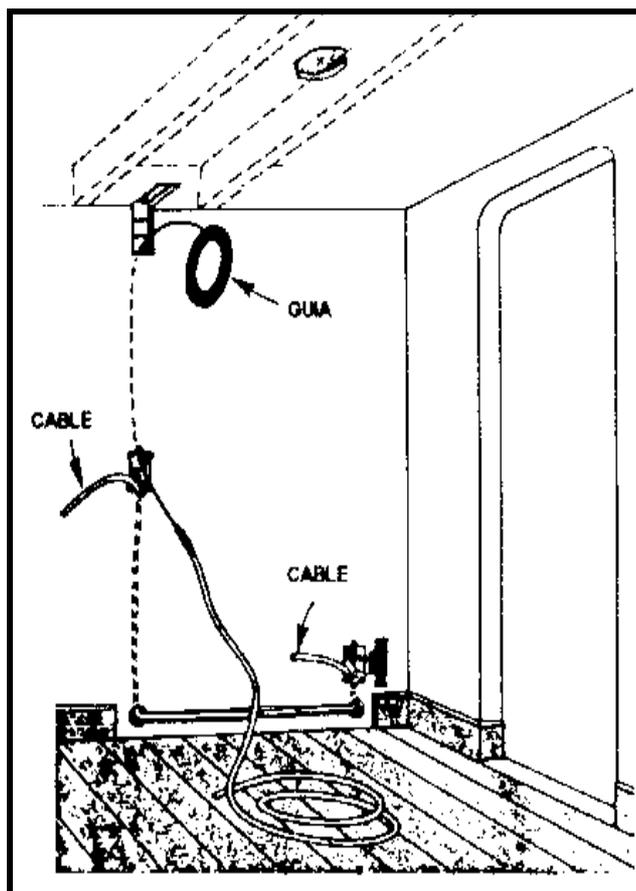


Fig. 2.13 El alambrado

Primero se pasa el cable guía este puede ser de alambre galvanizado para que se pueda maniobrar dentro de la tubería de mejor manera y pueda atravesar sin

ninguna complicación, una vez introducido el cable guía se realiza una unión con los conductores y se procede a enviar y a jalar el cable guía hasta que salga por la caja octagonal de la lámpara luego se realiza el corte de la unión del alambre con los conductores y ya está listo para colocar la luminaria y el interruptor como se muestra en la Figura 2.14.



Fig. 2.14 Alambrado etapa final

2.2.2 REPRESENTACIÓN DE CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA⁴

A la hora de representar circuitos eléctricos en corriente alterna tenemos varias posibilidades, aunque la más utilizada por simplificar el dibujado de planos de instalación es mediante esquemas unifilares (se representa un solo conductor).

En este tipo de esquemas se representa el conexionado entre los diferentes elementos de un circuito mediante una línea en la que se representa (mediante número o barras cruzadas) el número de conductores y el diámetro del tubo.

⁴ www.fermoya.com

Otro tipo de esquemas que se pueden realizar son los multifilares, en los cuales se representan mediante líneas todos los conductores que intervienen en un determinado circuito. Son esquemas auxiliares de una parte de la instalación para aclarar su conexionado real.

También se emplean los llamados esquemas topográficos en los que se realiza una representación en perspectiva de la instalación. Generalmente se realizan esquemas topográficos separados de cada estancia de la vivienda para poder ubicar correctamente las cajas de derivación y registro.

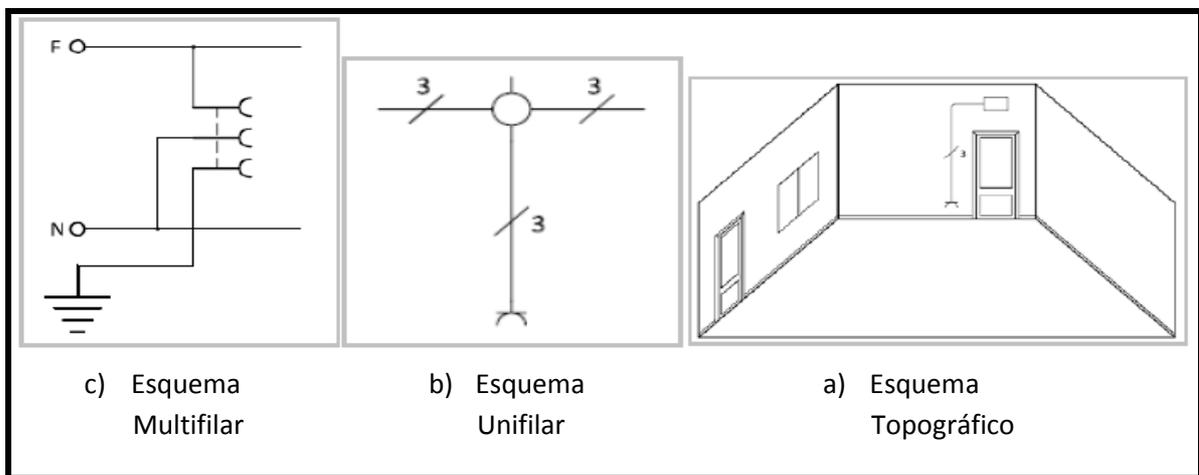


Fig. 2.15. Representación de circuitos

Para complementar la correcta representación de la instalación eléctrica se emplean los planos de planta, donde se pueden ubicar correctamente todos los elementos de la instalación.

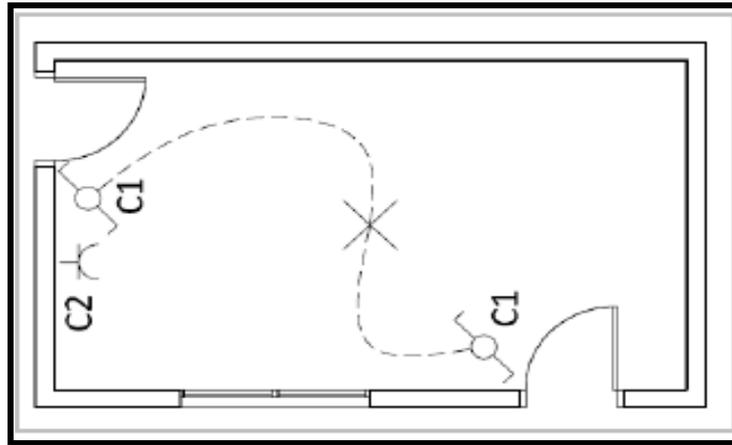


Fig. 2.16. Plano de planta

Para la representación de los nuevos circuitos de la escuela se utilizaron los planos de planta y los esquemas unifilares, estos están en el Anexo H.

CAPÍTULO III

CIRCUITOS DE FUERZA

3.1 CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES

Los temas que se tratan al estudiar y diseñar circuitos de fuerza o de tomacorrientes son similares a los temas tratados en el capítulo anterior, estos son los referentes a los ductos por los cuales pasan los cables, código de colores en cables, y los temas referentes a la instalación o montaje propiamente dicha.

De acuerdo a las normas, por cada circuito anular se puede instalar 8 tomacorrientes como máximo, un circuito anular es el que está formado por todos los tomacorrientes que dependen de un par de conductores eléctricos de alimentación y un conductor de protección.

Sobre los dispositivos a usar en los circuitos de tomacorrientes existen normas de seguridad que les permiten un funcionamiento adecuado. Es muy importante conocer la máxima capacidad de corriente de un tomacorriente de modo de no sobrecargarlo con múltiples empalmes y conexiones. Tampoco debe permitirse utilizar el tomacorriente sin enchufes, es decir, insertando directamente el conductor al tomacorriente, ya que esto causa peligros constantes en la conexión y probabilidades de cortocircuito.

En el momento de realizar el estudio detallado de los circuitos. A partir de la intensidad de empleo de las cargas, de las corrientes de cortocircuito y del tipo de dispositivo de protección, podemos determinar la sección de la tubería o ducto por el cual pasará el cableado teniendo en cuenta la influencia de su propia naturaleza y de su entorno inmediato.

En esta posición podemos definir la corriente de cortocircuito en cada punto y verificar la capacidad térmica y electrodinámica de las conducciones.

Estas verificaciones pueden determinar modificaciones a los valores de las secciones de las conducciones definidas anteriormente.

3.1.1 EMPALMES Y UNIONES⁵

En toda conexión y unión que se realice en una instalación eléctrica se debe asegurar la calidad de la misma. Los empalmes y uniones deben realizarse garantizando una unión perfecta entre los cables. Para lograr esto, es importante tener en cuenta la calidad de los elementos usados en esta operación, incluyendo las cintas aislantes usadas sobre la unión.

Las conexiones y empalmes deben usarse para la conexión de los cables con los equipos de protección del Tablero General y para las derivaciones de los conductores en la conexión, tanto a los tomacorrientes como a las luminarias. En cambio, no deben usarse conexiones y empalmes con el fin de unir tramos de cables de longitudes pequeñas, porque de esta manera se introducen posibles puntos de falso contacto entre conductores, que ocasionan sobre calentamiento, deterioro del aislamiento y posibles cortos circuitos. Figura 3.1.



Fig. 3.1 Empalme en una caja octagonal

3.2 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA

Después de dar una pequeña introducción informativa arriba descrita, procedemos a mostrar los pasos a seguir en el diseño de los circuitos de fuerza o circuito de tomacorrientes.

⁵ http://www.procobre.org/procobre/aplicaciones_del_cobre/inst_electricas_detalle2.html

Luego de haber hecho un estudio a través de una inspección técnica o llamada también visita técnica a las instalaciones de la Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez se ha comprobado la necesidad de aumentar tomacorrientes para las aulas de la escuela, ya que dichas aulas no constan con al menos un tomacorriente por aula, o en otros casos lo tienen pero en mal estado y conectados a la red eléctrica de manera no segura sin ninguna consideración técnica por lo que son vulnerables de causar accidentes de choque eléctrico a cualquier persona que manipule estos tomacorrientes de forma inapropiada.

A demás los conductores tienen muchos empalmes o uniones que hacen que las condiciones de trabajo del cableado se vean afectadas ya que en estos puntos de unión que se denominan puntos calientes técnicamente hablando, hay pérdida en la capacidad de conducción y por ende pérdida o caída de voltaje que hace que cualquier aparato eléctrico corra riesgo de quemarse debido a sobrecorrientes. Figura 3.2.



Fig.3.2(a) y (b) Estado actual de los tomacorrientes

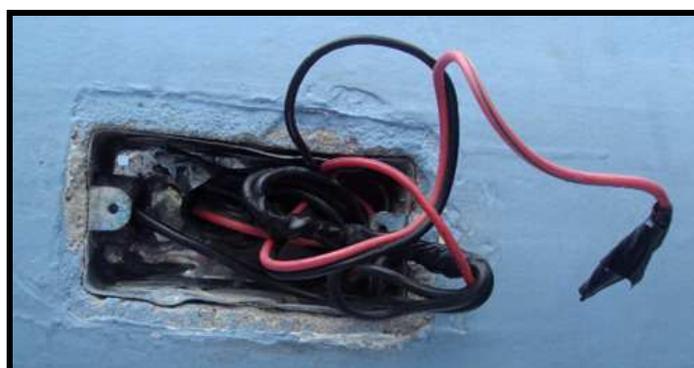


Fig.3.2 (c)

Las imágenes muestran el estado de las Instalaciones de tomacorrientes en las aulas de la Escuela Humberto Vacas Gómez y dan a entender las malas condiciones de las Instalaciones Eléctricas en general, lo cual nos da paso a que podamos rediseñar cada uno de los circuitos tanto de iluminación como de fuerza, por el bienestar de las personas que día a día transcurren a dicho establecimiento.

También para el diseño de los nuevos circuitos de fuerza hay que tener en cuenta que la Escuela no dispone de dichos circuitos individualizados, es decir, de un mismo alimentador se derivan circuitos de iluminación y de fuerza, lo que va en contra de cualquier norma a nivel internacional, esto hace que nosotros diseñemos y calculemos alimentadores para cada tipo de circuito distribuyéndolos en varios subtableros a lo largo de la edificación de la escuela, colocándolos en puntos estratégicos para evitar caídas de tensión por motivo de largas distancias. Las siguientes imágenes (Figura 3.3; 3.4) muestran la situación actual de la alimentación a los circuitos de tomacorrientes en las aulas, con cables a la intemperie, anclados a estructuras metálicas y algunas situaciones más de peligro.



Fig. 3.3 Subtablero de distribución para aulas y vivienda



Fig.3.4 Ingreso de Alimentadores a Subtablero de Distribución en aulas del Tramo Inferior

Ya familiarizados con la situación actual de las instalaciones eléctricas y estado de deterioro y peligro, procedemos a diseñar un nuevo Sistema Eléctrico en lo que respecta específicamente a los nuevos circuitos de fuerza o tomacorrientes (Anexo H), por lo tanto nos acogemos a las normas eléctricas más utilizadas en nuestro medio (NEC), que nos dan las directrices para elaborar un diseño bien estructurado para cualquier medio o necesidad.

3.3 ANTECEDENTES DE LA INSTALACIÓN EXISTENTE EN AULAS.

En este capítulo trataremos el tema de los alimentadores, es decir, del tendido de cable que lleva la energía desde el medidor de consumo de energía hasta el Centro de Carga y también desde este último hacia todos los Subtableros que están distribuidos a lo largo de la edificación de la Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez.

A continuación queremos detallar los problemas encontrados en los alimentadores al momento de que se realizó la visita técnica y de esta manera analizar la forma de rediseñar todas las líneas de alimentación para los tableros y subtableros eléctricos que se coloquen en el nuevo diseño.

Para comenzar hay que explicar que en el momento de visitar y estudiar el diseño encontrado en la Escuela hay que decir que no tenía ninguna norma de diseño de

instalaciones eléctricas, incluso no disponían de un Medidor de Consumo de Energía Eléctrica trifásico que abastezca toda la carga eléctrica que la Escuela estaba manejando al momento, por lo que se procedió a realizar un estudio de carga (ANEXO B) para determinar con mayor precisión la cantidad de carga y luego, con este Estudio de Carga, pedir a la Empresa Eléctrica Quito un nuevo medidor Trifásico.

El centro de carga (Figura 3.5) no era si no una caja de madera improvisada en la que se encontraban empotrados dos cajas térmicas, una de cuatro puntos y otra de dos, las cuales controlaban toda la carga de la escuela.

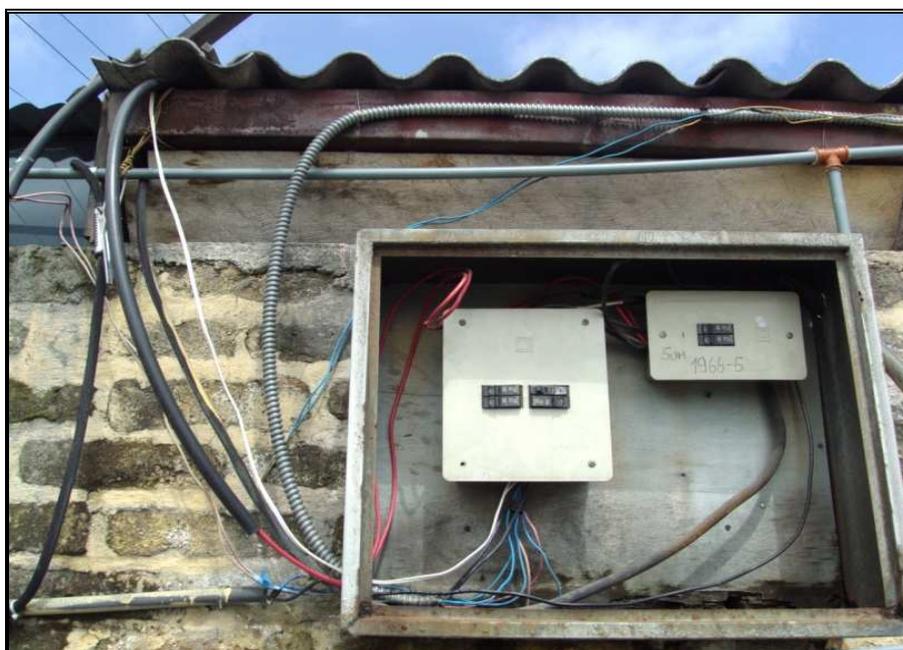


Fig. 3.5 Centro de Carga con sus alimentadores.

Al hablar de los alimentadores, podemos decir que estaban en condiciones de extremo peligro, ya que estaban con empalmes expuestos y empotrados de una manera no profesional y antiestética, al alcance de cualquier persona y más aun de los niños que asisten a la institución, así como muestra la Figura 3.6(a y b)

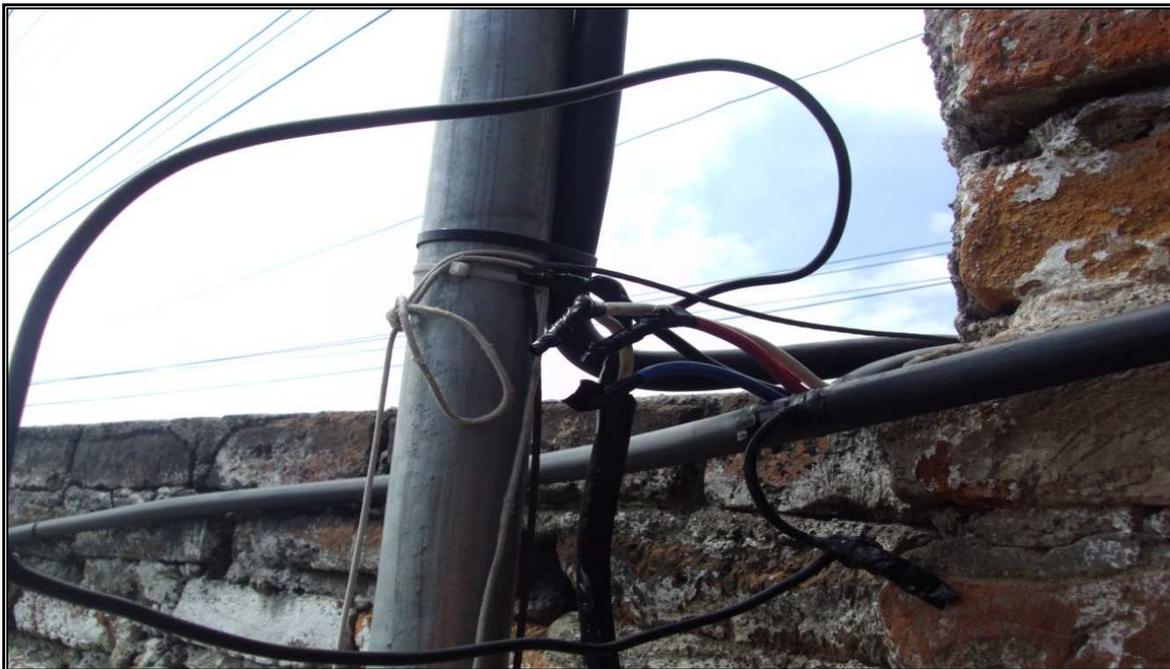


Fig.3.6 a) Conexión de Alimentadores del Medidor al Centro de Carga



Fig.3.6 b.1) Alimentadores en aulas del tramo inferior

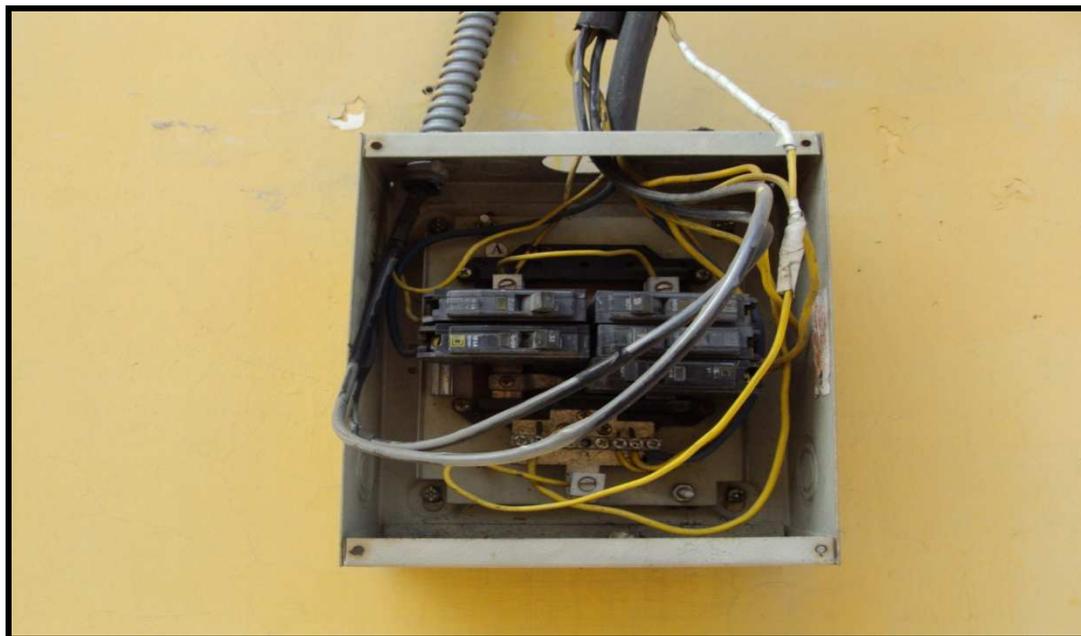


Fig.3.6 b.2) Alimentadores en sub tablero en aulas del tramo superior

Las imágenes hablan por sí solas, el estado precario y de riesgo en los alimentadores es evidente, por lo que en motivos de diseño tendremos que reubicar estos subtableros, montar tubería conduit para llevar los alimentadores. En otros casos, para mayor seguridad se diseñarán ductos subterráneos por los cuales pasarán los cables de alimentación a los Subtableros de Distribución.

3.4 DIMENSIONAMIENTO DEL NEUTRO

El conductor neutro de un alimentador se dimensionará según el siguiente criterio:

- El neutro de alimentadores monofásicos tendrá la misma sección del conductor de fase.
- El neutro de alimentadores trifásicos que sirvan Cargas Lineales tales como alumbrado incandescente, calefacción y fuerza, se dimensionará de modo tal que su sección sea a lo menos igual al 50% de la sección de las fases.
- El neutro de alimentadores trifásicos o de circuitos trifásicos que sirvan cargas no lineales, tales como rectificadores, variadores de velocidad,

computadores, UPS's, iluminación fluorescente con balastos electrónicos, etc., se dimensionará de modo tal que su sección sea al menos igual a la sección de los conductores de fases. Este dimensionamiento del neutro podrá ser hasta del doble de calibre de las fases si el tipo de carga lo requiere debido a la presencia de corrientes armónica.

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y CALCULO DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA

4.1 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN

A continuación realizaremos el cálculo que nos servirá como ejemplo para todos los circuitos de iluminación, que en referencia a la necesidad que la Escuela tiene diseñaremos.

Nota: Cada subtablero tiene su propia nomenclatura en el plano de diseño Anexo I

ST-1 Aulas 10, 11, 12,13.

Cuenta con 32 luminarias; se considera una carga de 22 W por foco ahorrador.

La potencia activa total será:

$$P_T = \#Luminarias \times P[W]$$

$$P_T = 32 \times 22[W]$$

$$P_T = 704[W]$$

Considerando $f_p = 0,9$.La potencia total aparente será:

$$S = \frac{P}{f_p}$$

$$S = \frac{704[W]}{0.9}$$

$$S = 782.22 [VA]$$

La corriente total en los conductores es:

$$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{782.22[VA]}{127[V]}$$

$$I = 6.15[A]$$

4.2 CIRCUITOS DE FUERZA

A continuación realizaremos el cálculo que nos servirá como ejemplo para todos los circuitos de iluminación, que en referencia a la necesidad que la Escuela tiene diseñaremos.

ST-1 Aulas 10, 11, 12,13.

Cuenta con 8 tomacorrientes; se considera una carga de 127 VA para cada uno.

$$S_T = S \times \# \text{ Tomacorrientes}$$

$$S_T = 127[VA] \times 8$$

$$S_T = 1016[VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{1016[VA]}{120[V]}$$

$$I = 8.47[A]$$

4.3 CUADROS DE CARGA

CUADRO DE CARGAS- CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN

SUBTABLEROS	CIRCUITOS	# LUMINARIAS	V (v)	I(A)	fp	P(w)	P _T (w)	S(VA)
ST-1 AULAS 10,11,12,13	A1	32	127	6.15	0.9	22	704	782.22
ST-2 AULAS 1,2	A2	22	127	4.23	0.9	22	484	537.77
ST-3 AULAS 7,8,9 BAÑOS 1,2, DIRECCION 1	ABD1	17+(8x40W)	127	6.07	0.9	22	694	771.11
ST-4 AULAS 4,5,6	A3	18	127	3.46	0.9	22	396	440
ST-5 AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCION 2	ABD2	23	127	4.43	0.9	22	506	562.22
ST-6 BAR	B4	1+(6x40W)	127	2.29	0.9	22	262	291.11
ST-7 SALA DE COMPUTACION	SC	14	127	2.69	0.9	22	308	342.22
ST-8 PORTERIA	P	8	127	1.53	0.9	22	176	195.55

CUADRO DE CARGAS- CIRCUITOS DE FUERZA

SUBTABLEROS	CIRCUITOS	# TOMACORRIENTES	V (v)	I(A)	S(VA)	S _T (VA)
ST-1 AULAS 10,11,12,13	A1	8	120	8.47	127	1016
ST-2 AULAS 1,2	A2	4	120	4.23	127	508
ST-3 AULAS 7,8,9 BAÑOS 1,2, DIRECCION 1	ABD1	10	120	10.58	127	1270
ST-4 AULAS 4,5,6	A3	6	120	6.35	127	762
ST-5 AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCION 2	ABD2	6	120	6.35	127	762
ST-6 BAR	B4	4	120	4.23	127	508
ST-7 SALA DE COMPUTACION	SC	39	120	40.72	127	5172
ST-8 PORTERIA	P	14	120	14.82	127	1778

Detalle del ST-7 Sala de Computación, Comedor Profesores, Aulas

CIRCUITOS	#TOMACORRIENTES	V(V)	I(A)	S(VA)	S _T (VA)
SC1	10	127	10	127	1270
SC2	10	127	10	127	1270
SC3	10	127	10	127	1270
SC4	6	127	6	127	762
SC5	3	127	4.72	200	600

CAPÍTULO V

TABLEROS Y SUBTABLEROS ELÉCTRICOS

5.1 TABLEROS ELÉCTRICOS

5.1.1 CENTRO DE CARGA

El centro de carga en la escuela está en pésimo estado ya que solo fue instalado empíricamente y sin realizar cálculos para saber el dimensionamiento de dicho tablero el estado actual se puede visualizar en la Figura 6.1

El centro de carga representa el cerebro de los sistemas de distribución, consiste en un panel que incluye: barras, elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y que puedan estar equipados con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado y fuerza.

En toda instalación eléctrica han de existir, uno o varios tableros principales, punto central de la instalación, el cual tiene tres funciones:

- Distribuir la energía eléctrica a varios circuitos ramales.
- Proteger cada circuito ramal de fallas (cortocircuitos o sobre corrientes).
- Proveer la posibilidad desconectar de la instalación cada uno de los circuitos.

El centro de carga contiene una serie de elementos que garantizan el cumplimiento de las tres funciones antes mencionadas tales como: interruptores automáticos o manuales, fusibles, etc.

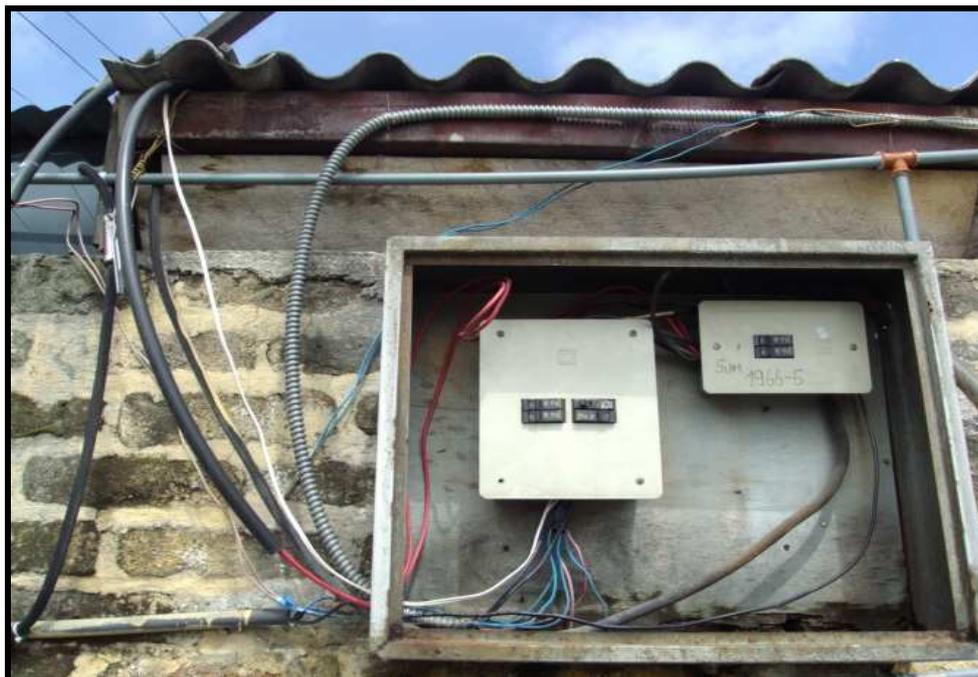


Fig. 5.1 Tablero principal actual en la Escuela.

Como podemos observar en la Fig. 5.1 existe riesgo para los alumnos de la escuela ya que el tablero se encuentra sin ninguna restricción y lo puede manipular cualquier persona ocasionándoles descargas eléctricas ya que aparte de los tableros expuestos se encuentran los cables de igual manera.

5.1.1.1 Diseño del centro de carga.

Para iniciar con el nuevo diseño del tablero principal se realizó un estudio de carga para saber la corriente máxima de consumo de toda la escuela, luego se procederá al diseño.

Para el nuevo diseño se individualizará los circuitos, para el centro de cómputo se llevara las tres fases a un tablero de distribución ya que en este lugar existirá la mayor carga de consumo, para las aulas, baños, dirección, comedor se repartirá cada fase para cada sector equilibrándolas.

5.1.1.2 Ubicación

Los tableros de distribución deberán estar ubicados en lugares que tengan rápido acceso y que no sean perjudicados por el pasaje de personas o cosas.

Deberá ubicarse en zonas o ambientes que no estén afectados por la humedad, polvo o alguna cosa que afecten su funcionamiento normal como: temperatura ambiente superior a 50°C, garajes, cámaras frigoríficas y gases corrosivos.

5.1.1.3 Accesibilidad

La altura máxima de los elementos de maniobra que se encuentran en los tableros será de 2m medidos desde el suelo, y la altura mínima 0.25m.

Los aparatos de comando y de protección de cada circuito deberán estar bien identificados con su respectiva etiquetación, también deberán estar en forma ordenada y de tal forma que sea fácil su sustitución.

Junto a cada tablero se colocara un plano esquemático en la que conste ubicación de cargas, tableros, secciones ramales y líneas principales, etc. Este plano se complementará con una planilla con relación de tableros, ubicación de cargas, líneas, ramales y derivaciones.

5.1.2 FORMAS DE DISTRIBUIR LA CARGA EN EL TABLERO

En todo tablero se debe de lograr una distribución de manera que estén equilibradas las tres fases, en caso de no ser posible se admitirá un desequilibrio que no sobrepase el 10% entre fases.

En los tableros que contengan barras, deberán diferenciarse las fases con sus colores característicos vistos en el capítulo 3.

Para la Escuela “Humberto Vacas Gómez” se instalará un centro de carga.

TDP Tablero principal de distribución o centro de carga para toda la escuela, este tablero reemplazara al antiguo tablero que se encontraba empotrado en la pared con un armario de madera Fig. 5.1.

5.2 SUBTABLEROS ELÉCTRICOS

5.2.1 SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN

En la escuela existen: un subtablero de distribución para el sector 1 (corresponde a todas las aulas del tramo superior, dirección, aulas, baños y para el centro de cómputo ya que no tenían sectorizadas las instalaciones), para el sector 2 (tramo inferior, aulas, baños, dirección nocturna), teniendo un desbalance de las fases ocasionando sobrecorrientes en los conductores lo que provocó el daño de los mismos. Figura 5.2



Fig. 5.2. Tablero de distribución actual del sector 1.

Por otro lado se intentara empotrar todo los subtableros de distribución a la pared para tener mayor seguridad en el accionamiento de las protecciones que se encuentran en el subtablero, además nos servirá como protección contra corrosiones, polvo, y exposición al medio ambiente de los mismos. Figura 5.3



Fig. 5.3. Empotrar el subtablero a la pared.

CAPÍTULO VI

PROTECCIONES ELÉCTRICAS

6.1 SISTEMAS DE PROTECCIÓN

La escuela no tiene un sistema de protección adecuado por lo que en una visita técnica se pudo constatar el estado de los cables y se observó que los conductores tienen demasiado deterioro, puede ser por que ya ha habido sobrecargas y las protecciones no actuaron o por la pésima forma del alambrado en general. Figura 6.1

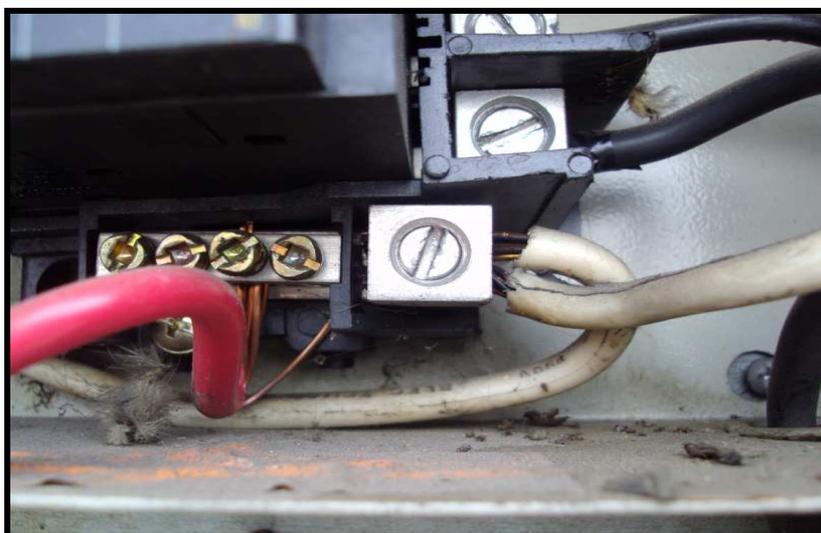


Fig. 6.1. Estado de los conductores debido a un mal funcionamiento de las protecciones.

En toda instalación eléctrica una de las partes más importantes son los conductores, por lo tanto deben existir dispositivos que garanticen que por los conductores pasen la capacidad de conducción permitida y no se exceda, ya que esto podría ocasionar derretimiento del aislante del conductor debido a una corriente excesiva conocida como sobrecorriente, o puede haber corriente de cortocircuito producida por el contacto de conductores que se encuentra al mismo potencial. Este mal funcionamiento de las protecciones puede causar daños irreversibles a la escuela como incendios por la elevada temperatura en los conductores.

6.1.1 CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CUMPLIR LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN.

6.1.1.1 Sensibilidad.

Debe operar holgadamente bajo cualquier tipo de falla máxima o mínima dentro de su zona de protección y permanecer inalterable para fallas fuera de su zona de protección y permanecer inalterable para fallas de su zona. No tendera a funcionar por sí mismo.

6.1.1.2 Selectividad.

Debe discriminar la ubicación de la falla para aislar únicamente al equipo falloso. Máxima continuidad del servicio con mínima desconexión del equipo.

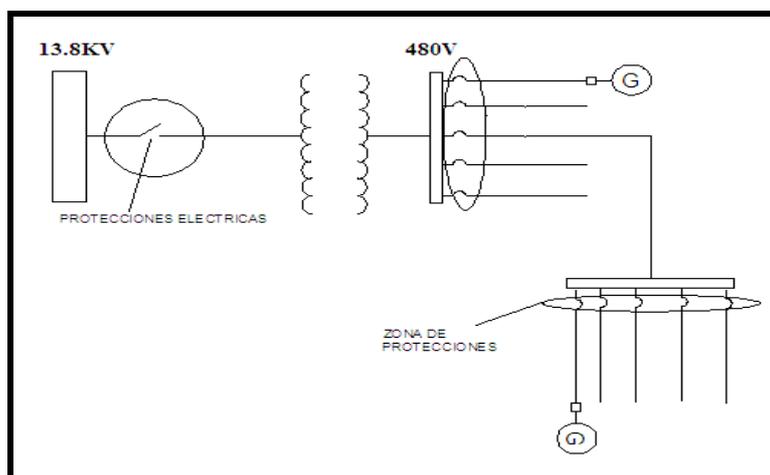


Fig.6.2 Diagrama esquemático de las zonas de protección.

6.1.1.3 Velocidad.

De esta característica depende el riesgo en los equipos ya que si la protección actúa con mayor rapidez se evitara el daño a dichos equipos.

- Aislar la falla en el menor tiempo posible
- Disminuir el daño en los equipos.
- Disminuir perturbaciones en el resto de la red.
- Evitar que fallas monofásicas se transformen en trifásicas

6.1.1.4 Simplicidad.

El mínimo equipamiento de protección y sistemas de control (no colocar protecciones donde sea necesario).

6.1.1.5 Economía.

Máxima protección al menor costo. La economía es un factor muy importante al momento de hacer el presupuesto de una instalación eléctrica, ya que por ser económico, no se va a poner un dispositivo o material de mala calidad, ni tampoco vamos a sub-dimensionar estos dispositivos, siempre se debe jugar con estos dos factores: lo técnico y lo económico.

6.1.1.6 Seguridad y Confiabilidad (Reliability).

Permite garantizar el sistema de protección funcione cuando este sea requerido en fallas como: cortocircuitos, sobrecargas.

Las instalaciones ya sean de alumbrado, fuerza, domesticas, etc., baja o alta tensión deben contar obligadamente con tres tipos de protecciones eléctricas como son:

- Protección contra cortocircuitos
- Protección contra sobrecargas

6.2 PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

6.2.1 CORTOCIRCUITO

Si por casualidad en un circuito eléctrico unimos o se unen accidentalmente los extremos o cualquier parte metálica de dos conductores de diferente polaridad que hayan perdido su recubrimiento aislante, la resistencia en el circuito se anula y el equilibrio que proporciona la Ley de Ohm se pierde.

El resultado se traduce en una elevación brusca de la intensidad de la corriente, un incremento violentamente excesivo de calor en el cable y la producción de lo que se denomina “cortocircuito”.

La temperatura que produce el incremento de la intensidad de corriente en amperes cuando ocurre un cortocircuito es tan grande que puede llegar a derretir el forro aislante de los cables o conductores, quemar el dispositivo o equipo de que se trate si éste se produce en su interior, o llegar, incluso, a producir un incendio.⁶

Los dispositivos más utilizados para la protección contra cortocircuitos son:

- Fusibles bien calibrados.
- Interruptores automáticos magneto térmicos.

6.2.1.1 Fusibles

Es un dispositivo que da protección a un circuito mediante la fusión del elemento cuando circula por este una magnitud de corriente por un determinado tiempo.

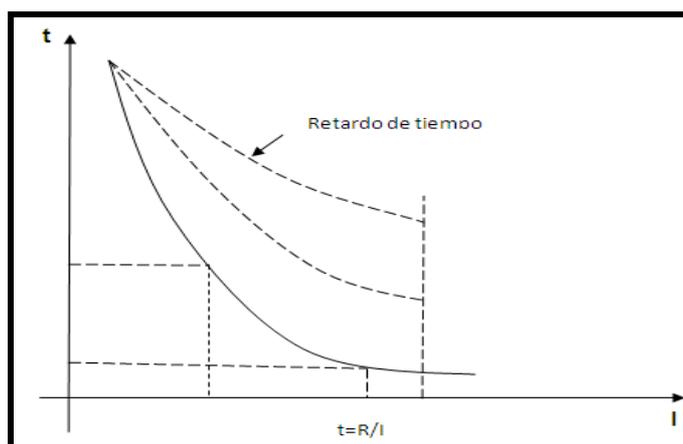


Fig. 6.3 Retardo de tiempo (Introducido intencionalmente por el fabricante).

6.2.1.1.1 Características funcionales

- 1) Sensibilidad e Interrupción en un mismo dispositivo.
- 2) Actúa directamente y responde a una combinación de magnitud de corriente y tiempo que circula esa corriente.
- 3) Por si solo no puede abrir o cerrar un circuito energizado requiere dispositivos adicionales (seccionador de cuchillas) Figura 6.3.

⁶ http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_circuito/af_circuito_3.htm

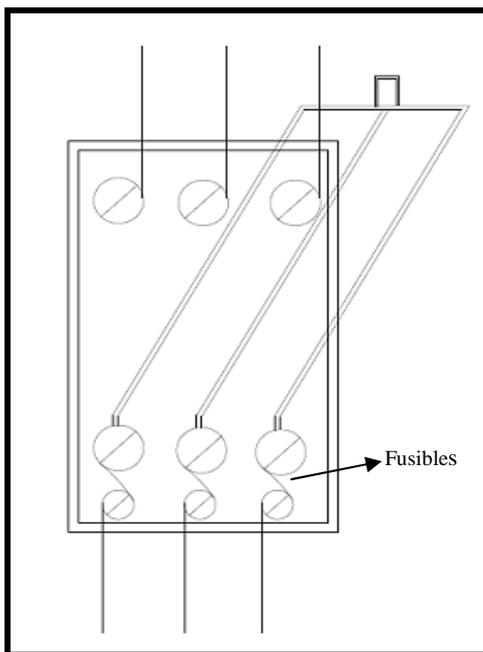


Fig. 6.4 Seccionador de cuchillas.

- 4) Es monofásico actúa únicamente el fusible de la fase con problemas (Cuando se tiene monofásicas es bueno cuando se tiene una carga trifásica solo actúa como monofásica).
- 5) Después de la operación debe sustituirse para restablecer el servicio.

6.2.1.1.2 Clasificación de los fusibles

La clasificación está dada según la Tabla 6.1.

Tipo	Según Norma	UNE
Fusibles rápidos	gF	gL, gl, F, FN Instanfus
Fusibles lentos	gT	T, FT Tardofus
Fusibles de acompañamiento	aM	A, FA Contanfus

Tabla 6.1 Clasificación de los fusibles.

De acuerdo a las normas NEMA y UL.

- 1) Todo fusible debe llevar el 110% de su capacidad nominal de corriente en forma permanente.

- 2) Fusibles hasta 60A nominales deben abrir en 1 hora mientras que fusibles de 61~600A nominales deben abrir en dos horas cuando circula 135%In. Para mayores de 600A deben abrir en 4 horas cuando circula el 150% In.
- 3) Todos los fusibles deben tener una capacidad de interrupción de al menos 10kA.

6.2.1.2 Interruptores automáticos termomagnéticos.

Los Interruptores Termomagnéticos sirven como medio de protección y desconexión de fácil accionamiento y de rápida respuesta a la falla eléctrica, ensamblados en caja moldeada. Los interruptores termomagnéticos más comerciales son los de uno y dos polos, de un rango de 15 á 50 amperes y son utilizados para todo tipo de servicios de instalaciones eléctricas, principalmente de uso doméstico y comercial. Los de rango de 60 á 100 A de uno y dos polos así como los de tres polos en toda su gama, y los de mayor capacidad de amperaje son utilizados en zonas con mayor demanda de carga eléctrica para uso residencial, comercial e industrial.



Fig. 6.5 Interruptor termomagnético.

6.2.1.2.1 Funcionamiento de los interruptores termomagnéticos.⁷

Estos dispositivos, conocidos abreviadamente por PIA (Pequeño Interruptor Automático), se emplean para la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas, en sustitución de los fusibles, ya que tienen la ventaja de que no hay que reponerlos; cuando desconectan debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se rearman de nuevo y siguen funcionando.

Según el número de polos, se clasifican éstos en: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares. Estos últimos se utilizan para redes trifásicas con neutro.

En la Figura 6.5, se ve la parte correspondiente a una fase de uno de estos interruptores, dibujado en sección, para que se vean mejor sus principales órganos internos.

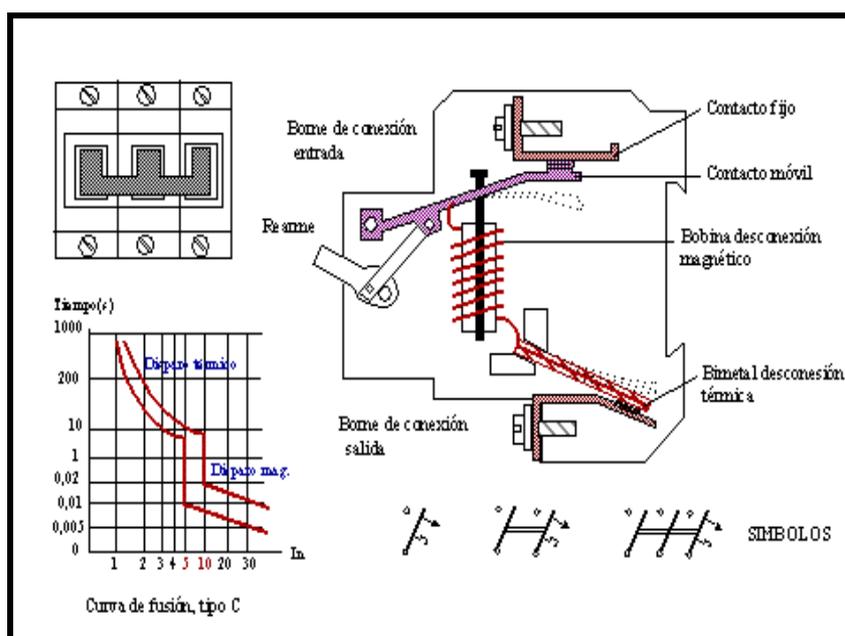


Fig. 6.6 Interruptor termomagnético.

Estos aparatos constan de un disparador o desconectador magnético, formado por una bobina, que actúa sobre un contacto móvil, cuando la intensidad que la atraviesa supera su valor nominal (I_n). Éste es el elemento que protege la instalación contra cortocircuitos, por ser muy rápido su funcionamiento, y cada vez

⁷ <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040019/html/lecciones/proteccion.htm>

que desconecta por este motivo debe de rearmarse (cerrar de nuevo el contacto superior), bien sea manual o eléctricamente.

También poseen un desconectador térmico, formado por una lámina bimetálica, que se dobla al ser calentada por un exceso de intensidad, y aunque más lentamente que el dispositivo anterior, desconecta el contacto inferior del dibujo. Esta es la protección contra sobrecargas y su velocidad de desconexión es inversamente proporcional a la sobrecarga. Cuando la desconexión es por efecto de una sobrecarga, debe de esperarse a que enfríe la bilámina y cierre su contacto, para que la corriente pase de nuevo a los circuitos protegidos.

6.3 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS.⁸

Entendemos por sobrecarga al exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento o bien, a una avería o demanda excesiva de carga de la máquina conectada a un motor eléctrico.

Las sobrecargas deben de protegerse, ya que pueden dar lugar a la destrucción total de los aislamientos, de una red o de un motor conectado a ella. Una sobrecarga no protegida degenera siempre en un cortocircuito.

Según el Reglamento Electrotécnicos "Si el conductor neutro tiene la misma sección que las fases, la protección contra sobrecargas se hará con un dispositivo que proteja solamente las fases, por el contrario si la sección del conductor neutro es inferior a la de las fases, el dispositivo de protección habrá de controlar también la corriente del neutro". Además debe de colocarse una protección para cada circuito derivado de otro principal.

Los dispositivos mas empleados para la protección contra sobrecargas son:

- Fusibles calibrados, tipo gT o gF (nunca aM)
- Interruptores automáticos magnetotérmicos (PIA)
- Relés térmicos

⁸ <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040019/html/lecciones/proteccion.htm>

Para los circuitos domésticos, de alumbrado y para pequeños motores, se suelen emplear los dos primeros, al igual que para los cortocircuitos, siempre y cuando se utilice el tipo y la calibración apropiada al circuito a proteger. Por el contrario para los motores trifásicos se suelen emplear los llamados relés térmicos.

CAPÍTULO VII

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

7.1 GENERALIDADES.⁹

A continuación daremos a conocer los aspectos básicos y elementos que hay que tener en cuenta para realizar una instalación de un Sistema de Puesta a Tierra.

CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA: Es aquel conductor de un circuito que se conecta a tierra intencionalmente. Este conductor garantiza la conexión física entre las partes metálicas expuestas a alguna falla y la tierra. Por medio de este conductor circula la corriente no deseada hacia la tierra.

ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA: Es un cuerpo metálico conductor desnudo que va enterrado y su función es establecer el contacto con la tierra física.

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

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

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

RESISTIVIDAD DEL TERRENO: Es la propiedad del terreno que se opone al paso de la corriente eléctrica, la resistividad varia de acuerdo a las características del terreno.

SISTEMA DE TIERRA: Son varios conductores desnudos que se interconectan con una o varias mallas o electrodos enterrados.

⁹ http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electronica_y_electronica/sistemadepuestaatierra/

7.1.1 MALLA DE TIERRA¹⁰.

La malla de tierra es un conjunto de conductores desnudos que permiten conectar los equipos que componen una instalación a un medio de referencia, en este caso la tierra. Tres componentes constituyen la resistencia de la malla de tierra:

- La resistencia del conductor que conecta los equipos a la malla de tierra.
- La resistencia de contacto entre la malla y el terreno.
- La resistencia del terreno donde se ubica la malla.

Una malla de tierra puede estar formada por distintos elementos:

- Una o más barras enterradas.
- Conductores instalados horizontalmente formando diversas configuraciones.
- Un reticulado instalado en forma horizontal que puede tener o no barras conectadas en forma vertical en algunos puntos de ella.

En la Figura 7.1 se muestra un esquema de conexiones en general de una malla de puesta a tierra, en la que se hace referencia analógicamente a la resistencia que tiene el conductor y los electrodos o varillas que intervienen en una malla de Puesta a Tierra.

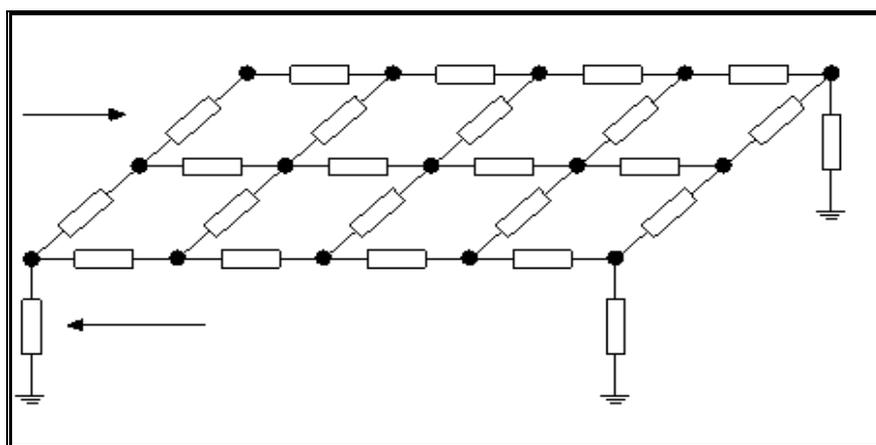


Fig. 7.1 Esquema General de una malla de puesta a tierra.

¹⁰ http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electronica_y_electronica/sistemadepuestaatierra/

En un sistema de puesta a tierra, es necesario conocer los factores que hacen variar la resistencia del sistema. Algunos pueden ser: las condiciones climatológicas, geológicas, compactación del terreno, características físicas del electrodo de conexión a tierra, etc.

Un instrumento de alta precisión nos permite entender el comportamiento de la tierra. Por tal motivo primero hace una mención de los elementos y la importancia de un sistema de puesta a tierra, utilizando algunos de los métodos mas usados para poder realizar mediciones de la resistencia del terreno.

Además se tendrá pendiente las características de los diferentes tipos de electrodos para la conexión a tierra y las configuraciones de electrodos más usadas para la instalación de un sistema de puesta a tierra.

Un aspecto importante son los esquemas de conexión a tierra y las características que debe tener el conductor de sistema a tierra, como son: la sección transversal, longitud, material, etc.

7.1.2 CONSTITUCIÓN DE UNA PUESTA A TIERRA¹¹.

La resistencia ofrecida al paso de la corriente eléctrica a través de un electrodo hacia el suelo tiene tres componentes principales (ver figura 1):

1. Resistencia del electrodo (metal): La cual es despreciable en comparación con el ítem 3.
2. Resistencia de contacto entre el electrodo y el suelo. Se puede despreciar si el electrodo está exento de cualquier cubierta aislante como tintas, pinturas, grasa, etc.; y si la tierra está bien compactada en la zona de contacto de sus paredes.
3. Resistencia de la tierra circundante: ésta es realmente la componente que influye en el valor de la resistencia de una puesta a tierra y depende básicamente de la resistividad del suelo y de la distribución de la corriente proveniente del electrodo.

¹¹ <http://es.scribd.com/doc/73303346/Electricos-2-Puestas-a-Tierra>

En la figura Figura 7.2 se describe gráficamente los elementos de una instalación de puesta a tierra.

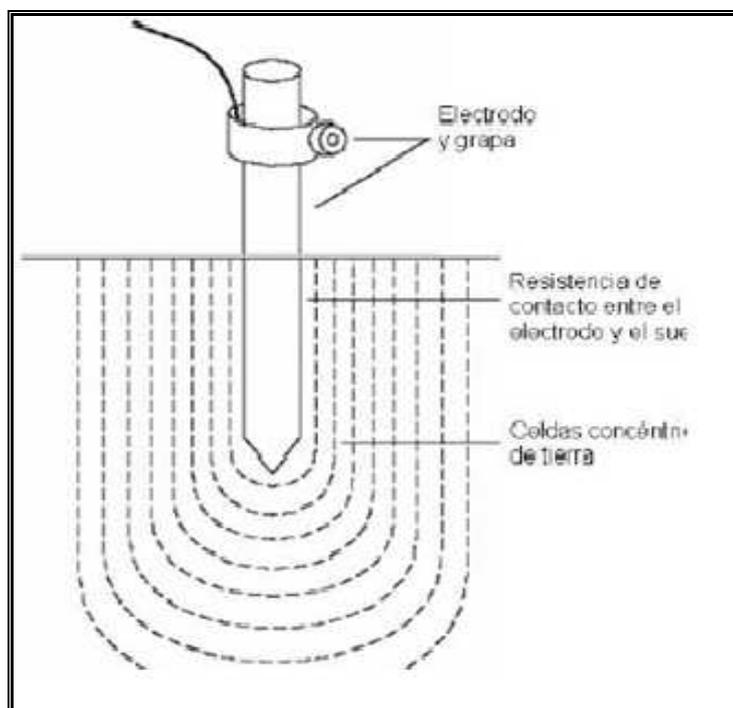


Fig. 7.2 Elementos de un Sistema de Puesta a Tierra.

7.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA LA ESCUELA FISCAL MIXTA HUMBERTO VACAS GÓMEZ.

En la presente sección, queremos indicar cada uno de los inconvenientes que la Institución tiene por la falta de un Sistema de Puesta a Tierra, esto lo determinamos luego de haber hecho un previo estudio y chequeo físico de las instalaciones eléctricas y de indagación al personal Docente y de servicio para así conocer que la Escuela no dispone de un Sistema adecuado de protección de equipos contra sobrecorrientes, es decir, una malla de Tierra.

La problemática actual es básicamente que todos los Equipos electrónicos están presentando fallas y en otros casos el deterioro total del equipo, en otras palabras; el no disponer de un Sistema adecuado de Puesta a Tierra está dañando los equipos hasta su pérdida total, principalmente en el centro de Cómputo del Plantel Educativo, que hace que los alumnos de la Institución estén

perdiendo la oportunidad de desarrollar habilidades y destrezas en el manejo de un computador.

El motivo de daño ya antes mencionado (Puesta a Tierra para el Centro de cómputo) tiene una solución que es el diseñar y construir un buen Sistema de Tierras, motivo por el cual estamos redactando esta Sección.

7.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Para diseñar este Sistema, tendremos en consideración las Normas eléctricas que rigen un diseño de esta magnitud, es decir, en base a estas normas y reglamentos dirigiremos nuestros cálculos de diseño.

Una de las primeras consideraciones que tendremos en cuenta es el valor de resistencia máxima para una Malla de Tierra y esto en base a:

Normas eléctricas a las cuales nos regimos **NEC 250 y IEEE Std142-1991.**

Según las normas, un Sistema adecuado de Puesta a Tierra debe dar como resultado un valor de resistencia de suelo bajo dentro de un rango **0 – 5 ohmios**, con esto se consigue que los equipos eléctricos estén protegidos de sobrecorrientes y de corrientes parásitas que son perjudiciales para los equipos, incluso con un buen sistema de Puesta a Tierra se protege la integridad física de las personas, evitando riesgos de choques eléctricos.

Nuestro diseño está basado en la norma IEEE Std142 - 1991. A continuación detallamos el procedimiento de diseño.

7.3.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

7.3.1.1 Medición de la Resistividad del Suelo.



Fig.7.3 Equipo para medir la Resistividad del Suelo.

Para realizar la medición de la resistividad del suelo, se aplicará el Método de Wenner o método de los 4 puntos con el uso del Telurómetro Figura 7.3.

Fórmula:

$$\rho = 2\pi \times A \times R$$

Donde:

ρ = Resistividad promedio a la profundidad

$$\pi = 3.1415926$$

A = Distancia de electrodo en metros (m)

R = Lectura del telurómetro o megger

Datos:

$$A = 10\text{m}$$

$$R = 0.54$$

$$\rho = 2\pi \times 10 \times 0.54[\Omega]$$

$$\rho = 34[\Omega.m]$$

7.3.1.2 Cálculo de la corriente de cortocircuito.

Utilizando el diagrama unifilar de la instalación en la escuela, como se observa en la Figura 7.4.

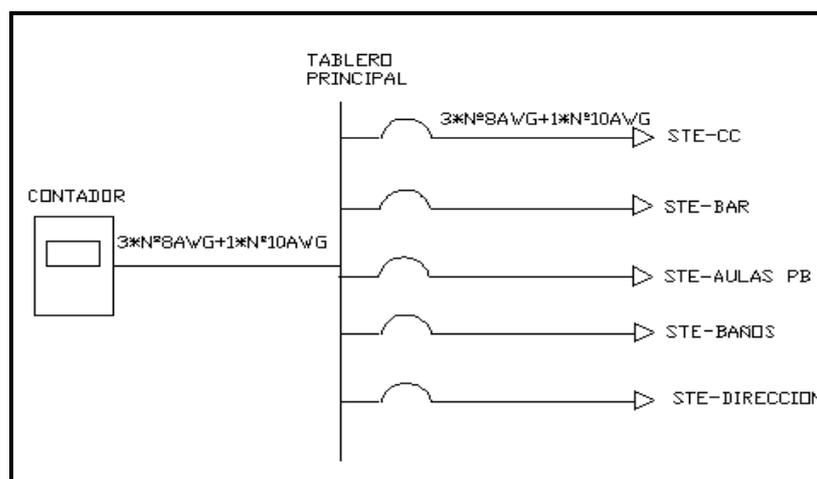


Fig. 7.4 a) Diagrama unifilar del circuito hacia el Centro de Cómputo.

La barra principal de tierra estaría ubicada en el Subtablero del Centro de Cómputo, por lo tanto, los cálculos de la corriente de cortocircuito se realizarán en referencia a la barras de dicho subtablero.

Para este cálculo nos guiamos a las normas NEC para seleccionar valores de impedancias que se obtienen de la tabla del Anexo E.

En la tabla de referencia arriba mencionada, los valores de resistencia y reactancia están dados en Ohmios por cada 1000 pies de longitud (Ω/pie).

Como se tiene 5 m del medidor al centro de carga, los 5 m equivalen aproximadamente a 16.4 pies; del centro de carga al subtablero del Centro de Cómputo se tiene 45 m esto aproximadamente equivale a 147.64 pies.

Datos:

Calibre del conductor = 8 AWG

L1= 16.4 pies, buscando los valores en la tabla del anexo E se tiene que:

Reactancia $\rightarrow X_L = 0.052\Omega/1000\text{pies}$

Resistencia $\rightarrow R = 0.78\Omega/1000\text{pies}$

Calibre del conductor = 8 AWG

L2= 147.64pies, buscando los valores en la tabla del anexo E se tiene que:

Reactancia $\rightarrow X_L = 0.052\Omega/1000\text{pies}$

Resistencia $\rightarrow R = 0.78\Omega/1000\text{pies}$

$$\begin{aligned} L1 &= 16.4\text{pies} \\ 0.052 &\rightarrow 1000\text{pies} \\ X_L &\rightarrow 16.4\text{pies} \\ \mathbf{X_L} &= \mathbf{0.0008528\Omega} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.78 &\rightarrow 1000\text{pies} \\ R &\rightarrow 16.4\text{pies} \\ \mathbf{R} &= \mathbf{0.012792\Omega} \end{aligned}$$

$$L1 = 147.64 \text{ pies}$$

$$0.052 \rightarrow 1000 \text{ pies}$$

$$XL \rightarrow 147.64 \text{ pies}$$

$$XL = 0.0077 \Omega$$

$$0.78 \rightarrow 1000 \text{ pies}$$

$$R \rightarrow 147.64 \text{ pies}$$

$$R = 0.115 \Omega$$

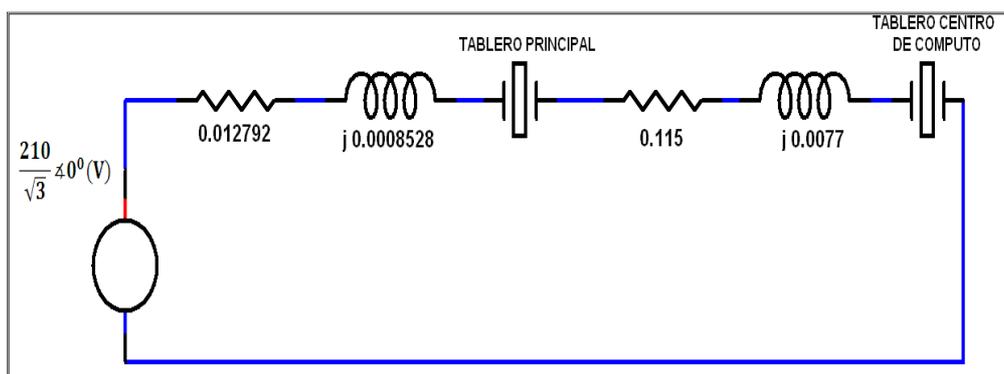


Fig. 7.4 b) Diagrama unifilar usado para el cálculo de la I de cortocircuito.

$$I_{cc} = \frac{\frac{210}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ (V)}{0.012792 + j0.0008528} = \frac{\frac{210}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ (V)}{0.013}$$

$$I_{cc} = 9326.43 \text{ A}$$

7.3.1.3 Cálculo del calibre del conductor electrodo puesta a tierra.

Los conductores de la malla de tierra deben diseñarse de manera que:

- ✓ Resistan la fusión y el deterioro de las juntas eléctricas bajo las más adversas combinaciones de magnitud y duración de las corrientes de falla.
- ✓ Sean mecánicamente resistentes, especialmente en aquellos sitios expuestos a grandes esfuerzos físicos.

- ✓ Tengan suficiente conductividad, de manera que no contribuyan substancialmente a diferencias locales de potenciales peligrosos.

El conductor de cobre adecuado para la malla de tierra, puede ser obtenido de la siguiente ecuación desarrollada por Onderdonk y recomendado por la IEEE en su publicación Std. 80 de 1986:

$$S = I_{cc} * K_{ON}$$

Donde:

S= Sección del Conductor

I_{cc} = Corriente de cortocircuito.

K_{ON} =6.5MCM/amp.= Constante de Onderdonk.

Basándonos en la tabla de Onderdonk, Anexo G, tabla que es específicamente para conexiones soldables y con una falla menor a 0.100mseg podemos determinar el calibre para evitar la fusión del conductor.

Con la constante obtendremos la sección mínima del conductor que para nuestro caso será:

$$S = 9326.43 A * 6.5 \text{ cmils} / A$$

$$S = 606221.8 \text{ cmils}$$

De acuerdo con la tabla de Onderdonk, Anexo G, la sección 606221.8 CM nos corresponde a un conductor con calibre N° 3, pero por razones técnicas de esfuerzos mecánicos que el conductor sufrirá al momento de soldar recomendamos dimensionar para la malla un conductor **2/0 AWG**.

Generalmente, la resistencia mecánica fija una sección mínima para los usos prácticos, utilizándose un conductor 4/0 de cobre para la malla de tierra y un conductor 2/0 AWG de cobre como mínimo para la puesta a tierra de los equipos y estructuras a la malla a tierra.

7.3.1.4 Cálculo de Resistencia de la Malla.

En base a las normas del IEEE Std142 – 1991, anexo F, se aplicarán las fórmulas de acuerdo al diseño establecido.

La primera fórmula hace referencia al uso de varillas copperweld:

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

Donde:

R= resistencia de la varilla (Ω)

ρ = resistividad del suelo ($\Omega.m$)

L=longitud de la varilla (m)

a= radio de la varilla (m)

La segunda fórmula se refiere a la unión de varillas con conductor:

$$R_c = \frac{\rho}{4\pi * L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \dots \right)$$

Donde:

R_c =Resistencia del conductor enterrado (Ω).

ρ = Resistividad del terreno ($\Omega.m$).

L= Longitud total del conductor enterrado (m).

a= Radio de la varilla.

S= profundidad a la cual va ha ser enterrado.

7.3.1.5 Cálculo de la Resistencia por varilla.

Para el diseño de la malla utilizaremos 7 varillas de 5/8" x 7" separadas por una distancia de tres metros como mínimo y el cable a unir en forma horizontal como se muestra en la Figura 7.5.

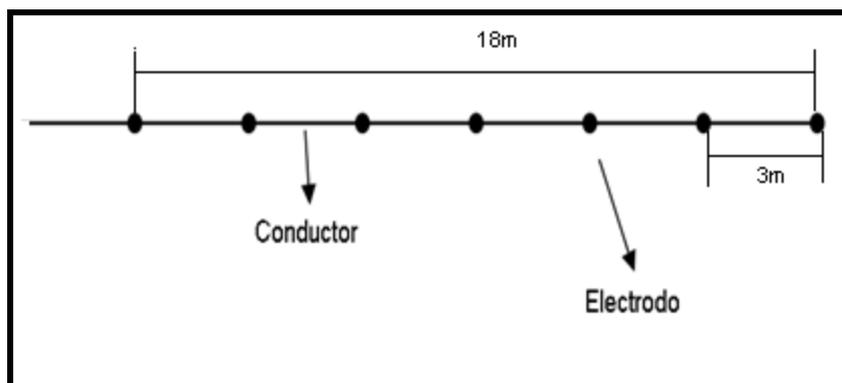


Fig.7.5 Diagrama de conexionado de la malla.

Utilizando la primera fórmula se obtiene:

$$R_1 = \frac{34\Omega \cdot m}{2\pi \times 1.8m} \left(\ln \frac{4 \times 1.8m}{8 \times 10^{-3}m} \right) - 1$$

$$R_1 = 17.44\Omega$$

7.3.1.6 Resistencia del número total de varillas.

Para obtener un valor entre 0 y 5 ohmios, que según la norma IEEE es recomendable, se procede a realizar el cálculo del número del valor de resistencia por el número de varillas que en nuestro caso arbitrariamente y por disponibilidad del espacio físico son 7 varillas copperwell de 5/8" de diámetro y 1,8 metros de longitud; multiplicado por un factor de multiplicación **F** cuyo valor se obtiene del anexo h.

Debido a que en dicho anexo solo existen valores para 4 y 8 varillas procedemos a interpolar para encontrar el valor de 7 varillas.

$$4 \rightarrow 1.36$$

$$8 \rightarrow 1.68$$

$$7 \rightarrow 1.60$$

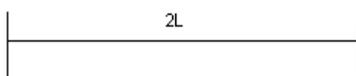
$$R_7 = \frac{R_1}{7} \times F$$

$$R_7 = \frac{17.44\Omega}{7} \times 1.60$$

$$R_7 = 3.95\Omega$$

7.3.1.7 Cálculo de la resistencia del conductor enterrado.

Para el cálculo del conductor enterrado utilizamos la segunda fórmula.



$$2L=18\text{m}$$

$$s/2=0.5\text{m}$$

$$R_c = \frac{\rho}{4\pi * L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \dots \right)$$

$$R_c = \frac{34\Omega \cdot \text{m}}{4\pi * 9\text{m}} \left(\ln \frac{4 \times 9\text{m}}{8 \times 10^{-2}\text{m}} + \ln \frac{4 \times 9\text{m}}{1\text{m}} - 2 + \frac{1\text{m}}{2 \times 9\text{m}} - \frac{(1\text{m})^2}{16(9\text{m})^2} + \frac{(1\text{m})^4}{512(9\text{m})^4} \dots \dots \right)$$

$$R_c = 3\Omega$$

Nota: Se elige la resistencia más baja ya que no hay una fórmula que relacione toda la malla en conjunto como es cable y varilla en nuestro caso la resistencia de la malla es de 3Ω.

RECOMENDACIÓN: Para unir físicamente la malla, es decir, para fusionar el conductor con la varilla cooperwell; se recomienda usar suelda exotérmica que hace una fusión muy sólida y duradera en sistemas de Puesta a Tierra.

7.4 CONCLUSIONES

En esta sección se detalla las conclusiones a las que se ha llegado después de realizar el estudio y diseño de las instalaciones eléctricas en la Escuela, las cuales se complementan con las recomendaciones que se obtuvieron de las experiencias adquiridas en la realización del proyecto.

- Una instalación eléctrica, segura y confiable es aquella que reduce al mínimo la probabilidad de ocurrencia de accidentes que pongan en riesgo la vida y la salud de los usuarios, disminuyendo la posibilidad de fallas en los equipos eléctricos y evitando la consiguiente inversión de dinero necesaria para su reparación o reposición.
- Para realizar el estudio y diseño en la Escuela "Humberto Vacas Gómez", se utilizó varios equipos como amperímetros, voltímetros, óhmetro, que nos ayudaron tanto en el estudio de carga como para el diseño de las nuevas instalaciones eléctricas.
- La visita técnica nos permitió conocer el estado actual en el que se encuentran las instalaciones eléctricas, dándonos como evidencias todas las deficiencias que existen en el sistema actual, por lo que se diseñó una nueva instalación guiándonos en normas para que el sistema que se implemente en un futuro se eficaz y seguro.
- Los conductores son la parte esencial en una instalación eléctrica por lo que la protección eléctrica a los mismos contra sobrecarga y cortocircuito debe hacerse de forma técnica, para que no ocasione hechos lamentables como incendios.
- Un conductor eléctrico debe tener en cuenta no solamente la caída de tensión sino también el amperaje ya que puede cumplir con el parámetro del límite de caída de voltaje más no con el de capacidad de conducción del conductor

- Toda institución que tenga equipos electrónicos y sensibles a perturbaciones eléctricas, deben tener un buen sistema de tierra para protección de dichos equipos.

7.5 RECOMENDACIONES

- Toda instalación eléctrica para que tenga un buen funcionamiento por varios años se debe realizar mantenimiento preventivo y limpieza de contactos en las protecciones eléctricas, para que tengan un excelente desenvolvimiento en su área de trabajo.
- El aspecto económico en la realización de una instalación eléctrica no debería ser tan importante ya que se tomaría más en cuenta la parte de la seguridad; esto implica el uso de materiales adecuados, contratar personal calificado para la realización del mantenimiento y cambiar materiales deteriorados.
- Antes de realizar la implementación de una instalación eléctrica siempre se debe hacer primero un estudio y diseño para que pueda realizar cambios, ya que una vez implementado la instalación es más costoso realizar cambios.
- Para realizar un buen diseño siempre debe basarse en técnicas nacionales e internacionales.
- A las personas que se encarguen de realizar la implementación se recomienda seguir los cálculos y las tablas anexadas en este proyecto, además de los diseños para que tengan ahorro de tiempo en su proyecto.
- Para obtener una unión física entre cable-varilla en sistemas de puesta a tierra es necesario hacerlo con el uso de la suelda exotérmica que nos proporciona una fusión resistente y duradera que además no permite pérdidas por punto de unión en la misma ya que se hacen un solo cuerpo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. "Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas". Primera edición. Editorial Limusa S.A México DF. 2002.
- Manual Teórico – Práctico Instalaciones en baja tensión Schneider Electric. VOLUMEN 1.
- RAMÍREZ VÁZQUEZ, José. Instalaciones eléctricas interiores. Octava edición. Editorial CEAC, 1995.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- <http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/instalacelectricas/12.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos73/dispositivos-electricos/dispositivos-electricos2.shtml>
- www.fermoya.com
- http://www.procobre.org/procobre/aplicaciones_del_cobre/inst_electricas_detalle2.html
- http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_circuito/af_circuito_3.htm
- <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040019/html/lecciones/proteccion.htm>
- http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electrica_y_electronica/sistema_de_puesta_a_tierra/
- <http://es.scribd.com/doc/73303346/Electricos-2-Puestas-a-Tierra>

ANEXO A

PRESUPUESTO

Para realizar el Estudio y Diseño del Sistema eléctrico y Puesta a Tierra en la Escuela Fiscal Mixta "Humberto Vacas Gómez" es necesario dar a conocer que en el mundo profesional nada es gratis, por lo que en la siguiente tabla indicamos los rubros que la Escuela hubiese tenido que gastar por realizar dicho proyecto. A continuación el detalle de los gastos de Estudio y Diseño según el ámbito profesional.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario USD	Precio Total USD
001	1	Estudio de Carga	\$100	\$100
002	1	Estudio de la Instalación eléctrica Nueva	\$150	\$150
003	2	Levantamiento de Planos Eléctricos	\$100	\$200
004	1	Estudio para Nuevo Sistema de Puesta a Tierra.	\$150	\$150
005	1	Diseño de la Nueva Instalación Eléctrica	\$300	\$300
006	1	Diseño del Sistema de Puesta A Tierra	\$240	\$240
TOTAL:				\$1140

ANEXO B

ESTUDIO DE CARGA

	EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.	ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA				HOJA 1 DE 1	
						FECHA: 10/09/06 aa/mm/dd	
NOMBRE DEL PROYECTO:		ESCUELA FISCAL HUMBERTO VACAS GOMEZ					
ACTIVIDAD TIPO:		INTITUCION EDUCATIVA					
LOCALIZACION:		Ricardo Izurieta Del Castillo 15-13 y Juan Bautista Aguirre					
USUARIO TIPO:		_____					
NUMERO DE USUARIOS:		1					
PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO							
ITEM	DESCRIPCION	CANT	Pn(W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
1	Computadora	40	300	100	12000	80	9.600
2	Refrigeradora	3	300	60	540	40	216
3	Microondas	2	1500	40	1200	20	240
4	Equipo de sonido	3	700	20	420	20	84
5	Televisor	4	300	50	600	30	180
6	Licuadaora	1	250	80	200	80	160
7	Arrocera	1	300	80	240	80	192
8	Waflera	1	800	80	640	80	512
9	Lavadora	1	1000	40	400	30	120
10	DVD	1	250	70	175	60	105
11	Fax	1	250	20	50	20	10
12	Ducha eléctrica	1	3000	40	1200	10	120
13	Cafetera	1	500	80	400	80	320
14	Focos ahorradores	63	20	80	1008	80	806
15	Lámparas fluorescentes	21	80	80	1344	80	1.075
16	Tomacorrientes polarizados dobles	48	300	70	10080	60	6.048
T O T A L					16465		11.419
Factor de Diversidad	1						
Factor de Potencia FP	0,92			Factor de Demanda FDM=DMU(w)/CIR(w)			0,69
DMU (kVA)	12,41						
Ti (%)	0,00			DEMANDA TOTAL DIVERSIFICADA (KVA)			11,17
(1+Ti/100)^10	1,00						
DMUp (kVA)	12,41						
 Ing. Carlos Chiluisa LP: 03-17-2852							
Observaciones:							

ANEXO C

CALCULO DE LA TUBERÍA

Diámetro nominal		Diámetro interior (mm)	Área interior total (mm ²)	Área disponible para conductores (mm ²)	
mm	pulg.			40% (para 3 conductores o más)	30% (para 2 conductores
13	1/2"	15,81	196	78	59
19	3/4"	21,3	356	142	107
25	1"	26,5	552	221	166
32	1 1/4"	35,31	979	392	294
38	1 1/2"	41,16	1331	532	399
51	2"	52,76	2186	874	656
63	2 1/2"	62,71	3088	1235	926
76	3"	77,93	4769	1908	1431
89	3 1/2"	90,12	6318	2551	1913
102	4"	102,26	8213	3285	2464

ANEXO D

TABLA PARA CONDUCTORES ELECTRICOS TW, THW Y TTU QUE SE RECOMIENDA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

CABLES DE COBRE TIPO TW - 600 V - 60° C

Calibre	CONDUCTOR			Espesor de Aislam.	Diámetro Exterior Aprox.	Peso Total Aprox.	CAPACIDAD		Longitud Normal Empaque
	Sección Aprox.	Diámetro Aprox.	Peso Aprox.				*	**	
AWG o MCM	mm ²	mm	Kg/Km	mm	mm	Kg/Km.	Amp.	Amp.	mtrs.
18 Sol.	0.8	1.02	7.32	0.76	2.54	13.7	6	-	100
16 ..	1.3	1.29	11.62	0.76	2.81	19.0	8	-	..
14 ..	2.1	1.63	18.55	0.76	3.15	27.1	15	20	..
12 ..	3.3	2.05	29.34	0.76	3.57	39.3	20	25	..
10 ..	5.3	2.59	46.84	0.76	4.11	58.7	30	40	..
8 ..	8.4	3.26	74.20	1.14	5.54	97.5	40	60	..
6 ..	13.3	4.11	118.20	1.52	7.15	158.1	55	80	..
8 7h	8.4	3.69	75.85	1.14	5.97	104.4	40	60	..
6 ..	13.3	4.65	120.60	1.52	7.69	169.5	55	80	..
4 ..	21.1	5.88	190.58	1.52	8.92	250.2	70	105	..
2 ..	33.6	7.41	302.66	1.52	10.45	377.5	95	140	..
1/0 ..	53.5	9.36	485.01	2.03	13.42	603.0	125	195	..
2/0 ..	67.4	10.50	611.40	2.03	14.56	744.0	145	225	..
3/0 ..	85.0	11.79	771.0	2.03	15.85	920.9	165	260	..
4/0 ..	107.2	13.26	972.3	2.03	17.32	1143.0	195	300	..
1/0 19h	53.5	9.45	484.90	2.03	13.61	598.5	125	195	..
2/0 ..	67.4	10.60	611.40	2.03	14.66	739.0	145	225	..
3/0 ..	85.0	11.95	771.00	2.03	16.01	918.0	165	260	..
4/0 ..	107.2	13.40	972.30	2.03	17.46	1135.7	195	300	..
250 37h	126.6	14.62	1157.90	2.41	19.44	1362.3	215	340	..
300 ..	152.0	16.00	1389.50	2.41	20.82	1613.3	240	375	..
350 ..	177.4	17.30	1622.00	2.41	22.12	1864.4	260	420	..
400 ..	207.7	18.49	1853.00	2.41	23.31	2112.8	280	455	..
500 ..	253.4	20.65	2316.00	2.41	25.47	2608.0	320	515	..
600 ..	304.0	22.63	2780.00	2.79	28.21	3148.1	355	575	..
600 61h	304.0	22.68	2780.00	2.79	28.26	3148.1	355	575	..
700 ..	354.7	24.48	3242.00	2.79	30.06	3641.0	385	630	..
750 ..	380.0	25.35	3474.00	2.79	30.93	3888.0	400	655	..
800 ..	405.4	26.17	3705.00	2.79	31.75	4134.0	410	680	..
1000 ..	506.7	29.26	4632.00	2.79	34.84	5117.0	455	730	..

* Capacidad de conducción para no más de 3 conductores en conduit, bandeja cable o directamente enterrado a temperatura ambiente de 30°C.

** Capacidad de conducción para un conductor en aire a temperatura ambiente de 30°C.



Colores: Negro, blanco, rojo, amarillo, azul, verde.
PARA CALIBRES GAWG - 1000 MCM SOLO NEGRO

Especificaciones:

Elaborado y probado de acuerdo a la última revisión de: ASTM - B3, B8; UL 83, IPCEA S - 61 - 402; NEMA WC - 5; INEN EL, NEC.

Aislante:

Polivinil Cloride, resistente a la humedad, no propaga la llama, temperatura máxima del conductor: 60°C

Aplicaciones:

Sistemas de alambrado eléctrico en edificaciones, conexiones de tableros de control, donde el voltaje no sea superior a 600V c.a.

CABLES DE COBRE TIPO THW - 600 V - 75° C

CONDUCTOR				Espesor de Aislam.	Diámetro Exterior Apróx.	Peso Total Apróx.	CAPACIDAD		Longitud de Empaque
Calibre	Sección	Diámetro Apróx.	Peso Apróx.				*	**	
AWG ó MCM	mm ²	mm.	Kg/Km	mm.	mm.	Kg/Km	Amp.	Amp.	mts.
14 Sol.	2.08	1.63	18.55	1.14	3.91	32.44	15	20	100
12 "	3.31	2.05	29.34	1.14	4.33	45.34	20	25	"
10 "	5.26	2.59	46.84	1.14	4.87	65.54	30	40	"
8 "	8.37	3.26	74.20	1.52	6.30	106.16	50	70	"
8 7h.	8.37	3.69	75.05	1.52	6.73	112.68	50	70	"
6 "	13.30	4.65	120.60	1.52	7.69	166.29	65	95	"
4 "	21.15	5.88	190.58	1.52	8.92	247.17	85	125	"
2 "	33.62	7.41	302.66	1.52	10.45	373.67	115	170	"
1/0 19h.	53.51	9.45	484.90	2.03	13.51	600.17	150	230	"
2/0 "	67.44	10.63	611.40	2.03	14.69	740.59	175	265	"
3/0 "	85.02	11.95	771.00	2.03	16.01	916.23	200	310	"
4/0 "	107.22	13.40	972.30	2.03	17.46	1135.72	230	360	"
250 37h	126.68	14.63	1157.90	2.41	19.45	1362.65	205	405	"
300 "	152.01	16.03	1389.50	2.41	20.85	1613.88	285	445	"
350 "	177.35	17.29	1622.00	2.41	22.11	1864.45	310	505	"
400 "	202.68	18.48	1853.00	2.41	23.30	2112.85	335	545	"
500 "	253.35	20.65	2316.00	2.41	25.47	2608.39	380	620	"
600 61h	304.02	22.68	2780.00	2.79	28.26	3148.11	420	690	"
700 "	354.69	24.48	3242.00	2.79	30.06	3641.36	460	755	"
750 "	380.03	25.38	3474.00	2.79	30.96	3889.25	475	785	"
800 "	405.36	26.19	3705.00	2.79	31.77	4134.69	490	815	"
1000 "	506.70	29.25	4632.00	2.79	34.83	5117.54	520	870	"

Colores: Blanco - negro - rojo - azul - amarillo - verde.
Para calibres 8 AWG - 1000 - MCM solo negro

Especificaciones:
Elaborado y probado de acuerdo a la última revisión de: ASTM B3, B8, UL 83, INEN - EL, NEC.

Aplicaciones:
Generales: Alambrado eléctrico en edificaciones, conexiones de tableros, controles, etc.



Especiales: Locales húmedos donde la temperatura del conductor no exceda los 75°C. Para interconexión de motores donde las condiciones de operación sean rigurosas y se requiera un máximo de seguridad

TTU - COBRE - 2000V - 75° C

Conductor				Espesor Aislamiento	Espesor Chaqueta	Diámetro Exterior Aprox	Peso Total Aprox	Capacidad	
Calibre	Sección Aprox.	Diámetro Aprox.	Peso Aprox					(*)	(**)
AWG ó MCM	mm ²	mm	Kg/Km	mm	mm	mm	Kg/Km	Amp.	Amp.
8 - 7h	8.4	3.69	75.9	1.14	1.14	8.25	130.38	50	70
6 - "	13.3	4.65	120.0	1.40	1.14	9.73	192.14	65	95
4 - "	21.1	5.88	191.8	1.40	1.14	10.96	277.19	85	125
2 - "	33.6	7.41	304.9	1.40	1.14	12.49	407.32	115	170
1/0 - "	53.5	9.36	484.9	1.65	1.14	14.94	622.05	150	230
2/0 - "	67.4	10.50	611.4	1.65	1.14	16.08	763.10	175	265
3/0 - "	85.0	11.79	711.0	1.65	1.14	17.37	879.67	200	310
4/0 - "	107.2	13.26	972.3	1.65	1.14	18.84	1160.8	230	360
1/0 - 19 h	53.5	9.45	484.9	1.65	1.14	15.03	619.48	150	230
2/0 - "	67.4	10.50	611.4	1.65	1.14	16.18	759.76	175	265
3/0 - "	85.0	11.95	711.0	1.65	1.14	17.53	877.31	200	310
4/0 - "	107.2	13.40	972.3	1.65	1.14	18.98	1155.3	230	360
250 - 37 h	126.6	14.62	1157.9	1.90	1.65	21.72	1410	255	405
300 - "	152.0	16.00	1389.5	1.90	1.65	23.10	1662	285	445
350 - "	177.4	17.30	1622	1.90	1.65	24.40	1915	310	505
400 - "	202.7	18.49	1853	1.90	1.65	25.59	2164	335	545
500 - "	253.4	20.65	2316	1.90	1.65	27.76	2661	380	620
600 - "	304.0	22.63	2780	2.29	1.65	30.51	3192	420	690
700 - 61 h	354.7	24.48	3242	2.29	1.65	32.36	3684	460	755
750 - "	380.0	25.35	3474	2.29	1.65	33.23	3932	475	785
800 - "	405.4	26.17	3705	2.29	1.65	34.05	4177	490	815
1000 - "	506.7	29.26	4632	2.29	1.65	37.14	5159	545	935

Especificaciones:

Elaborado y probado de acuerdo a la última revisión de: ASTM -B3 -B8 IPCEA - S- 61 - 402, NEMA WC - 5 - 1973, INEN - EL, NEC.

Aplicaciones:

Líneas aéreas, instalación en ductos o tuberías (conduit) o directamente enterradas, en lugares secos o húmedos donde la temperatura del conductor no exceda de 75°C

Voltaje de servicio: 2000 V c.a.

Construcción:

Conductor de cobre aislado con una capa de polietileno natural y sobre ésta colocada una chaqueta de PVC negro.



ANEXO E

Resistencia y Reactancia de CA para cables de de 600 voltios, trifásicos, 60Hz, 75°C (167°F). Tres conductores sencillos en conduit.

Ohms a neutro por cada 1000 pies															
Calibre AWG/ Kcmil	XL (Reactancia) para todos los alambres		Resistencia de ca para alambres de cobre sin recubrimiento			Resistencia de ca para alambres de aluminio			Z efectiva a FP de 0.85 para alambres de cobre sin recubrimiento			Z efectiva a FP de 0.85 para alambres de aluminio			Calibre AWG/ Kcmil
	Conduits PVC, Al	Conduits acero	Conduits PVC	Conduits Al	Conduits acero	Conduits PVC	Conduits Al	Conduits acero	Conduits PVC	Conduits Al	Conduits Acero	Conduits PVC	Conduits Al	Conduits acero	
14	0.058	0.073	3.1	3.1	3.1	—	—	—	2.7	2.7	2.7	—	—	—	14
12	0.054	0.068	2.0	2.0	2.0	3.2	3.2	3.2	1.7	1.7	1.7	2.8	2.8	2.8	12
10	0.050	0.063	1.2	1.2	1.2	2.0	2.0	2.0	1.1	1.1	1.1	1.8	1.8	1.8	10
8	0.052	0.065	0.78	0.78	0.78	1.3	1.3	1.3	0.69	0.69	0.70	1.1	1.1	1.1	8
6	0.051	0.064	0.49	0.49	0.49	0.81	0.81	0.81	0.44	0.45	0.45	0.71	0.72	0.72	6
4	0.048	0.060	0.31	0.31	0.31	0.51	0.51	0.51	0.29	0.29	0.30	0.46	0.46	0.46	4
3	0.047	0.059	0.25	0.25	0.25	0.40	0.41	0.40	0.23	0.24	0.24	0.37	0.37	0.37	3
2	0.045	0.057	0.19	0.20	0.20	0.32	0.32	0.32	0.19	0.19	0.20	0.30	0.30	0.30	2
1	0.046	0.057	0.15	0.16	0.16	0.25	0.26	0.25	0.16	0.16	0.16	0.24	0.24	0.25	1
1/0	0.044	0.055	0.12	0.13	0.12	0.20	0.21	0.20	0.13	0.13	0.13	0.19	0.20	0.20	1/0
2/0	0.043	0.054	0.10	0.10	0.10	0.16	0.16	0.16	0.11	0.11	0.11	0.16	0.16	0.16	2/0
3/0	0.042	0.052	0.077	0.082	0.079	0.13	0.13	0.13	0.088	0.092	0.094	0.13	0.13	0.14	3/0
4/0	0.041	0.051	0.062	0.067	0.063	0.10	0.11	0.10	0.074	0.078	0.080	0.11	0.11	0.11	4/0
250	0.041	0.052	0.052	0.057	0.054	0.085	0.090	0.086	0.066	0.070	0.073	0.094	0.098	0.10	250
300	0.041	0.051	0.044	0.049	0.045	0.071	0.076	0.072	0.059	0.063	0.065	0.082	0.086	0.088	300
350	0.040	0.050	0.038	0.043	0.039	0.061	0.066	0.063	0.053	0.058	0.060	0.073	0.077	0.080	350
400	0.040	0.049	0.033	0.036	0.035	0.054	0.059	0.055	0.049	0.053	0.056	0.066	0.071	0.073	400
500	0.039	0.048	0.027	0.032	0.029	0.043	0.048	0.045	0.043	0.048	0.050	0.057	0.061	0.064	500
600	0.039	0.048	0.023	0.028	0.025	0.036	0.041	0.038	0.040	0.044	0.047	0.051	0.055	0.058	600
750	0.038	0.048	0.019	0.024	0.021	0.029	0.034	0.031	0.036	0.040	0.043	0.045	0.049	0.052	750
1000	0.037	0.048	0.015	0.019	0.018	0.023	0.027	0.025	0.032	0.036	0.040	0.039	0.042	0.046	1000

La “Z efectiva” se define como $R\cos\theta + X\sin\theta$, donde θ es el ángulo del factor de potencia del circuito. Si se multiplica la corriente por la impedancia efectiva, da una buena aproximación para la caída de voltaje línea – neutro. Los valores de impedancia efectiva que se muestran en esta tabla sólo son válidos con un factor de potencia de 0.85. Para otro factor de potencia (FP) de circuito se puede calcular la impedancia efectiva (Z_e) a

partir de los valores de R y XL proporcionados en esta tabla, de modo siguiente: $Z_e = R \times$
FP x
XL sen [arcos (FP)]

ANEXO F

FORMULARIO PARA CALCULAR LA RESISTENCIA CON DIFERENTE TIPO Y CONFIGURACIÓN DE ELECTRODO (IEEE 8td142 – 1991)

#	Símbolo	Descripción	Fórmula
1		Hemisferio, radio a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
2		Varilla longitud L, radio a	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
3		Dos varillas S>L separación s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \left(\frac{\rho}{4\pi s} \right) \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right)$
4		Dos varillas S<L separación s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
5		Alambre horizontal enterrado Longitud 2L, profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
6		Alambre en ángulo recto Longitud de un lado L Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^4}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L} \dots \right)$
7		Estrella de tres puntas Longitud de un lado L Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^3}{L^8} - 0.054 \frac{s^4}{L} \dots \right)$
8		Estrella de cuatro puntas Longitud de lado L Profundidad 2/s	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^8} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
9		Estrella de seis puntas Longitud de lado L Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^3} - 0.409 \frac{s^4}{L^5} \dots \right)$
10		Estrella de ocho puntas Longitud de lado L Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^2}{L^3} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
11		Anillo de alambre Diámetro del anillo O Diámetro del alambre d Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
12		Placa enterrada horizontalmente Longitud 2L, sección a por b, profundidad s/2 b < a/8	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$

ANEXO G

REFERENCIA PARA EL FACTOR DE MULTIPLICACIÓN F EN RELACIÓN AL NÚMERO DE VARILLAS USADAS EN UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (IEEE Std142-1991)

Table 14—Multiplying Factors for Multiple Rods

Number of Rods	F
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.80
16	1.92
20	2.00
24	2.16

ANEXO H

Utilización de la Tabla del Código de la NEC para determinar el calibre del conductor de tierra.

		Conductores				Resistencia de C. C. a 75° C (165 °F)		
Calibre AWG/ Kcmil	Area Circ. Mils	Cantidad	Diámetro pulgadas	Diámetro pulgadas	Area pulgadas cuadradas	Sin Recubrimiento Ohm/mp	Con recubrimiento	OHM/MIL Pies
18	1620	1	.....	0.040	0.001	7.77	8.08	12.8
18	1620	7	0.015	0.046	0.002	7.95	8.45	13.1
16	2580	1	.....	0.052	0.002	4.89	5.08	8.05
16	2580	7	0.019	0.058	0.003	4.99	5.29	8.21
14	4110	1	.....	0.064	0.003	3.07	3.19	5.06
14	4110	7	0.024	0.073	0.004	3.14	3.26	5.17
12	6350	1	.....	0.081	0.005	1.93	2.01	3.18
12	6350	7	0.030	0.092	0.006	1.98	2.05	3.25
10	10380	1	.....	0.102	0.08	1.21	1.26	2.00
10	10380	7	0.038	0.116	0.011	1.24	1.29	2.04
8	16510	1	.....	0.128	0.013	0.764	0.786	1.26
8	16510	7	0.049	0.146	0.017	0.778	0.809	1.28
6	26240	7	0.061	0.184	0.027	0.491	0.510	0.808
4	41740	7	0.077	0.232	0.042	0.308	0.321	0.508
3	52620	7	0.087	0.260	0.053	0.245	0.254	0.403
2	66360	7	0.097	0.292	0.067	0.194	0.201	0.319
1	83690	19	0.066	0.332	0.087	0.154	0.160	0.253
1/0	105600	19	0.074	0.373	0.109	0.122	0.127	0.201
2/0	133100	19	0.084	0.419	0.138	0.0967	0.101	0.159
3/0	167800	19	0.096	0.470	0.173	0.0766	0.0797	0.126
4/0	211600	19	0.106	0.528	0.219	0.0608	0.0626	0.100
250	.....	37	0.082	0.575	0.260	0.0515	0.0535	0.0847
300	.....	37	0.090	0.630	0.312	0.0429	0.0446	0.0707
350	.....	37	0.097	0.681	0.364	0.0367	0.0382	0.0605
400	.....	37	0.104	0.728	0.416	0.0321	0.0331	0.0529
500	.....	37	0.116	0.813	0.519	0.0258	0.0265	0.0424
600	.....	61	0.099	0.893	0.626	0.0214	0.0223	0.0353
700	.....	61	0.107	0.964	0.730	0.0184	0.0189	0.0303
750	.....	61	0.111	0.998	0.782	0.0171	0.0176	0.0282
800	.....	61	0.114	1.03	0.834	0.0161	0.0166	0.0265
900	.....	61	0.122	1.09	0.940	0.0143	0.0147	0.0235
1000	.....	61	0.128	1.15	1.04	0.0129	0.0132	0.0212
1250	.....	91	0.117	1.29	1.30	0.0103	0.0106	0.0169
1500	.....	91	0.128	1.41	1.57	0.00858	0.00883	0.0141
1750	.....	127	0.117	1.52	1.83	0.00735	0.00756	0.0121
2000	.....	127	0.126	1.63	2.09	0.00643	0.00662	0.0106

ANEXO I

PLANOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA ESCUELA FISCAL “HUMBERTO VACAS GÓMEZ”