

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

MEJORAMIENTO, READECUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA A TIERRA EN LA “ESCUELA FISCAL MIXTA HUMBERTO VACAS GOMEZ”.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECÁNICA

ALVERCA JIMÉNEZ EDISON JAVIER

(edisonalverca@hotmail.com)

PAREJA MONTESDEOCA EDISON PATRICIO

(eppareja@hotmail.com)

DIRECTOR: ING. CARLOS ALBERTO CHILUISA RIVERA

(carlos.chiluisa@epn.edu.ec)

Quito, mayo, 2013.

DECLARACIÓN

Nosotros, Alverca Jiménez Edison Javier y Edison Patricio Pareja Montesdeoca, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría; que no han sido previamente presentadas para ningún grado o calificación profesional; y que hemos investigado de las referencias bibliográficas descritas en el proyecto.

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



Alverca Jiménez Edison Javier



Edison Patricio Pareja Montesdeoca

CERTIFICACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo fue desarrollado por Alverca Jiménez Edison Javier y Edison Patricio Pareja Montesdeoca bajo mi supervisión.



Ing. Carlos Chiluisa
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Damos nuestros más sinceros agradecimientos a la Escuela Politécnica Nacional, a los señores profesores y sobre todo a nuestro director de tesis el señor ingeniero Carlos Alberto Chiluisa Rivera, quienes ofreciendo sus conocimientos forjaron en nosotros una profesión útil para nuestros propósitos y metas.

DEDICATORIA

A mis padres, Marco Alverca y Nely Jiménez por su dedicación, sacrificio, entrega, comprensión y amor. Inculcándome valores éticos y morales en mi vida personal y académica.

A mis hermanos Katherine Alverca y Andrés Alverca por todo su apoyo y comprensión en los momentos más difíciles.

A Catalina Pérez por su comprensión ante todas las adversidades presentadas.

A mi compañero de tesis por apoyarme ante los reveses y dificultades presentadas en el proyecto.

Edison Javier Alverca Jiménez

DEDICATORIA

A mi madre Teresa Montesdeoca quien me dio la vida y que con su esfuerzo y abnegación supo apoyarme para encaminarme en el bien. A mi padre quien me inculcó sentido de responsabilidad.

A mi tía, Ana Montesdeoca quien apoyo mucho a mi familia. A la familia Morocho Negrón quienes me recibieron como un integrante más de su familia.

A la señora Ruth Hidalgo quien me apoyó mucho en mi vida estudiantil.

A mi compañero de tesis por todo su apoyo incondicional.

A mis tías, familiares, profesores y amigos quienes siempre con su apoyo me ayudaron a superarme personal y profesionalmente.

Edison Patricio Pareja Montesdeoca

RESUMEN

Para la ejecución del proyecto, primero se realizó un estudio a profundidad de la instalación eléctrica de la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” empezando desde el tablero principal, subtableros y sus circuitos.

Una vez realizado el estudio general de la institución y apegándonos a los diseños previamente realizados del sistema eléctrico y el sistema de puesta a tierra se a ejecutar los diseños planteados.

Para la ejecución del proyecto se escogió el tipo y cantidad de material acuerdo al presupuesto otorgado del estado a la institución además de la inversión de los ejecutantes del proyecto.

A continuación se procedió a ejecutar el diseño de las instalaciones eléctricas y la puesta a tierra.

Al finalizar se realizaron las pruebas pertinentes para verificar el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas y el sistema de puesta a tierra.

INTRODUCCIÓN

La educación es uno de los aspectos más importantes que cada gobierno o estado en el mundo pone en énfasis, para el desarrollo de los pueblos. El gobierno vigente no deja de lado esta necesidad fundamental en nuestra sociedad. En la actualidad el gobierno realiza algunos proyectos para mejorar la infraestructura de escuelas, colegios y universidades públicas pero se lo hace lentamente y los presupuestos asignados no son suficientes para cubrir las necesidades requeridas por las instituciones.

Una de las instituciones educativas fiscales que presentan bajos presupuestos asignados por el estado es la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” que al tener un problema en el sistema eléctrico de la institución, por medio del señor rector y personal docente del plantel, se dirigieron al Ingeniero Carlos Chiluisa, docente de la Escuela Politécnica Nacional e Ingeniero calificado por la EEQ, solicitándole les ayude con un estudio de campo para poder solucionar el grave problema en el sistema eléctrico que presentaba la Institución.

El Ingeniero Carlos Chiluisa nos comento acerca de este proyecto, tomando en cuenta que nosotros poseemos los conocimientos referentes a instalaciones eléctricas, y con el fin de obtener el Título de Tecnólogo Electromecánico, decidimos ejecutar este proyecto de titulación.

Para tener más claro el problema existente en la institución, se realizó una inspección técnica del lugar, encontrando un sistema eléctrico deficiente en pésimo estado, y poniendo en serio riesgo a personas y a los aparatos eléctricos en especial al centro de cómputo ya que por fallas eléctricas algunos computadores se habían quemado porque carecían de un sistema de puesta a tierra.

Se encontró un sistema de iluminación en mal estado, afectando en las noches, el desenvolvimiento normal de clases. Conforme se iba avanzando con el análisis técnico era evidente que el sistema había sido manipulado por personas no capacitadas y por este motivo se encontró empalmes empíricos, conductores sueltos y conductores recalentados esto permitía que exista una mayor caída de voltaje presentándose así problemas en ciertos equipos, es decir, impidiendo el correcto funcionamiento de estos. Por estas razones fue imperioso un cambio radical de conductores, tomacorrientes, interruptores y tableros que se encontraban en mal estado.

Todos estos problemas impedían un desarrollo académico completo de los educandos y un serio riesgo a los alumnos de la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” por tal razón se procedió a aplicar todos los

conocimientos aprendidos en la Escuela Politécnica Nacional, en la Escuela de Formación de Tecnólogos, Tecnología en Electromecánica.

Al tener problemas en el centro de cómputo y ante la carencia de un sistema de puesta a tierra, se procedió hacer un análisis de la resistividad del terreno y el área adecuada para desarrollar una correcta puesta a tierra y así mantener fuera de riesgos a equipos electrónicos especialmente a los computadores.

Una vez culminado todo el proceso mencionado, se logro cumplir con la readecuación e implementación de un sistema eléctrico y un sistema de puesta a tierra, garantizando un funcionamiento correcto, eficiente y seguro.

La ejecución del proyecto se llevó a cabo por el presupuesto asignado por el estado y por las personas ejecutantes del proyecto.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.....	1
1.1. SISTEMAS ELÉCTRICOS CONVENCIONALES.....	1

CAPÍTULO II

2. NORMAS ELÉCTRICAS.....	9
2.1. APLICACIÓN AL PROYECTO.....	9
2.2. TÉRMINOS ELÉCTRICOS.....	10
2.3. SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA.....	13

CAPÍTULO III

3. PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	14
3.1. REQUISITOS DE LA PROTECCIÓN.....	14
3.2. FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	16
3.2.1. TIPOS DE FALLAS.....	16
3.3. PROTECCIONES CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS.....	18
3.3.1. FUNCIONAMIENTO DE FUSIBLES.....	18
3.3.2. DISYUNTORES TERMOMAGNÉTICOS (BREAKERS).....	20
3.3.3. CÁLCULO DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	28

CAPÍTULO IV

4. ALIMENTADORES.....	31
4.1. TIPOS DE CONDUCTORES O ALIMENTADORES.....	31
4.2. CÁLCULO DE CONDUCTORES.....	34

CAPÍTULO V

5. TABLEROS ELÉCTRICOS.....	40
5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS TABLEROS.....	42

CAPÍTULO VI

6.CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA.....	44
6.1. CONCEPTOS GENERALES.....	44
6.2. CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE LOS CIRCUITOS.....	48
6.2.1. CÁLCULO DEL CIRCUITO DE ILUMINACIÓN.....	48
6.2.2.CÁLCULO DEL CIRCUITO DE FUERZA.....	54

CAPÍTULO VII

7. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	59
7.1. SISTEMAS DE TIERRAS.....	59
7.2. RESISTIVIDADDEL TERRENO.....	61
7.3. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA.....	64
7.4. DIFERENTES ESQUEMAS Y DISPOSICIONES DE CONEXIÓN A TIERRA.....	68
7.5 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA HUMBERTO VACAS GOMEZ.....	75
7.6. EJECUCIÓN DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA EN LA ESCUELA FISCAL MIXTA HUMBERTO VACAS GOMEZ.....	85

CAPÍTULO VIII.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
8.1. CONCLUSIONES.....	89

8.2. RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
PRESUPUESTO.....	92
ANEXO 1.....	95
ANEXO 2.....	96
ANEXO 3.....	97
ANEXO 4.....	98
ANEXO 5.....	99
ANEXO 6.....	100
ANEXO 7.....	101
ANEXO 8.....	102

CAPÍTULO I

1.GENERALIDADES.

Un sistema eléctrico es el recorrido de la electricidad a través de un conductor, desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo. Entendemos por sistema eléctrico a un conjunto de dispositivos cuya función es proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos tales como luces, electrodomésticos y diversos instrumentos.¹

En sí un sistema eléctrico propiamente dicho está constituido por todos aquellos elementos y dispositivos destinados a conducir energía eléctrica, conectados en circuito cerrado y cuya función es la 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.

El sistema eléctrico es el medio que se utiliza para la distribución de la energía eléctrica.

1.1.SISTEMAS ELÉCTRICOS CONVENCIONALES.

Un sistema eléctrico convencional está constituido por los siguientes elementos:

- a) Interruptores Principales.
- b) Tableros de Distribución.
- c) Tuberías.
- d) Cables.
- e) Aparatos de Alumbrado.
- f) Salidas para conexión de Equipos Portátiles (Tomacorrientes).
- g) Sistema de Puesta a Tierra.

¹<http://es.scribd.com/doc/100560397/Sistemas-electricos>

- h) Dispositivo para Control de Alumbrado.
- i) Cajas de Empalme y/o Derivación.

A continuación se realiza una descripción general de los componentes de un Sistema Eléctrico Convencional.

a. Interruptores Principales:

Su función es proteger los cables de la acometida principal, de los posibles daños originados por excesos de circulación de corriente o debido a cortocircuitos. Son interruptores térmicos cuyas características dependen de la carga conectada. Generalmente son instalados en cajas metálicas, cuyas características son reguladas por las empresas de servicio.

b. Tableros de Distribución:

Los Tableros de Distribución o centro de cargas representan el corazón de la instalación eléctrica. De ellos se derivan los circuitos ramales que alimentan los diferentes aparatos y equipos incorporados al sistema. Un centro de carga está constituido por los siguientes elementos:

- Caja metálica con frente y tapa.
- Barras (1 por fase).
- Interruptores de Protección.
- Barra de neutros.

La caja generalmente es fabricada en chapa de acero galvanizado. El frente, del mismo material, está equipado con una puerta de bisagras, con cerraduras y llave.

Las barras, generalmente de cobre, están dimensionadas en función de la capacidad en amperios de la carga conectada. Un tablero convencional puede estar equipado o no con interruptor principal, y el número de interruptores secundarios depende del número de circuitos ramales requeridos por la instalación. Los interruptores más utilizados son del tipo termomagnético (breakers).

La barra de neutros se ubica en la parte inferior de la caja y debe tener terminales numerados para la conexión de los conductores neutros en los circuitos.

c. Tuberías.

Las Tuberías que forman parte de una instalación eléctrica convencional pueden ser metálicas (acero galvanizado) o plásticas (PCV), instaladas o superficiales, dependiendo de las características del sistema.

El diámetro mínimo exigido por ciertos Códigos Eléctricos son 1/2". Los tamaños comerciales para ambos tipos de tuberías, de fabricación usual en el país son los siguientes: Ø 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 3", 4" y 5".

La tubería metálica para uso eléctrico puede ser rígida o flexible, dependiendo de la aplicación. Sus extremos pueden ser lisos (tubería EMT) a roscados (Tubería conduit). Las uniones entre tubos se realizan utilizando anillos del mismo material, de fabricación convencional, para los diferentes diámetros comerciales como se observa en la Figura 1.

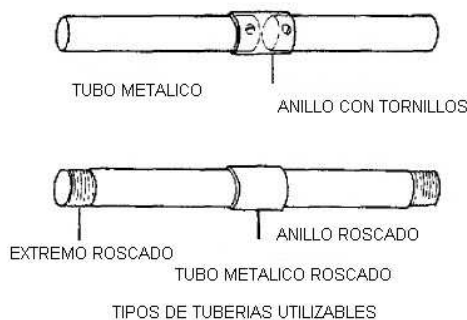


Figura 1. Tipo de Tuberías

d. Cables:

Los cables componentes de una instalación eléctrica pueden ser de cobre o aluminio. Usualmente se utilizan conductores de cobre monopolares, de calibres no menor al N° 14 AWG

Los calibres, partiendo de menor a mayor, de fabricación estándar en el país son:

AWG N° 14, 12, 10, 8, 6, 4, 2, 1/0, 2/0, 3/0 y 4/0.

MCM N°250, 300, 350, 400 y 500.

Los códigos AWG y MCM corresponden a convenciones norteamericanas de medida:

AWG = American WireGage

MCM = Mil Circular Mil.

e. Aparatos de Alumbrado

Los Aparatos de Alumbrado de instalación visual en una edificación escolar, comprenden:

- Luminarias Fluorescentes.
- Lámparas Incandescentes para uso interior.
- Lámparas (reflectores) incandescentes para uso exterior.
- Actualmente se utilizan luces led, con el fin de cuidar el medio ambiente

De acuerdo con el tipo de montaje pueden ser clasificadas como:

- Tipo para montaje superficial en techo o pared.
- Tipo para montaje embutida en cielo raso.

Las luminarias para montaje superficial en techo pueden ser, en función de la estética de la edificación, del tipo "abierto" (industrial) o "cerrada", con difusor lumínico incorporado, en las siguientes figuras 1.2a y 1.2b se muestran tipos de luminarias fluorescentes.

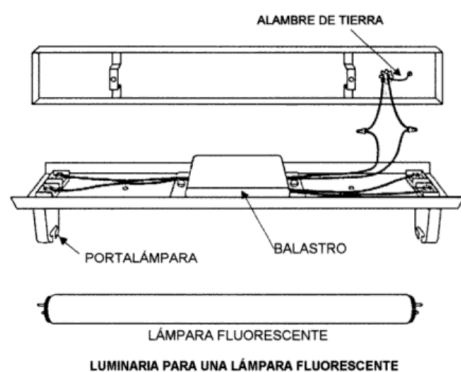


Figura 1.2a. Lámpara Fluorescente

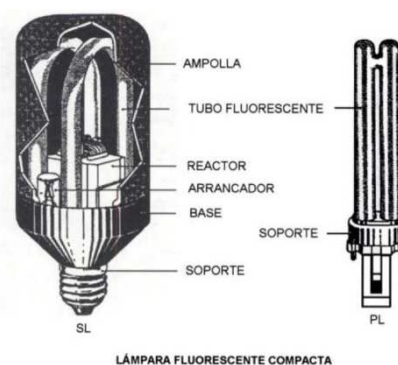


Figura 1.2b. Lámpara Fluorescente Compacta

f. Tomacorrientes:

Son dispositivos que se utilizan para conectar los aparatos a la energía eléctrica. Por lo general, están montados en las paredes o el piso para proveer electricidad por medio de un cable y de un enchufe a los aparatos, lámparas, televisores, etc.²

Los tomacorrientes para uso general son del tipo de doble entrada (tomacorrientes dobles) y para conexión de equipos específicos, tales como: enfriadores de agua, equipos de computación y otros, de uso sencillo. Estos últimos deben ser con conexión a tierra, aunque recomienda que todos incluso los de uso general instalados en áreas generales y pasillos, también lo sean los tomacorrientes ubicados en áreas exteriores o en ambientes húmedos, tales como en cuartos de bombas y salas de baños, son del tipo a prueba de agua o intemperie equipados con tapas herméticas como se observa en la figura 1.3.

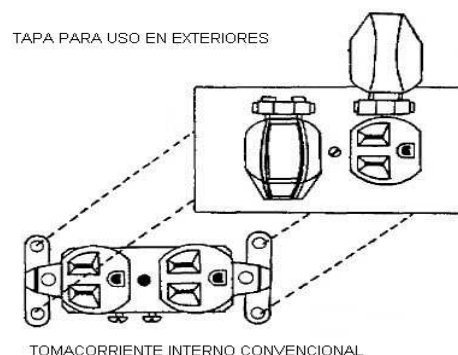


Figura 1.3. Tomacorriente con tapa para uso exterior.

g. Sistema de Puesta a Tierra³:

Un sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de equipos eléctricos y electrónicos a tierra, para evitar que se dañen nuestros equipos en caso de una corriente transitoria peligrosa.

² Electrical Safety Foundation International 1300 N. 17th St., Suite 1847

³ Conceptos más comunes de acuerdo a la NOM-001-SEDE-1999

El objetivo de un sistema de puesta a tierra es el de brindar seguridad a las personas, proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección.

Componentes del sistema puesta a tierra:

- a) Un conductor, cable, unipolar antillama de color verde o verde-amarillo de 2,5 mm² (14 AWG) que recorre todos los circuitos de la instalación domiciliaria, comercial y/o industrial. Este cable normalmente no conduce corriente eléctrica y va conectado al tercer borne de los tomacorrientes existentes en la instalación. Para una mejor comprensión es la tercer “patita” del “enchufe macho” de cualquier electrodoméstico, fácil de identificar pues es la de mayor longitud. Internamente éste cable está conectado (fijado) a la carcasa de los aparatos eléctricos.
- b) Un conductor, cable, unipolar antillama de color verde servirá para la conexión de tierra (cable que recorre la instalación) al suelo, es decir a la tierra propiamente dicha. Esta conexión se hace a través de un electrodo dispersor (varilla), de cobre con alma de acero (el cable ya en el suelo irá desnudo).
- c) El terreno o suelo que, dependiendo de sus características la puesta a tierra, puede resultar favorable o deficiente.

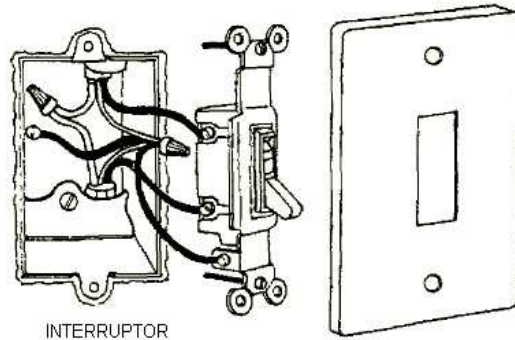
h. Dispositivos para Control de Alumbrado Interruptores:

Los dispositivos para control de alumbrado normalmente utilizados son:

- Interruptores (switches), para ambientes cerrados de uso específico.
- Contactores de alumbrado accionados por dispositivos de control auxiliar, tales como: relojes, botoneras, células

fotoeléctricas y otros, para áreas generales (pasillos, escaleras) y áreas exteriores.

Estos dispositivos de control son instalados en cajas metálicas de acero galvanizado como se puede observar en la figura 1.4, para evitar su manipulación por parte de personas no autorizadas.



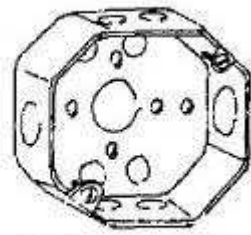
INTERRUPTOR

Figura 1.4. Interruptor

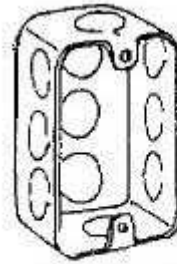
i. Cajas de empalme salida y/o derivación:

Las cajas de empalme, salidas y/o derivación generalmente son de acero galvanizado, de acuerdo a su uso como se puede ver en la figura 1.5, los tipos de cajas más comunes en una instalación convencional son:

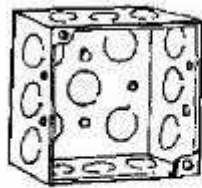
- Cajas 4" x 2" para instalación de interruptores (switches) y tomacorrientes.
- Cajas 4" x 4" para conexión de equipos especiales
- Cajas octogonales de 4" para conexión de aparatos de alumbrado existen, asimismo, en la instalación una cantidad de cajas de mayores dimensiones que son utilizadas normalmente para halado de los conductores en el momento de la ejecución de la obra o como puntos de empalme o derivación.



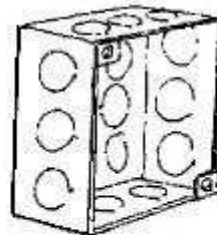
CAJETIN OCTOGONAL 4"



CAJETIN 4 x 2"



CAJETIN 4" X 4"



CAJA DE PASO



CAJETINES

Figura 1.5 Tipo de Cajetines

CAPÍTULO II

2.NORMAS ELÉCTRICAS.

Las normas eléctricas establecen las condiciones mínimas que deberán cumplir las instalaciones eléctricas para preservar la seguridad de las personas y de los bienes, así como asegurar la confiabilidad de su funcionamiento.

Para poder estandarizar la construcción de equipos eléctricos, sobre todo en lo que se refiere a dimensiones físicas, características constructivas y de operación, condiciones de seguridad, condiciones de servicio y medio ambiente, la simbología utilizada en la representación de equipos y sistemas, se han creado las Normas Técnicas. En proyectos eléctricos, las normas indican desde la manera como se deben hacer las representaciones gráficas, hasta especificar las formas de montaje y prueba a que deben someterse los equipos. Cada país posee sus propias normas, desarrolladas de acuerdo a las necesidades y experiencias acumuladas por los especialistas. Entre las normas eléctricas más utilizadas se pueden citar: National Electrical Code (NEC), American National Standards Institute (ANSI), National Electrical Manufacturers Association (NEMA), The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE). Dentro de las normas europeas, las más conocidas en nuestro país son: DIN, normas Alemanas generales, dentro de las cuales las normas VDE se dedican a los equipos eléctricos (Verband Deutscher Elektrotechniker) British Standard (BS) Union Techniqued' Electricité (UTE) International Electrotechnical Comisión (IEC).

2.1. APLICACIÓN AL PROYECTO.

Nuestro proyecto se basa en normas que se aplican en sistemas eléctricos locales entre las cuales se destacan las siguientes:

- National Electrical Code 1984 de National Fires Protection Association.
- American National Standards Institute (ANSI)
- National Electrical Manufactures Association (NEMA)

- Normas y reglamentos de la Empresa Eléctrica Quito S.A.
- Código Eléctrico Nacional, Ecuador, CPE INEN 19:2001.
- Norma ecuatoriana de construcción NEC-10, Instalaciones electromecánicas.⁴

La norma NEC-10 tiene por objeto fijar las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en bajo voltaje, con el fin de salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas, proteger los equipos y preservar el ambiente en que han sido construidas.

Esta norma contiene esencialmente exigencias de seguridad. Su cumplimiento, junto a un adecuado mantenimiento, garantiza una instalación básicamente libre de riesgos; sin embargo, no garantiza necesariamente la eficiencia, buen servicio, flexibilidad y facilidad de ampliación de las instalaciones, condiciones éstas inherentes a un estudio acabado de cada proceso o ambiente particular y a un adecuado proyecto.

Las disposiciones de esta norma están hechas para ser aplicadas e interpretadas por profesionales especializados.

2.2.TÉRMINOS ELÉCTRICOS.

Los términos técnico más usados dentro de la rama eléctrica son los siguientes:

1. **Electricidad:** Fenómeno físico resultado de la existencia e interacción de cargas eléctricas. Cuando una carga es estática, esta produce fuerzas sobre objetos en regiones adyacentes y cuando se encuentra en movimiento producirá efectos magnéticos.
2. **Corriente Eléctrica:** Es el flujo de electricidad que pasa por un material conductor; siendo su unidad de medida el amperio. y se representan por la letra I.

⁴NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10 INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS CAPÍTULO 15 MIDUVI – Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción Decreto ejecutivo N° 705 del 6 de abril del 2011







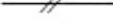


















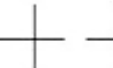



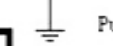







3. **Corriente Eléctrica Alterna:** El flujo de corriente en un circuito que varía periódicamente de sentido. Se le denota como corriente A.C. (Alterncurrent) o C.A. (Corriente alterna).
4. **Corriente Eléctrica Continua:** El flujo de corriente en un circuito producido siempre en una dirección. Se le denota como corriente D.C. (Directcurrent) o C.C. (Corriente continua).
5. **Amperio:** Unidad de medida de la corriente eléctrica, que debe su nombre al físico francés André Marie Ampere, y representa el número de cargas (coulombs) por segundo que pasan por un punto de un material conductor. (1Amperio = 1 coulomb/segundo).
6. **Voltaje:** El voltaje es la diferencia de potencial eléctrico hay entre dos puntos, como el trabajo que se realiza para trasladar una carga positiva de un punto a otro. La unidad de medida es el voltio (V).
7. **Voltio:** Es la unidad de fuerza que impulsa a las cargas eléctricas a que puedan moverse a través de un conductor.
8. **Voltímetro:** Es un instrumento utilizado para medir la diferencia de voltaje de dos puntos distintos y su conexión dentro de un circuito eléctrico es en paralelo.
9. **Caída de tensión** Pérdida de tensión en un circuito cuando circula la corriente.
10. **Potencia eléctrica:** Se denomina potencia eléctrica (P) a la energía eléctrica consumida por unidad de tiempo. En el Sistema Internacional de Unidades se mide en vatios (W), unidad equivalente a julios por segundo (J/s).
11. **Wat:** Es la unidad de potencia de un elemento receptor de energía (por ejemplo una radio, un televisor). Es la energía consumida por un elemento y se obtiene de multiplicar voltaje por corriente.
12. **Kilowatt:** Es un múltiplo de la unidad de medida de la potencia eléctrica y representa 1000 Watts.
13. **kWh** Kilovatio-hora, uso de mil vatios durante una hora.
14. **Puesta a Tierra:** Comprende la instalación de todas las conexiones del neutro del transformador, la carcasa del mismo y de todos los elementos metálicos requeridos a la malla de tierra instalada previamente.

- 15. Resistencia Eléctrica:** Se define como la oposición que ofrece un cuerpo a un flujo de corriente que intente pasar a través de sí.
- 16. Ohmio:** Unidad de medida de la Resistencia Eléctrica. Y equivale a la resistencia al paso de electricidad que produce un material por el cual circula un flujo de corriente de un amperio, cuando está sometido a una diferencia de potencial de un voltio.
- 17. Polaridad:** Término eléctrico que se utiliza para indicar la relación de tensión con respecto a un potencial de referencia (+).

2.3.SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA.

En la tabla 1 se muestra una selección de símbolos de equipos eléctricos utilizados en el proyecto.

Tabla 1 Símbolos de equipos eléctricos

GENERADOR	CONDUCTOR	CONTROL	RECEPTOR	VIVIENDAS
 Generador C. continua	 Conductor 1 hilo	 Interruptor	 Motor con continua	 Enchufe
 Generador C. alterna	 Conductor 2 hilos	 Interruptor Bipolar	 Lámpara incandescente	 Enchufe con Tierra
 Pila	 Conductor 3 hilos	 Pulsador abierto	 Punto de luz	 Interruptor
 Batería (o conjunto de pilas)	 Conductor Tierra	 Pulsador cerrado	 Tubo Fluorescente	 Conmutador
 Transformador	 Unión conductores con conexión	 Relé	 Resistencia	 Conmutador de cruce
	 Cruzamiento sin conexión	 Fusible	 Resistencia Variable (potenciómetro)	 Amperímetro
	 Puesta a tierra	 LDR (resisten. depende luz)	 Timbre	 Voltímetro
	 Masa (conexión de una carcasa a un polo)	 NTC (resisten. depende t°)	 Zumbador	 Contador

CAPÍTULO III

3.PROTECCIONES ELÉCTRICAS.

Se debe tener en cuenta que cualquier elemento puede fallar, es inimaginable poner en funcionamiento un sistema eléctrico, sin que tenga una protección adecuada. Las condiciones anormales originan, cambios en las magnitudes de voltaje, corriente y frecuencia, respecto a los valores permisibles. Así, los cortocircuitos encierran un considerable aumento de la corriente, al igual, que una gran caída de voltaje.

La protección es un seguro de vida que se compra para el sistema de potencia a un costo extremadamente bajo.

Un proceso de protección puede resumirse en tres etapas, a saber:

- Detectar corrientes y/o voltajes. (Medición)
- Analizar si esos valores son o no perjudiciales al sistema. (Lógica)
- Si son perjudiciales, desconectar la parte de la falla en el menor tiempo posible. (Acción).

Todo sistema eléctrico tiene el propósito de suministrar energía en forma segura, confiable y económica.

3.1. REQUISITOS DE LA PROTECCIÓN⁵.

Los requisitos indispensables para de las protecciones eléctricas son:

- 1. Confiabilidad.**
- 2. Velocidad o rapidez.**
- 3. Selectividad.**

1. Confiabilidad.

Permite garantizar las operaciones de protecciones cuando esta sea requerida, actuar en cualquier momento que se necesite, esto es, siempre que ocurra la falla para la cual se diseñó.

⁵http://es.wikipedia.org/wiki/Protecciones_de_sistemas_de_potencia

Para obtener buena confiabilidad, es fundamental realizar un adecuado mantenimiento preventivo.

Adicionalmente, deben ser capaces de censar las cantidades que describen la falla. Para ello se acostumbra a definir factores de sensibilidad.

2. Velocidad o Rapidez

Se refiere al tiempo en que la protección tarda en completar el ciclo de detección-acción. Muchos dispositivos detectan instantáneamente la falla, pero tardan fracciones de segundo en enviar la señal de disparo al interruptor correspondiente. El tiempo total de operación se da como:

$t = \text{tiempo.}$

3. Selectividad.

La protección de un sector solo debe actuar, en caso de falla en ese sector. Para facilitar el análisis de la selectividad, se acostumbra a dividir el sistema en zonas, como se muestra en la Fig. 3.1.

Debe discriminar la ubicación de la falla para aislar únicamente al equipo afectado.

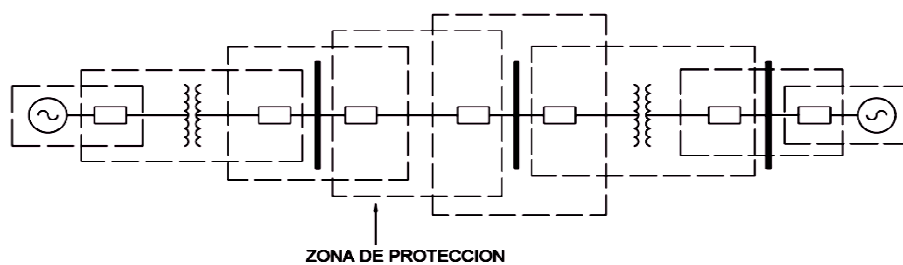


Fig. 3.1. Selectividad, divide el sistema en zonas y aísla únicamente a la falla.

3.2.FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS⁶.

Son anomalías en las cuales se pone en peligro la integridad de la instalación eléctrica, de los bienes materiales y la vida de las personas. Debido a la gravedad extrema de la situación anormal, el sistema eléctrico no puede continuar operando. Los tipos de fallas más comunes son las sobrecargas permanentes, los cortocircuitos, las fallas de aislamiento, el corte de conductores, etc.

3.2.1. TIPOS DE FALLAS

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

a) Sobrecarga:

Se produce cuando la magnitud del voltaje o corriente supera el valor nominal. Las sobrecargas de corriente más comunes se originan en el exceso de consumos en la instalación eléctrica.

Debido a esta situación de mayor demanda, se produce un calentamiento excesivo de los conductores eléctricos, lo que puede conducir a la destrucción de su aislamiento, provocando incluso su inflamación, con el consiguiente riesgo para las personas y la propiedad.

b) Cortocircuito:

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

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

⁶ Manual de protecciones de eléctricas Procobre

c) Fallas de aislamiento:

Las fallas de aislamiento no siempre dan origen a un cortocircuito. En muchos casos una falla de aislamiento en algún equipo eléctrico (el tablero, un electrodoméstico, etc.) provoca que la carcasa metálica de dicho equipo se energice, con el consiguiente peligro para la vida de las personas al sufrir una descarga eléctrica. El origen de las fallas de aislamiento está en el envejecimiento del mismo, los cortes de algún conductor, uniones mal aisladas, mala ejecución de las reparaciones, uso de artefactos en mal estado, etc.

Como hemos visto, la instalación eléctrica se debe diseñar para que en situaciones de mal funcionamiento, ante una perturbación, sea capaz de soportar esta anomalía pasajera y volver a operar correctamente, sin arriesgar la integridad de las personas, los bienes o la propia instalación.

Sin embargo, ya que es posible que ocurran anomalías más extremas, es decir fallas, es necesario incorporar medidas que protejan a las personas y a los bienes frente a los cortocircuitos y sobrecargas, dotando a las instalaciones en sistema de protecciones destinadas a minimizar los efectos de las fallas, de tal manera que al presentarse alguna, la instalación dañada pueda ser aislada para su posterior reparación.

3.3. PROTECCIONES CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS.

Toda instalación eléctrica debe estar provista de protecciones, el objetivo es reducir al máximo los efectos producidos por cortocircuitos o sobrecargas. Para esto las protecciones deben ser dimensionadas adecuadamente según las características del circuito. Las protecciones más comunes que existen son:

- Los fusibles
- Los disyuntores termomagnéticos.

3.3.1. Funcionamiento de Fusibles.

Los fusibles son aparatos de protección de las instalaciones o sus componentes, diseñados para interrumpir la corriente por la fusión de uno de sus elementos integrantes, cuando los valores de corriente en el punto protegido exceden de cierto valor establecido durante un tiempo preestablecido.

Los fusibles están compuestos por un hilo conductor de bajo punto de fusión, el que se sustenta entre dos cuerpos conductores, en el interior de un envase cerámico o de vidrio, que le da su forma característica al fusible.

Este hilo conductor permite el paso de corriente por el circuito mientras los valores de ésta se mantengan entre los límites aceptables. Si estos límites son excedidos, el hilo se funde, despejando la falla y protegiendo así la instalación de los efectos negativos de este exceso.

3.3.1.1. Clases de fusión en los fusibles.

El tipo de fusión es otra característica importante a considerar en la elección de un fusible y dependerá de los tipos de cargas conectadas al circuito que se desea proteger, ya sean reactivas (motores, transformadores, condensadores), resistivas o circuitos electrónicos (semiconductores). Las normas internacionales referentes a fusibles, americanas (ANSI / UL) y europeas (BS88, IEC), han creado sus propios estándares para clasificar a los fusibles según su aplicación, designaciones físicas y parámetros eléctricos. A los fusibles rápidos, comúnmente se les designa con las expresiones Flink, One Time, Quick-Acting, class H, etc.). Los fusibles Ultra Rápidos se les designan como Super Flink, High Speed, Very Fast Acting, Semiconductor, FF, clase S, etc.).

Los fusibles Lentos se pueden encontrar designados como Träge, Time Delay, Slow Blow, Time-Lag, clase TT, clase T, etc. La norma IEC (International Electrotechnical Commission) creó un código para distinguir a los fusibles formado por solamente dos letras, siendo minúscula la primera y mayúscula la restante. Dicho código se encuentra en la publicación IEC269-1Cláusula 5.7.

La primera letra define el régimen operativo del fusible, ya sea sobrecarga, cortocircuito o ambos.

g= Indica que el fusible interrumpe toda clase de corrientes (sobrecargas y cortocircuitos).

a = Indica que el fusible es capaz de interrumpir solo corrientes de cortocircuitos. La segunda letra define la categoría de utilización del fusible, o el equipo a proteger.

G = Indica que el fusible protege líneas y aparatos en general.

L = Indica que el fusible protege líneas y aparatos en general (norma DIN, VDE).

M = Indica que el fusible protege Motores.

Tr = Indica que protege Transformadores.

C = Indica que protege a condensadores y circuitos capacitivos.

R= Protege semiconductores de potencia, rectificadores y circuitos electrónicos.

B = Indica que es aplicable en la minería.

Por ejemplo:

gG= Fusible con capacidad para interrumpir todas las corrientes en uso general.

gL = Fusible para uso general. Se utilizan en la protección de líneas, estando diseñada su curva de fusión para una respuesta lenta en las sobrecargas, y rápida frente a los cortocircuitos.

gM = Fusible con capacidad para interrumpir todas las corrientes para uso en motores.

gTr = Protegen a los transformadores contra sobrecargas y cortocircuitos, sin limitar su capacidad de carga, además soportan las corrientes típicas de los sistemas de distribución.

gC = Protegen a condensadores contra sobrecargas y cortocircuitos.

gB = Fusible especialmente desarrollado para su utilización en minas donde los cables son muy largos. Actúa en un corto tiempo, evitando así el calentamiento excesivo del cable.

aM = Fusible con capacidad para interrumpir parte de las corrientes y uso en motores. Protegen contra altas sobreintensidades hasta su poder de corte nominal, y deben asociarse a dispositivos de protección térmica contra pequeñas sobreintensidades.

aR= Fusible que protege a semiconductores contra corrientes muy intensas como cortocircuitos.

gR = Fusible que protege a semiconductores contra sobrecargas y cortocircuitos.

3.3.2.DISYUNTORES TERMOMAGNÉTICOS (BREAKERS).

Son conocidos comúnmente como interruptores automáticos, son dispositivos de protección que se caracterizan fundamentalmente por:

- Desconectar o conectar un circuito eléctrico en condiciones normales de operación.
- Desconectar un circuito eléctrico en condiciones de falla, ya sea frente a una sobrecarga o frente a un cortocircuito.
- El disyuntor termomagnético es un interruptor que desconecta el circuito, cuyo accionamiento frente a una falla se debe a dos tipos de elementos:

1. Elemento térmico.

Este dispositivo de protección está formado por un bimetálico, que se dilata con el calor que produce el exceso de corriente, haciendo actuar el mecanismo de apertura del interruptor, que desconecta el circuito como se observa en la figura.3.3.

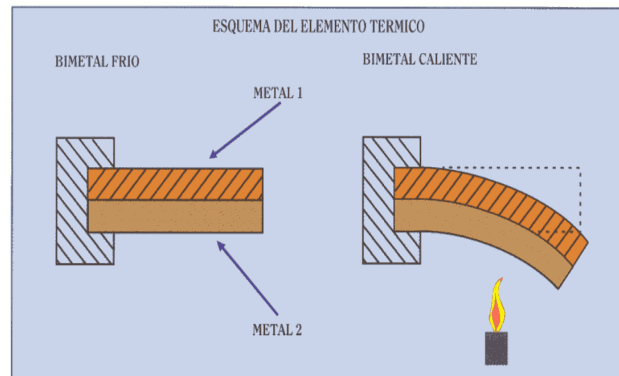


Figura.3.3. Esquema de un elemento térmico.

El bimetal es una pieza formada por dos trozos de distinto metal, los que se dilatan en forma diferente. Al estar unidos, como uno de los metales se alarga en menor proporción que el otro, la pieza se curva.

La curvatura que se origina en el bimetal es regulada para que sea proporcional a la corriente que circula a través del circuito. Cuando la corriente supera el valor permitido, la curvatura llega a un punto extremo que hace actuar un mecanismo de desenganche, liberando el disparo (desconexión) del interruptor y eliminando la sobrecarga.

La protección térmica actúa específicamente para sobrecargas, pues el calentamiento del bimetal es equivalente al calentamiento de los conductores del circuito. La protección no es instantánea, sino que demora un tiempo en actuar, por lo que se la define como de *tiempo retardado*.

Esto se puede apreciar en la figura 3.4. que muestra la relación entre tiempo e intensidad de corriente en una protección térmica, donde se definen dos zonas:

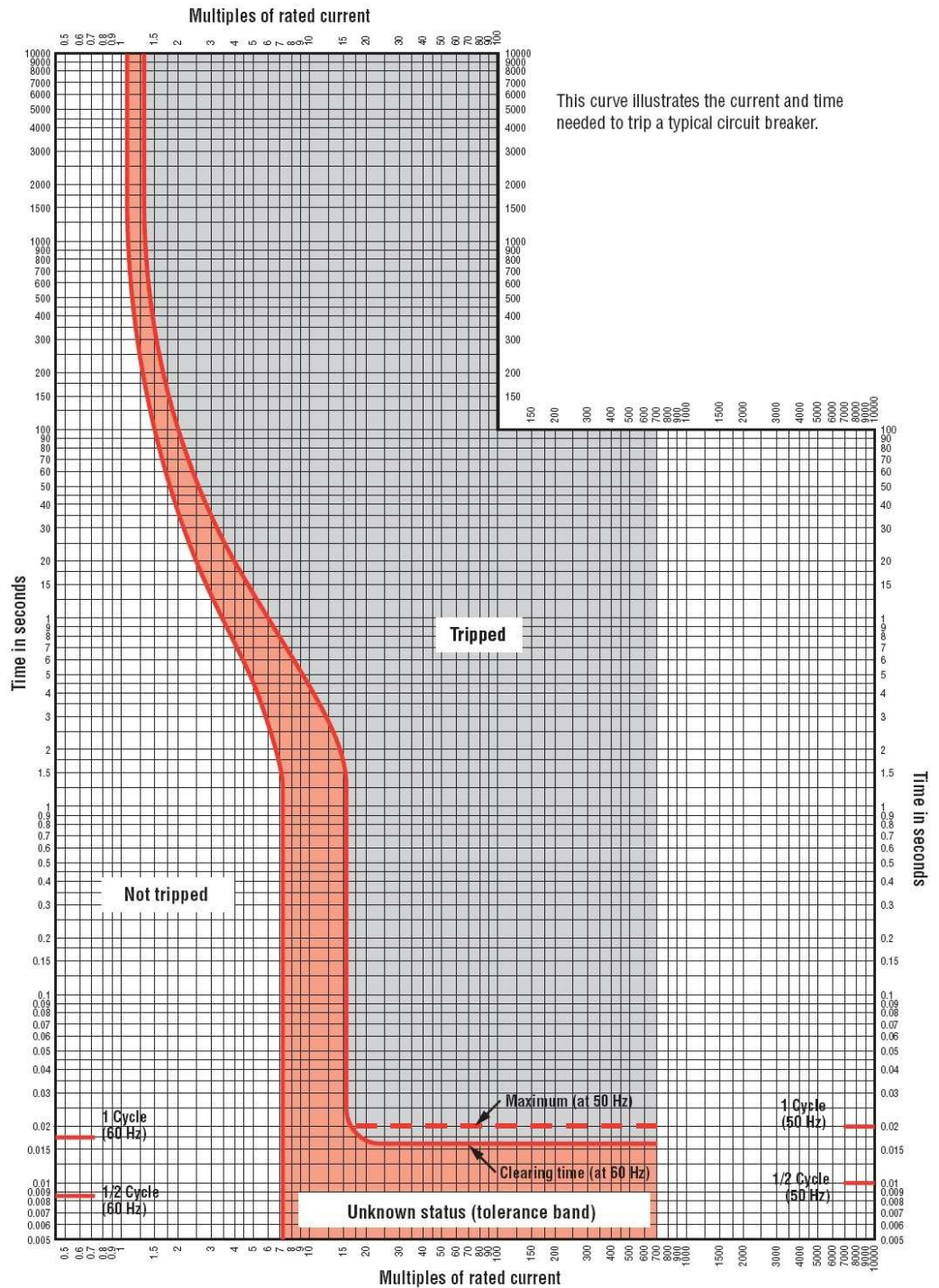


Figura 3.4. Curva de la protección térmica de un breaker.

Zona 1 Not tripped (sin disparo de la protección):

Situación de operación normal del circuito. La instalación absorbe la corriente sin que la protección actúe, hasta que se alcanza el valor I_n (intensidad de corriente nominal de la protección).

Zona 2 Tripped (con disparo de la protección):

Situación de operación anormal del circuito. Si la corriente es mayor que I_n , la protección actuará desconectando el circuito. Así, mientras mayor sea la corriente de sobrecarga, la protección actuará en menor tiempo.

2. Elemento magnético.

Esta parte de la protección está formada por una bobina, es decir, un conductor enrollado con gran cantidad de vueltas alrededor de un núcleo magnético, que al ser recorrido por una corriente eléctrica genera una acción magnética. Esta bobina está conectada en serie con el circuito que se va a proteger.

Cuando la corriente alcanza un valor muy grande (dos o más veces la corriente nominal del protector), el magnetismo generado atrae un contacto móvil que activa la desconexión del interruptor. Esto ocurre en un lapso de tiempo prácticamente instantáneo, como se aprecia en la Figura 3.4, muestra la curva de operación del elemento magnético.

Por su gran rapidez de disparo (desconexión), la protección magnética se utiliza para despejar las fallas producidas por cortocircuito.

En la figura 3.5, se aprecia un disyuntor magneto-térmico real, con sus diferentes elementos:

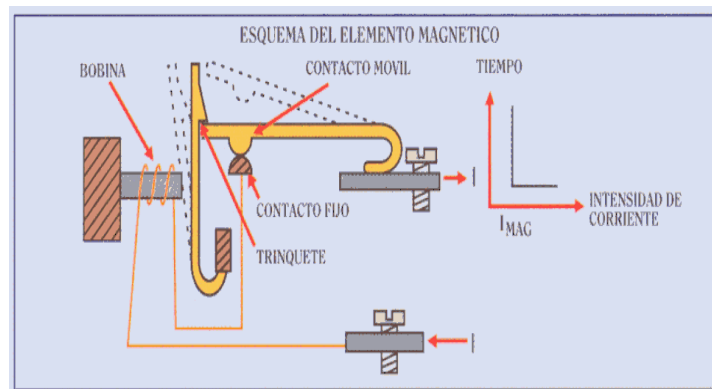


Figura 3.5. Esquema del elemento magnético.

- ❖ Dispositivo térmico: bimetálico que actúa frente a sobrecargas.
- ❖ Dispositivo magnético: bobina que actúa frente a cortocircuitos.
- ❖ Cámara de extinción de arco: es un dispositivo incluido en el disyuntor para extinguir el arco eléctrico que se produce cuando hay un cortocircuito.

El arco eléctrico es un fenómeno que impide desconectar el paso de corriente, a pesar de la separación física de los contactos del interruptor del disyuntor, porque la corriente pasa a través del aire ionizado entre los contactos, comportándose como un rayo en miniatura.

Por ello, para que este interruptor efectivamente actúe desconectando el circuito, el disyuntor posee esta cámara de extinción del arco eléctrico como se observa en la figura 3.6.

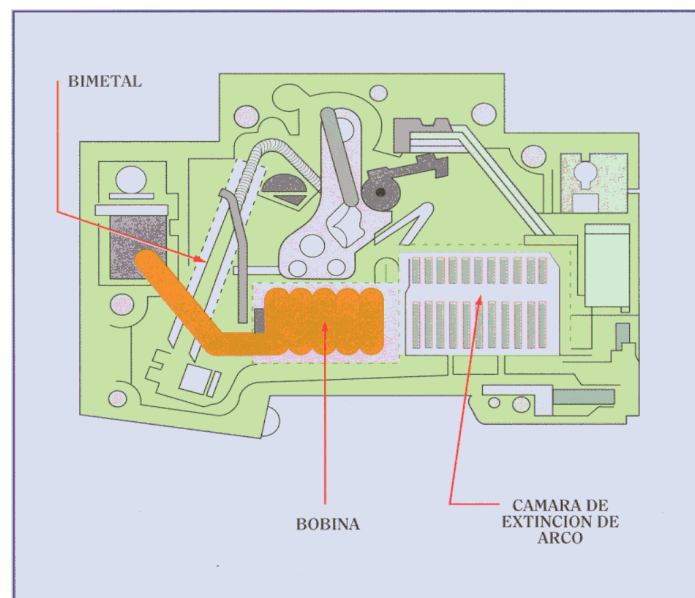
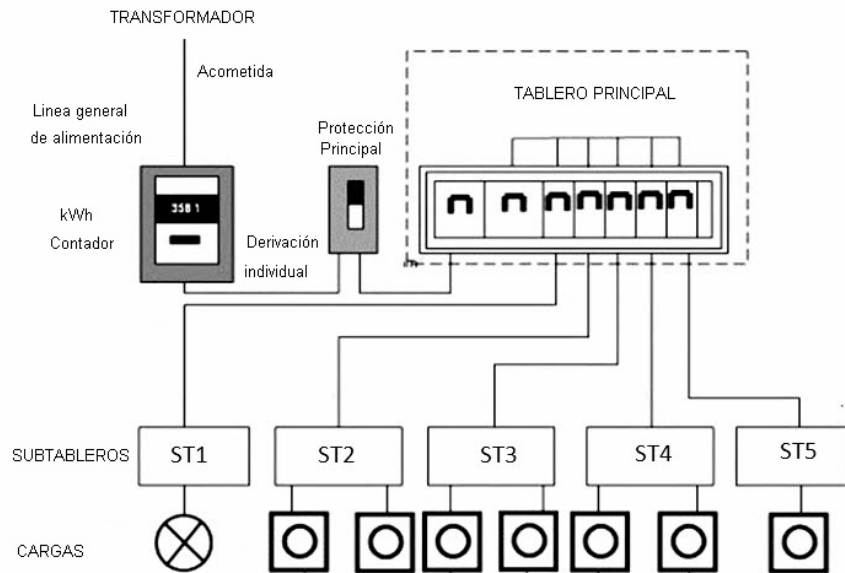


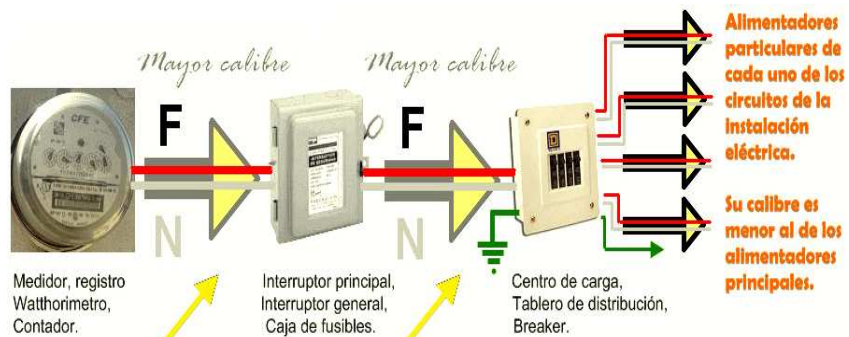
Figura 3.6. Partes de un elemento magnético

3.3.2.1. Protección Principal o Primarias.

Son las protecciones térmicas que se encuentran ubicadas dentro de cada zona siendo la primera defensa, es decir van ubicadas entre el contador de energía (medidor) y un tablero de distribución, como se muestran en las siguientes figuras 3.7.y 3.8.



Figuras 3.7. Identificación de protecciones



Figuras 3.8. Identificación de protecciones

Para nuestra instalación en la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” utilizamos una protección principal termomagnética Schneider de 70 A, 3Ø, como se observa en la foto 1.



Foto 1. Protección termomagnética actual existente en la Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez.

3.3.2.2. Protecciones Secundarias o de Respaldo.

Actúa en caso de que la protección primaria no lo haga, estas protecciones nos permiten distribuir energía a ciertas áreas determinadas como a subtableros de distribución.

Las instalaciones en la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” requirieron interruptores termomagnéticos de distintas capacidades como: 10 A, 20 A, 30 A, 50 A. todos de 1Ø , como se observa en la *figura 3.9.*



Figura 3.9 Interruptor termomagnético.

3.3.2.3. Protecciones Contra Sobrecargas.

La sobrecarga eléctrica es producida por un pico inusual de voltaje aplicado al sistema que causa daños en los componentes o en la placa, lo cual conlleva fallos en el sistema o en los componentes. El evento suele durar entre unos microsegundos y unos segundos.

Los dispositivos más empleados para la protección contra sobrecargas son:

- **Relés térmicos**

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Este dispositivo de protección garantiza:

- ✓ Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- ✓ La continuidad de producción de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- ✓ volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

- **Interruptores automáticos termomagnéticos.**

Un interruptor termomagnético o llave térmica, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de

dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

- **Fusibles calibrados.**

Los fusibles calibrados también llamados cortacircuitos, no son más que una sección de hilo más fino que los conductores normales, colocado en la entrada del circuito a proteger, para que al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea la parte que más se caliente, y por tanto la primera en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito ya no sufre daño alguno.

3.3.3. Cálculo de protecciones eléctricas.

Para el cálculo de las protecciones eléctricas para los circuitos de iluminación y fuerza, refiriéndose a los cálculos de corriente máxima de carga de cada circuito y la potencia máxima de carga. Se considera la alimentación de una fase y un neutro para la alimentación de cada circuito de iluminación y de fuerza debido a que son únicamente cargas monofásicas de uso general ocasional. Es decir la alimentación de voltaje suministrado a cada tablero de distribución en las distintas áreas de la escuela es de 127 V.

La alimentación del circuito de fuerza para el aula de computación es con las tres fases R, S, T, más neutro y la instalación de tierra.

Ejemplo de cálculo:

Circuito ST-1 iluminación

Datos:

De acuerdo a la tabla N° 2 los datos son los siguientes:

$$S_{T-1} = 492.8 \text{ VA}$$

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

$$I = \frac{S_{T-1}}{V} = \frac{492.8}{127} = \mathbf{3.9A}$$

$$I_T = I_{T-1} * 1.25$$

$$I_T = 3.9 * 1.25$$

$$I_T = \mathbf{4.9A}$$

Protección = 1P – 20

S_{T-1} = Potencia total del circuito ST – 1 para iluminación

I_{T-1} = corriente del circuito ST – 1 para iluminación.

$$F_S = 1.25$$

Como se observa en el cálculo para la protección solo se multiplica la corriente máxima del circuito por un factor de seguridad de 1.25 y el resultado se aproxima a una protección existente en el mercado ya que los valores de amperaje son estandarizados.

Circuito ST-1 fuerza

Datos:

De acuerdo a la tabla N° 2 los datos son los siguientes:

$$S_{T-1} = 492.8 \text{ VA}$$

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

$$I = \frac{S_{T-1}}{V} = \frac{560}{127} = \mathbf{4.4A}$$

$$I_T = I_{T-1} * 1.25$$

$$I_T = 4.4 * 1.25$$

$$I_T = \mathbf{5.5A}$$

Protección = 1P – 20

S_{T-1} = Potencia total del circuito ST – 1 para fuerza

I_{T-1} = corriente del circuito ST – 1 para fuerza

$$F_S = 1.25$$

Las protecciones están tabuladas tanto para los circuitos de iluminación y fuerza, descritos en la tabla 2 y tabla 3 respectivamente.

Tabla 2. Tabulación del cálculo de las protecciones eléctricas de los circuitos de iluminación.

Nº CIRCUITO	Alimentador		Descripción de la carga	Nº PUNTOS	VOLTAJE [V]	Pu Potencia unitario [W]	FD Factor de demanda	Pt [W] Potencia Total Instalada	In [A]	It [A] FS=1.25	PROTECCIONES Nº POLOS - AMP
	Calibre	Longitud (m)									
ST1	TW 2x10 AWG 36 m		ILUMINACIÓN AULAS No. 10,11,12,13	32	127	22	0,7	492,8	3,9	4,9	1P - 20
ST2	TW 2x10 AWG 10 m		ILUMINACIÓN AULAS No. 1,2	22	127	22	0,7	338,8	2,7	3,3	1P - 20
ST3	TW 2x10 AWG 42 m		ILUMINACIÓN AULAS 7,8,9, DIRECCIÓN 1, BAÑOS 1,2	17/4	127	22/2X40	0,7	485,8	3,8	4,8	2P - 20
ST4	TW 2x10 AWG 45 m		ILUMINACIÓN AULAS 4,5,6	18	127	22	0,7	277,2	2,2	2,7	1P - 20
ST5	TW 2x10 AWG 66 m		ILUMINACIÓN AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCIÓN 2	23	127	22	0,7	354,2	2,8	3,5	1P - 20
ST6	TW 2x10 AWG 20 m		ILUMINACIÓN BAR	1/3	127	22/2X40	0,7	183,4	1,4	1,8	1P - 20
ST7	TW 2x10 AWG 35 m		ILUMINACIÓN CENTRO DE COMPUTO, COMEDOR, AULA 3	14	127	100	0,7	980,0	7,7	9,6	1P - 20

Tabla 3. Tabulación del cálculo de las protecciones eléctricas de los circuitos de fuerza.

Nº CIRCUITO	Alimentador		Descripción de la carga	Nº PUNTOS	VOLTAJE [V]	Pu Potencia unitario [W]	FD Factor de demanda	Pt [W] Potencia Total Instalada	In [A]	It [A] FS=1.25	PROTECCIONES Nº POLOS - AMP
	Calibre	Longitud (m)									
ST1	TW 2x10 AWG 36 m		FUERZA AULAS No. 10,11,12,13	8	127	100	0,7	560,0	4,4	5,5	1P - 20
ST2	TW 2x10 AWG 10 m		FUERZA AULAS No. 1,2	4	127	100	0,7	280,0	2,2	2,8	1P - 20
ST3	TW 2x10 AWG 42 m		FUERZA AULAS 7,8,9, DIRECCIÓN 1, BAÑOS 1,2	10	127	100	0,7	700,0	5,5	6,9	2P - 20
ST4	TW 2x10 AWG 45 m		FUERZA AULAS 4,5,6	6	127	100	0,7	420,0	3,3	4,1	1P - 20
ST5	TW 2x10 AWG 66 m		FUERZA AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCIÓN 2	6	127	100	0,7	420,0	3,3	4,1	1P - 20
ST6	TW 2x10 AWG 20 m		FUERZA BAR	4	127	900	0,7	2520,0	19,8	24,8	1P - 50
ST7	TW 2x10 AWG 35 m		FUERZA CENTRO DE COMPUTO, COMEDOR, AULA 3	47	208	100	0,7	3290,0	9,1	11,4	7P - 20

CAPÍTULO IV

4.ALIMENTADORES.

Un alimentador eléctrico es un conductor que suministra toda la corriente que un grupo de cargas consume, es decir es el conductor que va desde nuestro tablero de distribución o centro de cargas (caja de braceros, panel, fusiblera, etc.) hasta el equipo que finalmente vamos a usar, como se muestra la foto 2.

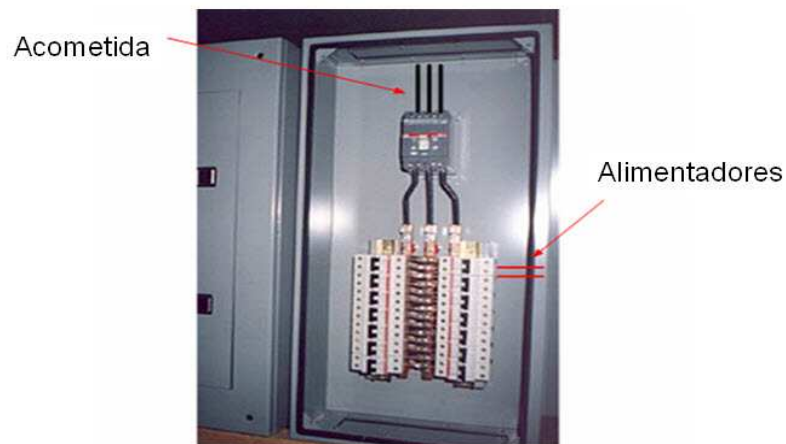


Foto 2. Diferencia entre acometida y alimentador

Los alimentadores son los que finalmente le dan electricidad a nuestras cargas (iluminación, calefacción, aire acondicionado, etc.), la acometida también son conductores, de hecho no se diferencia del alimentador, salvo en que este llega generalmente desde la calle, provisto por la compañía eléctrica y puede tener otro tratamiento a la hora de calcularlo.⁷

4.1. TIPOS DE CONDUCTORES O ALIMENTADORES.

El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo.

⁷http://fidelsmc.blogspot.com/2011/08/electricidad-basica-alimentadores-en_17.html

Para tendidos eléctricos de alto y bajo voltaje, existen en nuestro país diversos tipos de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios.⁸

CONDUCTORES PARA INSTALACIONES INTERIORES:

Cables Tipo TW

Conductor de cobre electrolítico blando, sólido o cableado concéntrico.
Aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC).

- *Usos.*

Aplicación general. Sistemas de alambrado eléctrico en edificaciones, para instalaciones en el interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tableros de control, etc.

- *Características particulares.*

Alta resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas y calor hasta la temperatura servicio, no propaga la llama. El acabado exterior facilita el deslizamiento de ellos en el interior de tubos conduit.

Cables Tipo THW

Conductor de cobre electrolítico, blando, cableado concéntrico.
Aislamiento de cloruro de polivinilo especial.

- *Usos*

Aplicación General. Sistemas de alambrado eléctrico en edificaciones, para instalaciones en el interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tablero de control y en general todas las instalaciones que requieran características superiores al TW.

Especialmente aplicable en instalaciones donde se producen sobrecargas frecuentes.

⁸http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf

- Características Particulares

Alta resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas y calor. No propaga la llama. De fácil deslizamiento dentro de tubos.⁹

Identificación por color.¹⁰

Los conductores de una canalización eléctrica se identificarán según el siguiente código de colores:

Alimentadores eléctricos:

- Conductor de la fase 1 azul
- Conductor de la fase 2 negro
- Conductor de la fase 3 rojo
- Conductor de neutro blanco
- Conductor de tierra verde

Para instalaciones interiores:

- Conductor de fase azul, negro o rojo
- Conductor de neutro blanco
- Conductor de tierra verde
- Conductor de retorno cualquier otro color

CONDUCTORES PARA MALLAS A TIERRA:

Los cables empleados en las mallas de tierra son de: acero, acero inoxidable, acero galvanizado, y cobre. Para evitar la corrosión galvánica en terrenos de baja resistividad, algunas compañías eléctricas desde el diseño utilizan en sus mallas de tierras, cable de cobre estañado para bajar el potencial electronegativo entre los diferentes metales.

⁹<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/tindustrial/libros%20de%20electricidad/Intalaciones%20Electricas/cablesyalambres.pdf>
<http://visualingeneria.blogspot.com/2006/11/cables-y-alambres-en-sistemas-de.html>

¹⁰<http://www.normaconstruccion.ec>
Norma NEC 15.1.8.0.4.15.

Los conductores de cobre desnudo pueden ser sólidos o cableados, y puede ser suministrado con temple duro, semiduro o suave. Los conductores cableados son trenzados concéntricamente.



Figura 4.1 Conductor de cobre desnudo

Los conductores del sistema de puesta a tierra deben ser continuos, sin interruptores o medios de desconexión y cuando se empalmen, se deben emplear técnicas comúnmente aceptadas como la soldadura exotérmica.

El conductor de puesta a tierra de equipos, debe acompañar los conductores activos durante todo su recorrido y por la misma canalización.

Los conductores de los cableados de puesta a tierra que, por disposición de la instalación se requieran aislar, deben ser de aislamiento color verde, verde con rayas amarillas o identificadas con marcas verdes en los puntos de inspección y extremos.¹¹

4.2. CÁLCULO DE CONDUCTORES

El cálculo de los conductores está relacionado con la capacidad de corriente a circular por ellos, que dependerá de la potencia de la carga instalada, para nuestro caso en la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” se procederá con el cálculo de la corriente por circuitos sectorizados de acuerdo a un nuevo diseño.

Por lo tanto realizaremos el cálculo de la siguiente manera:

- 1) Cálculo del Alimentador Principal como se observa en los planos.

¹¹<http://portalelectricos.com/retie/cap2art15.php>

- 2) Cálculo del Alimentador para el Centro de Cómputo, comedor de profesores, aula 3 y baños 1, como se observa en los planos.
- 3) Cálculo del Alimentador para el sector que corresponde a las aulas 1,2,4,5,6,7,8,9, corredor, baño 2 y dirección 1 del plantel, como se observa en los planos.
- 4) Cálculo del Alimentador para el sector que corresponde a las aulas 10, 11, 12,13, como se observa en los planos.
- 5) Cálculo del Alimentador para el sector que corresponde a las aulas 14,15, baños 3, bodega y dirección 2, como se observa en los planos.
- 6) Cálculo del Alimentador que corresponde al bar, como se observa en los planos.

Una vez descrito los Sectores en donde se colocarán subtableros, procedemos a calcular mediante el **Método de Corrientes**.

4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO A UTILIZAR:

A continuación detallamos el Método de Corrientes mediante un procedimiento a seguir para obtener el calibre del conductor que se utilizará como alimentador de energía para cada tablero y sub-tablero.¹²

- a) Se determina la CARGA TOTAL de la residencia o casa-habitación de la cual se determinarán los alimentadores principales.
- b) Se aplica la fórmula

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V}$$

I = corriente que pasará por los conductores (amperios).

P = carga total (Watts).

V = voltaje que llega a la residencia por medio de la acometida (127 Vca para el caso de una instalación que no rebasa los 5,000 Watts).

¹²<http://cursosdeelectricidad.blogspot.com/2008/06/tema-4-procedimiento-para-calculiar-el.html>

1. Con la corriente, se determina una I_c (corriente corregida) multiplicándola por un factor de demanda o factor de utilización (f.d.) el cual tiene un valor que varía de la siguiente manera.

Unidades de vivienda, según **NOM-001-SEDE-Vigente, 220-11**

Primeros 3,000 VA o menos: 100%; 1

De 3,001 a 120,000 VA: 35%; 0.35

A partir de 120,000 VA: 25%; 0.25

2. En virtud de que el factor de demanda o utilización especificada en la Norma Oficial, varía mucho antes y después de los 3000 Watts, puede utilizarse a cambio uno más acorde de 0.6 o 0.7 correspondiente al 60% y 70% respectivamente. La operación matemática para calcular la Corriente Corregida es simplemente una multiplicación de la I por el f.d. o sea:

$$I_c = (I) (f.d.)$$

3. Con la I_c se busca el calibre del conductor en las tablas correspondientes, dependiendo de la marca del fabricante y de si estará al aire libre (instalación visible) o en tubo (instalación oculta).
4. Se multiplica la corriente corregida un factor de seguridad de 1.25.

$$I_c = (I) (f.s.)$$

Para determinar en sí el calibre de un conductor tomaremos como referencia las tablas de los anexos 2 y 3 que determinaran calibre, tipo de conductor y tipo de aislamiento.

Luego de haber dado a conocer cuál será el procedimiento de cálculo procedemos con las operaciones de cálculo para el caso en cuestión.

1. Cálculo del Alimentador Principal:

Para este cálculo vamos a utilizar la información de la carga total que se manejará en la Escuela, y además le sobredimensionaremos un 10% debido a que por ser una Unidad Educativa en desarrollo, la carga y demanda también va a estar en desarrollo, es decir, crecerá.

Por lo tanto, consideramos este porcentaje de crecimiento de carga y demanda.

Datos:

- a) Potencia Calculada: $14127 + 10\%P = 15540$ VA.
Voltaje Nominal: 208 Voltios Trifásico.

b)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V}$$
$$I = \frac{15540}{\sqrt{3} \times 208}$$
$$I = 43,13 \text{ A.}$$

- c) De acuerdo con la corriente calculada, ingresamos a la Tabla del anexo 3, en la cual observamos que el calibre de conductor correspondiente a dicho valor es el cable N°8 **AWG** por cada fase.

2. Cálculo del Alimentador para el Centro de Cómputo.

Datos:

- a) Potencia Calculada: 5334VA.
b) Voltaje Nominal: 208 Voltios Trifásico.

c) $I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V}$

$$I = \frac{5334}{\sqrt{3} \times 208}$$
$$I = 14,8 \text{ A.}$$

- d) Es recomendable llevar la energía desde el Tablero Principal de distribución o centro de carga, hasta el centro de cómputo, existe una distancia aproximada de 50 metros, por lo que recomendamos que el calibre de los alimentadores sea sobredimensionado al **8AWG** para que no haya pérdidas por caída de tensión.

3. Cálculo de Alimentadores para las Aulas

Debido a que se manejarán cargas bajas de iluminación y fuerza, solo llevaremos un alimentador; con su neutro.

Se realiza un caso del cálculo de alimentadores para las aulas y oficinas de la Dirección de la escuela, los demás resultados del cálculo de alimentadores se muestran en la tabla N° 4.

Datos:

- a) Potencia Calculada: 1052,8 VA.
Voltaje Nominal: 127 V.
- b) $I = P/V$
 $I = 1052,8 \text{ VA} / (127\text{V})$
 $I = 8,28 \text{ A}.$
- c) Se utilizará el factor de demanda del alimentador igual a 1.
 $I_c = (I) * (f.d.)$
 $I_c = 8,28(\text{A}) * 1$
 $I_c = 8,28(\text{A})$
- d) Se multiplica por el factor de seguridad de 1,25.
- e) $I_t = (I_c) * (f.s.)$
- f) $I_c = 8,28(\text{A}) * 1,25$
- g) **$I_c = 10,4 \text{ (A)}$**
- h) Por Tabla 1, el calibre del alimentador para la sección necesaria para el conductor es 12 AWG.

RECOMENDACIÓN: Debido a la gran distancia (60 metros aproximadamente), se recomienda alimentar con cable No. **10 AWG** para evitar pérdidas por caída de voltaje.

Tabla 4. Tabulación del cálculo de los alimentadores.

Nº CIRCUITO	Descripción del tablero	Nº PUNTOS	VOLTAJE [V]	Pt [W] Potencia Total Instalada	In [A]	It [A] Fs=1.25
ST1	AULAS No.10,11,12,13	40	127	1052,8	8,3	10,4
ST2	AULAS No. 1,2	26	127	618,8	4,9	6,1
ST3	AULAS 7,8,9, DIRECCIÓN 1, BAÑOS 1,2	31	127	1185,8	9,3	11,7
ST4	AULAS 4,5,6	24	127	697,2	5,5	6,9
ST5	AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCIÓN 2	29	127	774,2	6,1	7,6
ST6	BAR	8	127	2703,4	21,3	26,6
ST7	CENTRO DE CÓMPUTO, COMEDOR, AULA 3	61	208	4270,0	33,6	42,0

CAPÍTULO V

5. TABLEROS ELÉCTRICOS.

El tablero eléctrico es la parte principal de la instalación eléctrica, en el mismo se encuentran todos los dispositivos de seguridad y maniobra de los circuitos eléctricos de la instalación. Consiste en una caja donde se montan los interruptores automáticos respectivos, cortacircuitos y fusibles.¹³

- **Posición de un Tablero**

Los tableros deben ubicarse en lugares de fácil acceso y evitar exponerlos a la humedad, polvo, temperaturas elevadas, contacto directo con personas.

Los tableros están constituidos por una carcasa, de material aislante de adecuada resistencia mecánica, que no absorba la humedad. La carcasa también puede ser metálica, siempre y cuando tenga conexión a tierra como se observa en la figura 5.1.

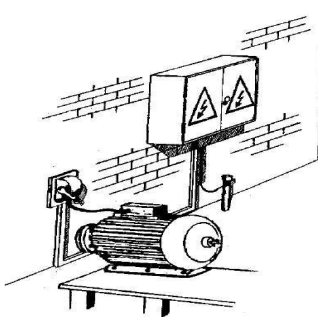


Figura 5.1. Ubicación adecuada de un tablero.

Los tableros alojan en su interior dispositivos de maniobra, y dispositivos de protección (humana y de las instalaciones que alimentan).

Toda parte metálica del tablero debe estar conectada a tierra.

Se debe tener en cuenta que las conexiones a tierra de máquinas, equipos y herramientas eléctricas deben realizarse con cables flexibles, como se muestra en la figura 5.2.

¹³<http://www.quiminet.com/articulos/los-tableros-electricos-sus-tipos-y-aplicaciones-segun-el-uso-de-la-energia-electrica-2586331.htm>

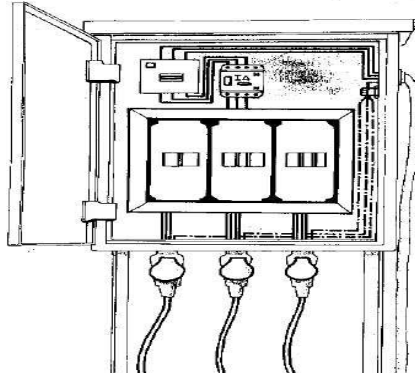


Figura 5.2.

El estado de los tableros, en el que se encontraba la escuela era deplorable como se puede ver en la foto 3.



Foto 3. Antiguo centro de cargas de la "Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez"

Las condiciones actuales de los tableros en la escuela prestan garantías de seguridad, confiabilidad y seguridad como se muestra en la foto 4.



Foto 4. Actual centro de cargas de la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez”

5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS TABLEROS.

Los tableros se clasifican de la siguiente manera:

- Según su ubicación y función.
- Según el uso de la energía eléctrica.

5.1.1. SEGÚN SU UBICACIÓN Y FUNCIÓN.

Tenemos los siguientes tableros:¹⁴

- **TABLEROS GENERALES:** Son los tableros principales de las instalaciones. En ellos estarán montados los dispositivos de protección y maniobra que protegen los alimentadores y que permiten operar sobre toda la instalación interior en forma conjunta o fraccionada.
- **TABLEROS GENERALES AUXILIARES:** Son tableros que serán alimentados desde un tablero general y desde ellos se protegen y operan sub-alimentadores que alimentan tableros de distribución.

¹⁴<http://www.sio.mx/productos/tableros-electricos/>

- **TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN:** Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente los circuitos en que está dividida la instalación o una parte de ella. Pueden ser alimentados desde un tablero general, desde un tablero general auxiliar o directamente desde el empalme.
- **TABLERO DE PASO:** Son tableros que contienen fusibles cuya finalidad es proteger derivaciones que por su capacidad de transporte no pueden ser conectadas directamente al alimentador, sub.-alimentador o línea de distribución de la cual está tomada.
- **TABLERO DE COMANDO:** Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar en forma simultánea sobre artefactos individuales o grupos de artefactos pertenecientes a un mismo circuito.
- **TABLEROS CENTRO DE CONTROL:** Son tableros que contienen dispositivos de maniobra o de control y que permiten la operación de grupos de artefactos en forma programada o manual.

CAPÍTULO VI

6.CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA

6.1.CONCEPTOS GENERALES¹⁵

Se considerará instalación de iluminación a toda aquella en que la energía eléctrica se utilice para iluminar el o los ambientes considerados.

Por razones de operación, facilidad de mantenimiento y de seguridad, las instalaciones de alumbrado se dividirán en circuitos, los cuales, en lo posible, deberán servir áreas de radio limitado.

Cada circuito de iluminación estará formado por puntos o salidas, entendiéndose por tales a los artefactos de iluminación que se instalen en puntos físicos determinados o susceptibles de conectarse a este tipo de circuitos.

6.1.1. CANALIZACIONES DE ILUMINACIÓN

Las uniones y derivaciones que sea necesario hacer en los conductores de un circuito de iluminación se ejecutarán siempre dentro de cajas. No se permite hacer la alimentación de luminaria a luminaria sin cajas de derivación.

No se puede realizar más de una conexión a luminaria desde una misma caja de derivación.

Los interruptores se instalarán preferentemente en un lugar tal que se pueda apreciar a simple vista su efecto.

Los interruptores deberán instalarse en puntos fácilmente accesibles y su altura de montaje estará comprendida entre 0,80 m y 1,40 m, medida desde su punto más bajo sobre el nivel del piso terminado.

¹⁵NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10 CAPÍTULO 15 INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS. 15.1.11.0

El uso de unidades interruptor – tomacorriente (tomacorriente mixto) sólo será permitido en situaciones especiales, en instalaciones económicas de uso doméstico o similar, tales como en casetas sanitarias, respetando la zona de seguridad establecidas o en porterías de un ambiente y de dimensiones reducidas. En tales casos las condiciones de montaje serán las indicadas para interruptores.

6.1.2. CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN

La capacidad de los circuitos en que está dividida una instalación de alumbrado se fijará en función de la capacidad nominal de los aparatos de protección de ellos.

Los conductores de los circuitos deberán dimensionarse de modo tal que manejen la carga total del circuito especificado.

Se podrán instalar circuitos bifásicos o trifásicos para la iluminación de un mismo ambiente, siempre que las protecciones de estos circuitos operen simultáneamente sobre todos los conductores activos.

La carga máxima en un circuito de iluminación no debe sobrepasar el 70% de la capacidad nominal del circuito.

El objeto de fijar la cantidad de puntos de iluminación que es posible conectar a un circuito de alumbrado se considerará la potencia nominal de cada artefacto de iluminación, incluidos sus accesorios. Si en algún caso particular dicha potencia no está definida se estimará una potencia por punto de 100 W.

6.1.3. ILUMINACIÓN EN AMBIENTES ASISTENCIALES Y EDUCACIONALES¹⁶

Tanto los locales asistenciales como los locales educacionales deberán cumplir las disposiciones referentes a instalaciones eléctricas en locales de reunión de personas.

En ambientes asistenciales y educacionales deberán proyectarse circuitos exclusivos de tomacorrientes y circuitos exclusivos de iluminación.

6.1.4. CANALIZACIONES DE TOMACORRIENTES

Los tomacorrientes se instalarán en puntos fácilmente accesibles y su altura de montaje estará comprendida entre 0,20 y 0,80 m.

Se aceptarán alturas superiores a la prescrita en ambientes o montajes especiales. Cuando se instala sobre mesones de cocina o baño, se deberá colocar los tomacorrientes a una altura mínima de 0,10 m del mesón.

El uso de unidades interruptor – tomacorriente (tomacorriente mixto) sólo será permitido en situaciones especiales, en instalaciones económicas de uso doméstico o similar, tales como en casetas sanitarias, respetando la zona de seguridad establecida o porterías de un ambiente y de dimensiones reducidas. En tales casos las condiciones de montaje serán las indicadas para interruptores.

6.1.5. CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES¹⁷

Los conductores de los circuitos deberán dimensionarse de modo tal que queden protegidos a la sobrecarga y al cortocircuito por la respectiva protección.

La carga máxima en un circuito de tomacorrientes no debe

¹⁶NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10 CAPÍTULO 15 INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS. 15.1.11.3.6

¹⁷NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10 CAPÍTULO 15 INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS. 15.1.11

sobrepasar el 70% de la capacidad nominal del circuito

Se considerará instalación de tomacorrientes a toda aquella en que la energía eléctrica se utilice para accionar artefactos electrodomésticos o máquinas pequeñas similares conectadas a través de tomacorrientes.

Por razones de operación, facilidad de mantenimiento y de seguridad, las instalaciones de fuerza o tomacorrientes se dividirán en circuitos, los cuales, en lo posible, deberán servir áreas de radio limitado.

Cada circuito de tomacorrientes estará formado por puntos o salidas, entendiéndose por tales a los tomacorrientes que permitan la conexión de artefactos susceptibles de conectarse a este tipo de circuitos.

6.1.6. TOMACORRIENTES EN AMBIENTES ASISTENCIALES Y EDUCACIONALES ¹⁸

La cantidad de tomacorrientes a instalar en ambientes de locales asistenciales se determinará de acuerdo a las necesidades de cada ambiente, debiendo haber, en todo caso, un mínimo de dos tomacorrientes por ambiente.

En cada sala de clases, en locales educativos de enseñanza media, habrá instalado un mínimo de 3 tomacorrientes. En salas de párvulos y de enseñanza básica sólo se exigirá 2 tomacorrientes.

Para determinar la cantidad de salidas en los distintos ambientes se aplicarán las mismas disposiciones que para los locales comerciales y oficinas.

¹⁸NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10 CAPÍTULO 15 INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS. 15.1.11.3.6

Tanto los locales asistenciales como los locales educacionales deberán cumplir las disposiciones referentes a instalaciones eléctricas en locales de reunión de personas.

En ambientes asistenciales y educacionales deberán proyectarse circuitos exclusivos de tomacorrientes.

6.2. CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE LOS CIRCUITOS

Se realizará un ejemplo de cálculo de iluminación y de fuerza del circuito ST-1, los demás resultados de los cálculos de los siguientes circuitos se muestran en la tabla N° 5 y 6 respectivamente.

6.2.1. CÁLCULO DEL CIRCUITO DE ILUMINACIÓN

6.2.1.1. Circuito ST-1.

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

Datos:

- a) Potencia de cada carga: $P=22 \text{ VA}$.
Voltaje Nominal: 127 V.
- b) $P_t = \text{número de luminarias} * P$
 $P_t = 32 * 22 \text{ VA}$
 $I = 704 \text{ VA} / (127 \text{ V})$
 $I = 5.54 \text{ A}$.
- c) Se utilizará el factor de demanda o factor de uso de las cargas igual al 70%.
 $I_c = (I) * (f.d.)$
 $I_c = 5.54(\text{A}) * 0.7$
 $I_c = 3,9 \text{ (A)}$
- d) Se multiplica por el factor de seguridad de 1,25.
- e) $I_t = (I_c) * (f.s.)$
- f) $I_t = 3,9(\text{A}) * 1,25$
- g) **$I_t = 4,9 \text{ (A)}$**

- h) Por Tabla 1, el calibre del alimentador para la sección necesaria para el conductor es el 14 AWG debido a la carga que maneja el circuito de iluminación.

6.2.2. CALCULO DEL CIRCUITO DE FUERZA

6.2.2.1. Circuito ST-1

Cuenta con 10 tomacorrientes; se considera una carga de 100 VA para cada uno.

$$P_t = \text{número de tomacorrientes} * P$$

$$P_t = 8 * 100\text{VA}$$

$$I = 800\text{VA} / (127\text{V})$$

$$I = 6,29 \text{ A.}$$

Se utilizará el factor de demanda o factor de uso de las cargas igual al 70%.

$$I_c = (I) * (\text{f.d.})$$

$$I_c = 6,29 \text{ (A)} * 0,7$$

$$I_c = 4,4 \text{ (A)}$$

Se multiplica por el factor de seguridad de 1,25.

$$I_t = (I_c) * (\text{f.s.})$$

$$I_t = 4,4 \text{ (A)} * 1,25$$

$$\mathbf{I_t = 5,5 \text{ (A)}}$$

Por Tabla 1, el calibre del alimentador para la sección necesaria para el conductor y debido a la carga que maneja el circuito de fuerza es el 12 AWG.

6.2.2.2. IMPLEMENTACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO DE ILUMINACIÓN



Foto 5. Colocación nueva tubería conduit, cajetines y cableado en el circuito de iluminación del aula de computación.



Foto 6. Instalaciones nuevas del circuito de iluminación aula de computación.



Foto 7. Instalaciones de iluminación antigua, aulas 7, 8, 9.



Foto 8. Instalaciones de iluminación nuevas en aulas, aulas 7, 8, 9.



Foto 9. Cambio de cableado y plafones iluminación bloque aulas 4, 5, 6.



Foto 10. Colocación de cableado y plafones para el corredor de aulas 4, 5, 6.



Foto 11. Interruptores nuevos, aulas 4, 5, 6.



Foto12. Instalaciones nuevas, aula 3.



Foto 13. Instalaciones nuevas iluminación corredor aulas 10, 11, 12, 13.



Foto 14. Interruptores nuevos, aulas 10, 11, 12, 13.



Foto 15. Colocación de un foco externo en el baño 3.

6.2.2.3. IMPLEMENTACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO DE FUERZA



Foto 16. Colocación manguera para el nuevo circuito de fuerza.

Se realizó un cambio de cableado en las partes en que el cable estaba deteriorado y se realizó un cambio de la ruta de la alimentación para

estos circuitos, en estos tramos se hicieron trabajos de obra civil para la colocación de la manguera de la alimentación eléctrica.



Foto 17. Colocación tableros nuevos y nueva manguera circuitos de fuerza aula de computación.



Foto 18. Instalación nuevo cableado y empalmes circuitos de fuerza.

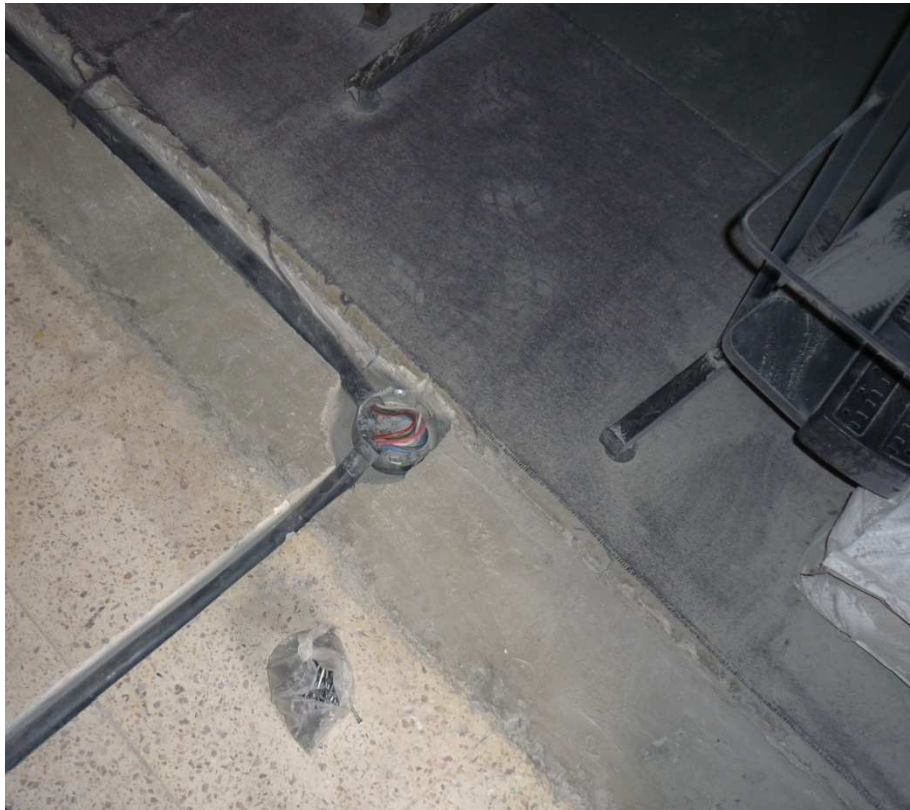


Foto 19. Instalación de manguera y cajetines circuito de fuerza.



Foto 20. Empalmes nuevos circuito de fuerza, aula de computación.



Foto 21. Instalación de manguera, cableado y tomas en aulas.

Tabla 5. Tabulación del cálculo de la corriente de los circuitos de iluminación.

Nº CIRCUITO	Alimentador		Descripción de la carga	Nº PUNTOS	VOLTAJE [V]	Pu Potencia unitario [W]	FD Factor de demanda	Pt [W] Potencia Total Instalada	In [A]	It [A] FS=1.25	PROTECCIONES Nº POLOS - AMP
	Calibre	Longitud (m)									
ST1	TW 2x10 AWG 36 m		ILUMINACIÓN AULAS No. 10,11,12,13	32	127	22	0,7	492,8	3,9	4,9	1P - 20
ST2	TW 2x10 AWG 10 m		ILUMINACIÓN AULAS No. 1,2	22	127	22	0,7	338,8	2,7	3,3	1P - 20
ST3	TW 2x10 AWG 42 m		ILUMINACIÓN AULAS 7,8,9, DIRECCIÓN 1, BAÑOS 1,2	17/4	127	22/2X40	0,7	485,8	3,8	4,8	2P - 20
ST4	TW 2x10 AWG 45 m		ILUMINACIÓN AULAS 4,5,6	18	127	22	0,7	277,2	2,2	2,7	1P - 20
ST5	TW 2x10 AWG 66 m		ILUMINACIÓN AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCIÓN 2	23	127	22	0,7	354,2	2,8	3,5	1P - 20
ST6	TW 2x10 AWG 20 m		ILUMINACIÓN BAR	1/3	127	22/2X40	0,7	183,4	1,4	1,8	1P - 20
ST7	TW 2x10 AWG 35 m		ILUMINACIÓN CENTRO DE COMPUTO, COMEDOR, AULA 3	14	127	100	0,7	980,0	7,7	9,6	1P - 20

Tabla 6. Tabulación del cálculo de la corriente de los circuitos de fuerza.

Nº CIRCUITO	Alimentador		Descripción de la carga	Nº PUNTOS	VOLTAJE [V]	Pu Potencia unitario [W]	FD Factor de demanda	Pt [W] Potencia Total Instalada	In [A]	It [A] FS=1.25	PROTECCIONES Nº POLOS - AMP
	Calibre	Longitud (m)									
ST1	TW 2x10 AWG 36 m		FUERZA AULAS No. 10,11,12,13	8	127	100	0,7	560,0	4,4	5,5	1P - 20
ST2	TW 2x10 AWG 10 m		FUERZA AULAS No. 1,2	4	127	100	0,7	280,0	2,2	2,8	1P - 20
ST3	TW 2x10 AWG 42 m		FUERZA AULAS 7,8,9, DIRECCIÓN 1, BAÑOS 1,2	10	127	100	0,7	700,0	5,5	6,9	2P - 20
ST4	TW 2x10 AWG 45 m		FUERZA AULAS 4,5,6	6	127	100	0,7	420,0	3,3	4,1	1P - 20
ST5	TW 2x10 AWG 66 m		FUERZA AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCIÓN 2	6	127	100	0,7	420,0	3,3	4,1	1P - 20
ST6	TW 2x10 AWG 20 m		FUERZA BAR	4	127	900	0,7	2520,0	19,8	24,8	1P - 50
ST7	TW 2x10 AWG 35 m		FUERZA CENTRO DE COMPUTO, COMEDOR, AULA 3	47	208	100	0,7	3290,0	9,1	11,4	7P - 20

CAPÍTULO VII

7.SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

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 más 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.SISTEMAS DE TIERRAS

7.1.1. DIFERENCIA ENTRE NEUTRO Y TIERRA

Aunque los dos son conductores que se aterrizan sus funciones son totalmente distintas.

En una instalación trifásica bien realizada, si se exceptúan los circuitos de distribución terminal monofásica, el conductor de neutro no lleva o lleva poca corriente (menos del 15% de la corriente de fase).

El neutro es un conductor proveniente del secundario de un transformador con conexión en estrella y sirve para proporcionar el cierre del circuito en 120 V con salida 3Ø 208V, en este caso donde son conectadas cargas monofásicas.

La tierra física o tercer hilo es un conductor que proviene directamente de la tierra física, sabemos que debe de tener muy baja resistencia, y su función principal es la de proveer seguridad y protección a las personas y a los equipos conectados a la energía eléctrica contra descargas y voltajes y corrientes indeseables.

7.1.2. CONCEPTO Y OBJETIVO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.¹⁹

Un sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de equipos eléctricos y electrónicos a tierra, para evitar que se dañen los equipos en caso de una corriente transitoria peligrosa, o también que por falta de aislamiento en uno de los conductores y al quedar en contacto con las placas de los contactos y ser tocados por alguna persona pudiera ocasionarle lesiones o incluso la muerte.

Un sistema de puesta a tierra tiene como objetivo:

- **La seguridad de las personas:** Para equalizar los niveles de potencial que se pueden inducir generando niveles peligrosos de voltaje cuando ocurre una descarga eléctrica o una condición de falla eléctrica.
- **La protección de las instalaciones:** Para proveer un camino específico para corrientes de falla hacia el electrodo de puesta a tierra con el propósito de dar una operación confiable y segura para el personal. Esto incluye el proveer una referencia para todas las fuentes de poder AC y DC.

¹⁹ INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL - Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 3
"ESTANISLAO RAMÍREZ RUIZ" - SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA PARA EDIFICIOS INTELIGENTES.

- La compatibilidad electromagnética: Para reducir el efecto de las perturbaciones provocadas por electricidad estática, interferencia electromagnética, interferencia de radiofrecuencia y transitorios espurios que pueden llegar a través de la red provocados por la operación de equipos eléctricos en el sitio.

7.1.3. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Los elementos que usamos para efectuar una instalación de puesta a tierra son los siguientes:

Electrodos: Son varillas (generalmente hierro con baño de cobre) resistentes a la corrosión por las sales de la tierra, van enterradas a la tierra a cierta profundidad para disipar la corriente en la tierra en caso de alguna falla de nuestra instalación o de alguna sobrecarga, las varillas más usadas para este tipo de instalaciones son las varillas **copperweld** ya que son las que cumplen con las mejores características.

Conductor o cable: Es el que nos permitirá hacer la conexión de nuestro electrodo hacia las demás partes. Debe procurarse que este cable no sea seccionado y debe preferentemente ser soldado para poder asegurarse de su contacto y continuidad del sistema de conexión, pero hay que aclarar que no se puede usar cualquier soldadura sino que debe usarse soldadura exotérmica.

Se usa generalmente un cable desnudo para que todas las partes metálicas de la instalación queden conectadas a tierra. En el caso de que se use un cable con aislante este debe ser color verde para poder distinguirlo de los otros cables.

7.2.RESISTIVIDADEL TERRENO.

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

En la siguiente tabla 7, están expuestos los valores de la resistividad de los materiales más importantes que construyen los terrenos.

Tabla 7. Resistividad de algunos tipos de suelo.

RESISTIVIDAD DEL TERRENO PARA ALGUNOS TIPOS DE SUELO.	
Tipo de suelo	Resistividad (Ohms-m)
Tierra vegetal	5 a 50
Arcillas	10 a 100
Arcillas mezcladas con arena y/o graba	100 a 1000
Roca	200 a 10000

La resistividad del terreno puede variar por varios factores como: naturaleza del terreno, humedad, temperatura, salinidad, estratigrafía, compactación y variaciones climatológicas.

7.2.1. NATURALEZA DEL TERRENO:

Se entiende como la variación de la resistividad según el tipo de terreno, es decir se tiene una resistividad más elevada en un terreno rocoso que en uno donde haya arena.

7.2.2. HUMEDAD:

La resistividad varía según la humedad del terreno, mientras más húmedo sea el terreno la resistividad será más baja y mientras más seco este el terreno mayor será la resistividad de éste.

7.2.3. TEMPERATURA:

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

7.2.4. SALINIDAD:

El agua por sí sola no conduce la electricidad pero con sales se convierte en un excelente conductor, es por esto que mientras más sales contengan el terreno y este húmedo más bajo serán los valores de resistividad.

Se debe tener presente que el agua pura tiene una resistividad infinitamente alta. Las sales presentes en forma natural en el terreno o disueltas en agua, bajan la resistividad del terreno.

7.2.5. ESTRATIGRAFÍA:

Se debe al exceso de rocas y piedras de tamaño considerable en un terreno ya que las rocas y piedras provocan una mayor resistencia en el terreno.

7.2.6. COMPACTACIÓN:

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

7.2.7. VARIACIONES CLIMATOLÓGICAS:

Las condiciones climatológicas influyen en el valor de la resistividad de un terreno ya que en un terreno estará más seco en verano que si se tuviera una época lluviosa y por esto los valores cambiarían según la época del año en que nos encontremos es por esto que se recomienda

hacer varias mediciones en diferentes estaciones del año para determinar la resistividad promedio.

7.3.ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA²⁰.

Es un cuerpo metálico conductor desnudo que va enterrado y su función es establecer el contacto con la tierra física, deben tener propiedades mecánicas y eléctricas apropiadas para responder satisfactoriamente a las sollicitaciones que los afectan, durante un período de tiempo relativamente largo. El material debe tener buena conductividad eléctrica y no corroerse dentro de un amplio rango de condiciones de suelo. El material preferido generalmente es el cobre.

El electrodo puede tomar diversas formas:

- Electrodo vertical en pozo.
- Electrodo horizontal en zanja.
- Placas.
- Combinación de conductores horizontales y barras verticales (mallas de tierra).

7.3.1. ELECTRODO VERTICAL EN POZO.

Esta varilla es una de las más usadas, ya que es de bajo costo de material. Este tipo de electrodo esta hecho de acero y recubierto de una capa de cobre, su longitud es de 3.05 metros y un diámetro de 16 milímetros como se muestra en la figura 7.1., se debe enterrar en forma vertical y a una profundidad de por lo menos 2.4 metros, esto de acuerdo a las normas IEEE standard 81 – 1962 y norma ecuatoriana de construcción NEC-10 instalaciones electromecánicas.

²⁰ Manual de mallas de tierra Procobre

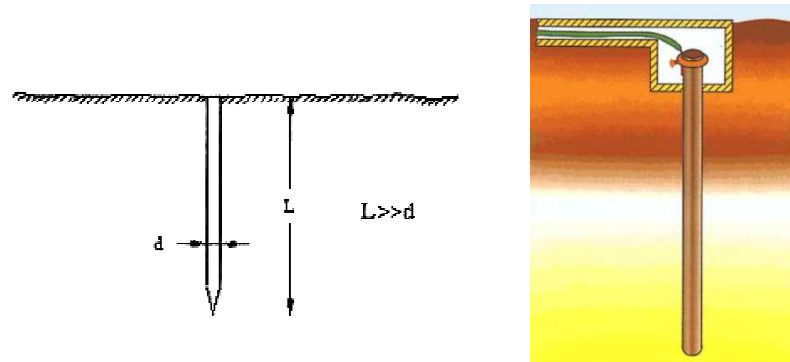


Figura 7.1. Electrodo verticales

Son las que más se aplican por el mínimo espacio que necesitan, se usa un electrodo simple tipo varilla de cobre (jabalina), siendo las medidas estándar, 180 cm X 5/8" de diámetro, siendo su resistencia:

$$R = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right)$$

Por norma se acepta que la varilla vaya enterrada horizontalmente, siempre y cuando sea en una zanja de mínimo 80cm de profundidad, pero no es muy recomendable. La varilla copperweld no tiene mucha área de contacto, pero sí una longitud considerable, con la cual es posible un contacto con capas de tierra húmedas obteniendo un bajo valor resistencia.

7.3.2. ELECTRODO HORIZONTAL EN ZANJA.

Se aplican poco, se emplea un electrodo simple de cobre tipo platina o un conductor desnudo, su resistencia es:

$$R = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L^2}{hd}\right)$$

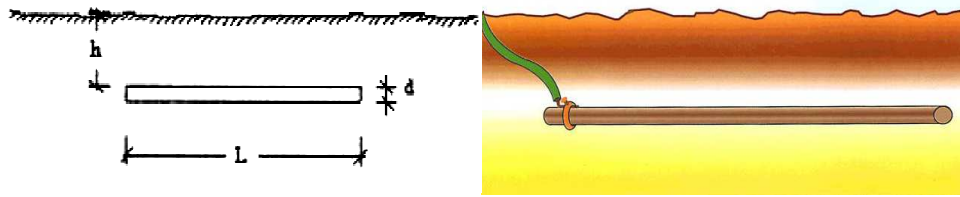


Figura 7.2. Electrodo horizontal en zanja.

Están hechos de cintas de cobre de alta conductividad o conductores retorcidos (cables) como se muestra en la figura 7.2. La cinta es el material más conveniente pues para una sección dada de material presenta una mayor superficie y se considera que tiene un comportamiento mejor a alta frecuencia. Puede ser más difícil de conectar (por ejemplo a barras verticales), de modo que puede significar un costo de instalación levemente mayor.

7.3.3. PLACAS.

Este electrodo tiene una gran área de contacto se recomienda para terrenos que tengan alta resistividad. Se debe tener un área de por lo menos 2000cm^2 y un espesor mínimo de 6.4mm en materiales ferrosos y mínimo de 1.52mm en materiales no ferrosos, como se muestra en la figura 7.3.

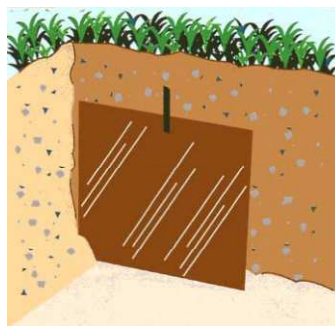


Figura 7.3. Electrodo por Placas

Algunos suelen ser de cobre o acero galvanizado. Las planchas de acero galvanizado tienen un mínimo de 3 mm de espesor y son cuadradas de 915 ó 1220 mm por lado. Las planchas de cobre son

típicamente cuadradas de 600 mm ó 900 mm de lado y entre 1,6 mm y 3 mm de espesor.

La resistencia de puesta a tierra viene expresada en:

$$R = \frac{0.8P_e}{L} (\text{Ohms})$$

En donde L [m] la profundidad máxima y p_e [Ohm-m] la resistividad equivalente del terreno.

7.3.4. COMBINACIÓN DE CONDUCTORES HORIZONTALES Y BARRAS VERTICALES (MALLAS DE TIERRA).

Las instalaciones eléctricas requieren de un sistema enmallado de tierra con múltiples electrodos y conductores enterrados, cuando están involucradas tensiones y corrientes eléctricas altas, con el fin de minimizar los riesgos al personal en función de la tensión eléctrica de paso y de contacto.

La malla consta de una red de conductores enterrados a una profundidad que usualmente varía de 0,30 a 1,0m, colocados paralela y perpendicularmente con un espaciamiento adecuado a la resistividad del terreno y preferentemente formando retículas cuadradas como se observa en la siguiente, como se muestra en la figura 7.4.

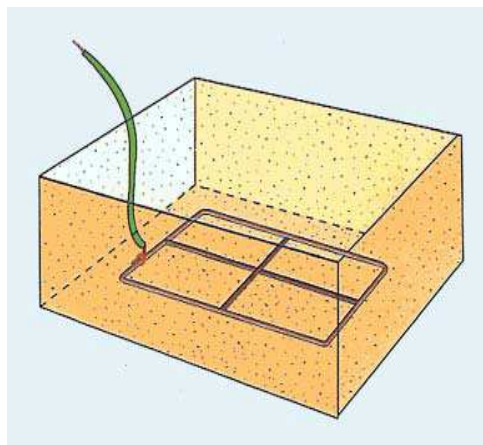


Figura 7.4. Malla a tierra

El cable que forma el perímetro exterior de la malla debe ser continuo de manera que encierre toda el área en que se encuentra el equipo eléctrico. Con ello, se evitan altas concentraciones de corriente y gradientes de potencial en el área y terminales cercanas.

En cada cruce de conductores de la malla, éstos deben conectarse rígidamente con soldadura exotérmica entre sí y en los puntos donde se conectan los equipos que pudieran presentar falla o, en las esquinas de la malla, los conductores deben conectarse a electrodos de varilla o tubo de 2,4 m de longitud mínima, clavados verticalmente, como se muestra en la figura 7.5.

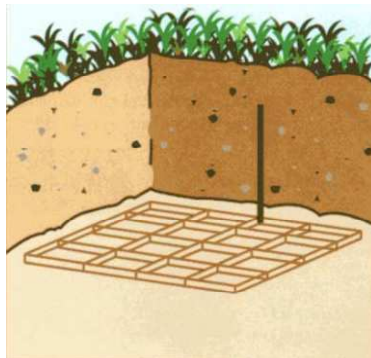


Figura 7.5. Malla a tierra

Los cables que forman la malla deben colocarse preferentemente a lo largo de las hileras de estructuras o equipo para facilitar la conexión a los mismos, ya que es una práctica común de ingeniería aterrizar a dos cables diferentes todos los equipos.

Los conectores empleados en la malla del sistema de tierras deben ser de tipo de compresión o soldables.

7.4.DIFERENTES ESQUEMAS Y DISPOSICIONES DE CONEXIÓN A TIERRA.

Los conectores de conductores de puesta a tierra con los electrodos pueden ser del tipo de soldadura exotérmica, conectores a presión,

abrazaderas u otros medios. Y no deben tener soldaduras con materiales de puntos de baja fusión (estaño, plomo, etc.)

Hay que considerar el valor y duración de corriente de falla que se espera que soporte el sistema de tierra. Existen algunos métodos de unión y los más empleados son:

- Soldadura exotérmica.
- Métodos Mecánicos.
- Soldadura en fuerte (bronceado).
- Soldadura por fusión autógena.

7.4.1. SOLDADURA EXOTÉRMICA.

La soldadura aprovecha la alta temperatura que se provocada por la reducción del óxido de cobre por el aluminio. La reacción tiene lugar en el interior de un molde-crisol de grafito, en el que previamente se han introducido las piezas a soldar; el metal resultante de la reacción aluminotérmica, en estado de fusión, fluye sobre ellas, fundiéndolas y formando una masa compacta y homogénea como se observa en la siguiente figura 7.6.



Figura 7.6. Unión en una masa compacta y homogénea

La reacción es muy rápida y por tanto las piezas a soldar adquieren, en la zona que rodea al punto de soldadura, una temperatura muy inferior a la que se obtiene empleando los procedimientos habituales, factor muy importante cuando se trata de proteger el

aislamiento del cable o las características físicas de los materiales a soldar.

La conexión exotérmica es una soldadura molecular perfecta. La aleación utilizada tiene una temperatura de fusión prácticamente igual a la del cobre y posee, generalmente, una sección aproximadamente doble que la de los conductores a soldar, por lo que:

- Las sobrecargas o intensidades de cortocircuito no afectan a la conexión.
- La conductividad de la conexión es, al menos, igual o superior a la de los conductores unidos.
- No existe posibilidad de corrosión galvánica, puesto que los conductores quedan integrados en la propia conexión.

7.4.1.1. Equipo utilizado en la Soldadura Exotérmica.

En sí el equipo de suelda exotérmica consta de diferentes partes como se puede observar en el siguiente figura 7.7.



Figura 7.7. Partes de una suelda exotérmica.

Comúnmente se suele usar:

❖ **Molde de grafito.**

Los moldes se mecanizan a partir de un bloque de material refractario (grafito). Su duración media, en condiciones normales de utilización es de 70-100 soldaduras.

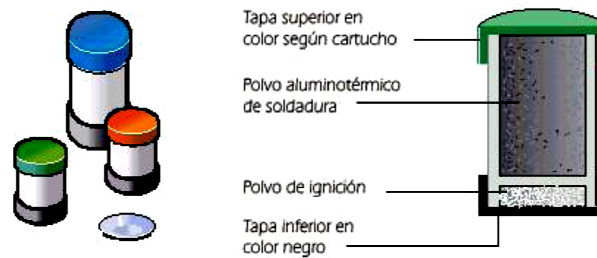
Una tapa metálica protege de las proyecciones en el momento de la ignición. Obsérvese la siguiente figura 7.8.



Figura 7.8. Molde de grafito

❖ **Cartucho y Disco de contención.**

Envase de plástico que contiene la carga aluminotérmica en un lado (tapón de color) y el polvo de ignición en el otro (tapón negro). El disco se utiliza para obturar la tobera antes de depositar la carga. Observar la siguiente figura 7.9.



TIPO CARTUCHO	C-15	C-25	C-32	C-45	C-65	C-90	C-115	C-150	C-200	C-250
COLOR	GRIS CLARO	GRIS OSCURO	VIOLETA	BLANCO	AMARILLO	NARANJA	ROJO	MARRON	AZUL	VERDE
UNID./CAJA	20	20	20	20	10	10	10	10	10	10

Figura 7.9. Cartucho y disco de contención.

❖ **Pistola de ignición.**

Se utiliza para el encendido del polvo de ignición. Admite piedras normales de encendedor como repuesto como se observa en la siguiente figura 7.10.



Figura 7.10. Pistola de ignición.

❖ **Tenazas Soporte TSC.**

Están diseñadas para manejar los moldes con total seguridad, permitiendo su apertura y cierre cuando el molde está caliente. Se utilizan dos tipos de tenazas,

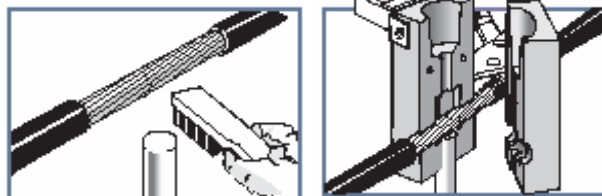
dependiendo del tamaño del molde: TSC-80 y TSC-100.
Como se ilustra en la figura 7.11.



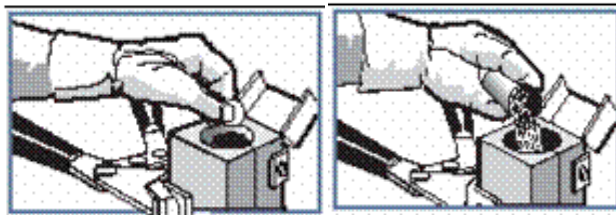
Figura 7.11. Tenazas soporte para moldes de grafito.

7.4.1.2. Procedimiento para realizar una Soldadura Exotérmica.

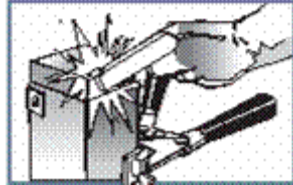
- ✓ Limpiar los extremos de los conductores que van a ser soldados, mediante un cepillo de alambre y ubicarlos en el molde.



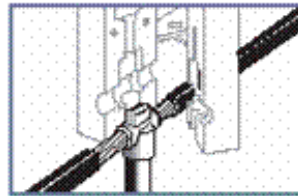
- ✓ Una vez cerrado el molde mediante las tenazas se procede a colocar el disco de contención y verter el contenido del cartucho.



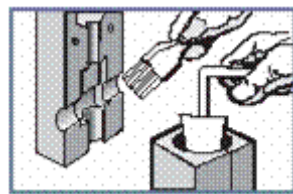
- ✓ Una vez vertido todo el cartucho se cierra la tapa del molde y se inicia la reacción mediante la pistola de ignición.



- ✓ Luego esperamos a un momento y procedemos a retirar el molde y se observa la unión de los conductores con electrodo mediante la suelta.



- ✓ Por último retiramos el molde y luego de dejarlo enfriar lo limpiamos para poder usar nuevamente.



7.5.PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA HUMBERTO VACAS GOMEZ.

1. *Medición de la resistividad del suelo.*

La medición de la resistividad del suelo de nuestra malla, de acuerdo al diseño implementado en la escuela, se utilizó el Método de Wenner o método de los 4 puntos.

El método consiste en clavar 4 electrodos pequeños en línea recta a una misma distancia "A" entre ellos y a una misma profundidad "b", la profundidad "b" no debe exceder un décimo de la distancia "A" ver figura Fig. 7.12, por ejemplo si la distancia $A = 10\text{m}$, entonces $b = 1\text{m}$.

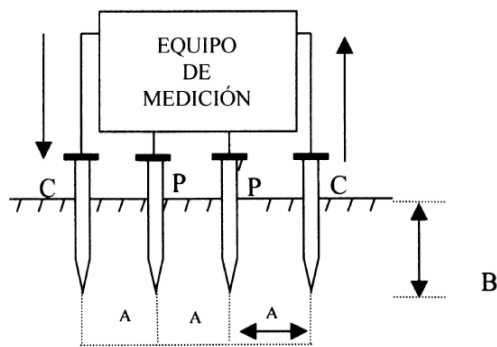


Fig.7.12. Método Wenner

$A =$ Separación entre electrodos en m.

$B =$ Profundidad de los electrodos en m.

$C =$ Electrodo de corriente.

$P =$ Electrodo de Voltaje.

Una vez colocados los 4 electrodos distanciados correctamente se procede a inyectar una corriente por los electrodos de prueba C1 y C2. Entre P1 y P2 se mide la diferencia de potencial que se obtendrá como se observa en la Figura 7.13.

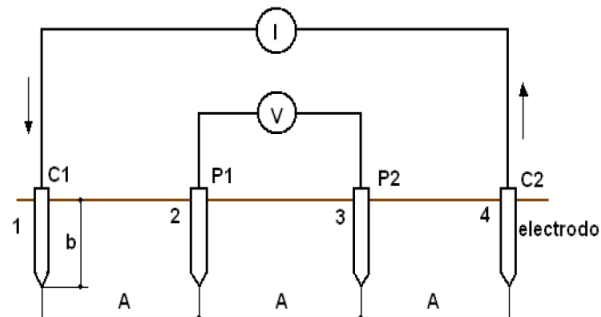


Fig.7.13. Conexión del Método Wenner.

Para nuestro caso se tomó dos valores de resistencia como se observa en la foto 22.



Foto 22. Medición de la resistencia del suelo previo a la ejecución de la instalación de la malla.

Posteriormente se procedió a realizar un promedio para el cálculo:

$$R_1 = 0.51\Omega$$

$$R_2 = 0.54\Omega$$

$$R_1 = \frac{R_1 + R_2}{2} = \frac{0.51\Omega + 0.54\Omega}{2}$$

$$R_T = 0.525\Omega$$

ρ = Resistividad promedio a la profundidad b .

$\pi=3.1415926$.

A = Distancia de electrodos en m .

R_T = Lectura del telurómetro o megger

Datos:

$A = 10 m$

$R_T = 0.525\Omega$

$$\rho = 2\pi * (10 m) * (0.525\Omega)$$

$$\rho = 32.98 \Omega - m \approx 33 \Omega - m$$

2. Cálculo de la corriente de cortocircuito.

Utilizando el diagrama unifilar de la instalación en la escuela, como se observa en la Figura. 7.14.

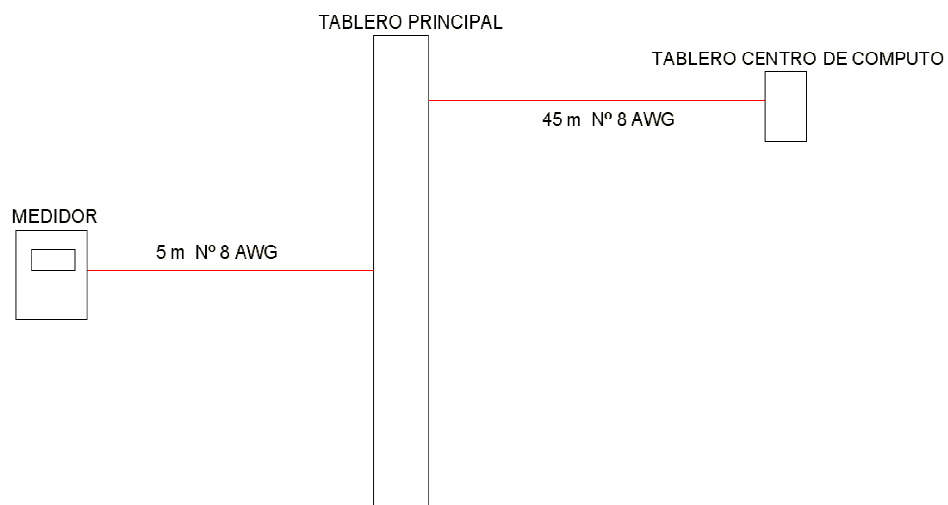


Figura. 7.14. Diagrama unifilar del calibre y su longitud de la instalación de la escuela.

La barra principal de tierra está ubicada en el tablero del centro de cómputo, por tal motivo los cálculos de la corriente de cortocircuito se registrarán en la barras del tablero del centro de cómputo.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito y rigiéndonos a las normas NEC para seleccionar valores de impedancias, se escogerán valores los de la tabla del anexo 4.

Según el diseño los cálculos de la I_{cc} de cortocircuito son los siguientes:

Datos:

- $L_1 = 5m = 16.4pies$, N° 8AWG

Para obtener los valores de la reactancia y la resistencia nos basamos en la tabla del anexo 4.

$$\textbf{Reactancia} \rightarrow XL_1 = 0.052\Omega/1000pies$$

$$\textbf{Resistencia} \rightarrow R_1 = 0.78\Omega/1000pies$$

$$L_1 = 16.4pies$$

$$0.052 \rightarrow 1000pies$$

$$XL_1 \rightarrow 16.4pies$$

$$\textbf{XL}_1 = \textbf{0.0008528}\Omega$$

$$0.78\Omega \rightarrow 1000pies$$

$$R_1 \rightarrow 16.4pies$$

$$\textbf{R}_1 = \textbf{0.012792}\Omega$$

- $L_2 = 45m = 147.54pies$, N° 8AWG.

Para obtener los valores de la reactancia y la resistencia nos basamos en la tabla del anexo 4.

$$\textbf{Reactancia} \rightarrow XL_2 = 0.052\Omega/1000pies$$

$$\textbf{Resistencia} \rightarrow R_2 = 0.78\Omega/1000pies$$

$$L_2 = 147.54pies$$

$$0.052\Omega \rightarrow 1000pies$$

$$XL_2 \rightarrow 147.54pies$$

$$\textbf{XL}_2 = \textbf{0.00767}\Omega$$

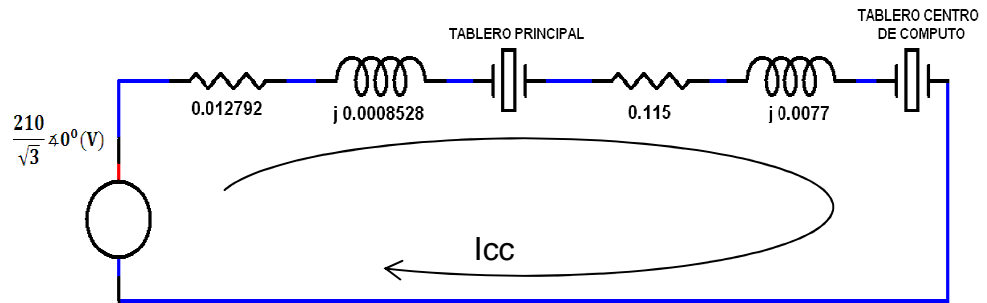
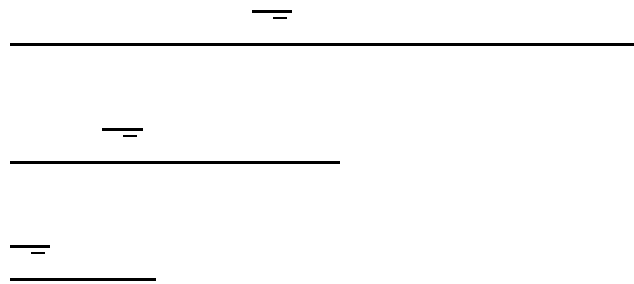


Figura. 7.15. Diagrama unifilar



Ajuste de la Icc:

Se considera un tiempo de duración de falla menor a 0.1 segundos que mediante la tabla 8, equivale a 60 ciclos con un factor de decremento de 1.25 y de seguridad 1.

Tabla 8. Duración de falla.

Duración de la Falla (ciclos)	Factor de Decremento (D)
0.5	1.65
6	1.25
15	1.10
30 ó más	1.10

$$I_{CC2} = I_{CC} * A * D$$

I_{CC1} = Corriente de Cortocircuito.

A = Factor de seguridad

D = Factor de decremento.

$$I_{CC2} = 889.53A * 1 * 1.25$$

$$I_{CC2} = 1111.9125A$$

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 norma IEEE en su publicación Std. 80 de 1986:

$$S = I_{CC2} * K_{ON}$$

S = Sección del conductor

I_{CC2} = Corriente de cortocircuito ajustada

$$K_{ON} = \frac{6.5CM}{amp} = \text{Constante de Onderdonk}$$

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

$$S = 1111.9125 A * \frac{6.5CM}{amp}$$

$$S = 7227.45 CM$$

De acuerdo con la tabla de Onderdonk, anexo 6, la sección 7227.45 CM nos corresponde aproximadamente a un conductor de calibre de N° 12 a 10 AWG, pero por razones técnicas de esfuerzos mecánicos que el conductor sufrirá al momento de soldar es necesario dimensionar para nuestra 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 como mínimo 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.

4. Cálculo de la Resistencia de la Malla.

Según el diseño el cálculo de la Resistencia de la Malla se obtuvo de la siguiente manera.

Se aplicarán las fórmulas de acuerdo al diseño establecido, de acuerdo con las normas del IEEE 80 – 1986, anexo 5.

Para nuestra malla utilizaremos 7 varillas de 1.80 cm X 5/8", separadas y el cable a unir en forma horizontal como se muestra en la Figura. 7.18.

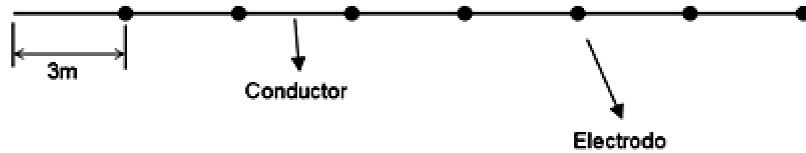


Figura. 7.18. Diagrama de conexión

- **Cálculo de la Resistencia por varilla:**

$R =$ resistencia de la varilla (Ω)

$\rho =$ resistividad del terreno ($\Omega\text{-m}$)

$h =$ longitud de la varilla (m) (se considera una varilla de $\varnothing 16$ mm x $L = 1.80$ m)

$a =$ radio de la varilla (m)

El diámetro de la varilla es de 5/8" (16 mm) por lo que el radio es:

- _____

$$R = \frac{33 \Omega - m}{2 * \pi * 1.80m} \left[\frac{\ln 4(1.80m)}{0.079375 m} - 1 \right]$$

$$R = 2.92\Omega (3.50)$$

$$R = 10.21 \Omega/\text{varilla}$$

- **Cálculo de la resistencia del conductor enterrado.**

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

R_c =Resistencia del conductor enterrado (Ω).

ρ = resistividad del conductor ($\Omega\cdot m$).

L = longitud total del conductor enterrado (m).

A = área del conductor

Según el anexo 7 la sección para el conductor 2/0AWG es $6.74 * 10^{-5} m^2$

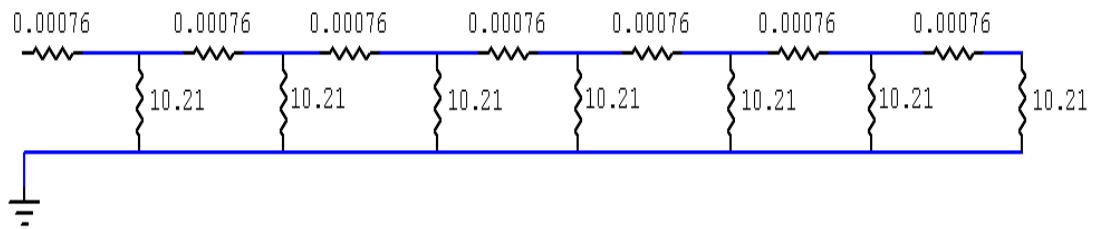
Para el cobre la resistividad es $1.71 * 10^{-8} \Omega - m$

$$R_c = 1.71 * 10^{-8} \Omega - m \frac{3m}{6.74 * 10^{-5} m^2}$$

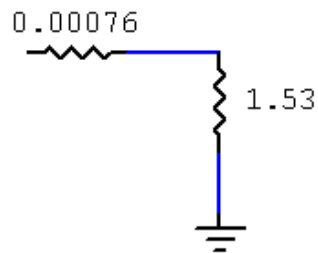
$$R_c = 7.61 * 10^{-4} \Omega$$

- **Resistencia total de la malla RT.**

Una vez obtenido los valores de resistencia por varilla (10.21Ω) y resistencia del conductor enterrado ($7.61 * 10^{-4}\Omega$) procedemos a calcular el siguiente circuito.



Mediante la resolución de circuitos serie-paralelo el resultado del circuito será:



Por lo tanto:

$$RT = 0.00076 + 1.53$$

$$RT = 1.54\Omega$$

El valor obtenido de RT es aceptable dentro de lo recomendado ya que es un valor inferior a 5Ω

7.6. EJECUCIÓN DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA EN LA ESCUELA HUMBERTO VACAS GOMEZ.

De acuerdo al diseño que se realizó se procedió a la ejecución del mismo seleccionando un lugar apropiado que cumpla con las dimensiones apegadas al diseño para instalar la malla.

1) El lugar escogido fue una jardinera la misma que está ubicada junto al centro de cómputo, además cumplía con las dimensiones diseñadas, la jardinera consta de 25 m², asignando 12.6m².

2) Una vez seleccionado el sitio donde se llevara a cabo la malla procedimos a calcular la resistividad del suelo mediante un telurómetro y mediante el método de Wenner dicho valor nos dio 0.54 Ω y de acuerdo al diseño el cálculo de la resistividad nos dio 33 Ω – m con este valor de resistividad se procedió a mejorar el terreno con el fin de obtener un óptimo valor.



Foto 23. Medición de la resistencia del suelo.

3) Contratando un albañil se empezó la excavación de 21m de largo, 60cm de ancho y 1m de profundidad como se observa en la figura 24.



Foto 24. Excavación del terreno.

- 4) Una vez hecha la excavación procedimos a clavar las varillas copperweld ajustándonos al diseño planteado como se observa en la foto 25.



Foto 25. Colocación de varillas.

- 5) Ya clavadas todas las varillas se extendió el cable y se empezó a soldar, obsérvese las fotos 26 y 27.



Foto 26. Colocación del molde.



Foto 27. Soldadura efectuada.

- 6) Una vez soldadas todas las varillas se rellena con carbón vegetal esto con el fin de mantener la humedad del terreno como se observa en la foto 28.



Foto 28. Colocación de carbón vegetal

- 7) Luego las varillas soldadas al conductor son enterradas, entonces se procedió a medir la resistencia de la malla obteniendo un valor de **3.25Ω** como se observa en la foto 29, este valor se aproxima en cierto valor al teórico y el teórico según el diseño dio un valor de 1.54 Ω.



Foto 29. Medición de la malla a tierra.

CAPÍTULO VIII.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En base al diseño planteado del Sistema Eléctrico y Puesta a Tierra en la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” y una vez finalizado el trabajo, podemos plantear como resultado algunas conclusiones y ciertas recomendaciones que se presentaron durante una ejecución.

8.1. CONCLUSIONES

- Al realizar un estudio general se encontró en un estado deplorable las instalaciones eléctricas de la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez”, por lo cual fue imperioso un cambio radical ya que se corría de muchos riesgos (específicamente cortocircuitos).
- Aplicando un esquema sectorizado del sistema eléctrico puede obtener una ruta fácil, óptima y rápida para la detección de posibles fallas; es decir en caso de una posible falla solo ciertos sectores serían afectados.
- Luego de verificar aula por aula se detectó empalmes en malas condiciones, alambres recalentados, instalaciones sin las protecciones debidas, alambres sueltos. Por estas razones se procedió a un cambio total en ciertos lugares y en otros se volvió a reutilizar de una manera adecuada, apegándonos a normas eléctricas y de seguridad.
- Una distribución correcta en la iluminación permitió colocar en lugares precisos las luminarias, satisfaciendo las necesidades tanto de maestros como alumnos ya que la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” carecía de esto.
- La existencia de muchas uniones de cables mediante empalmes hace que exista mayor caída de voltaje.

- La existencia de varios equipos eléctricos y electrónicos en la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” y su estudio de demanda energética y de posibles riesgos por descargas eléctricas, fue de gran importancia en la ejecución de un sistema de puesta a tierra con el fin de proteger dichos equipos.
- Todo sistema de puesta a tierra debe dar protección tanto a personas como a equipos eléctricos contra posibles sobre voltajes o descargas eléctricas
- Para poder instalar un sistema de puesta a tierra, es imprescindible conocer el valor de resistividad que tiene el terreno. Es importante conocer el valor de la resistividad del terreno para que el sistema de puesta a tierra sea eficiente. El valor de la resistividad de un terreno puede variar de acuerdo a ciertos factores como los mencionados en este trabajo.
- En un sistema de puesta a tierra el calibre del conductor que se utilice debe ser el adecuado para poder soportar las altas corrientes de falla que podrían circular por dicho conductor. Para determinar el calibre de este conductor se debe tomar en cuenta normas teóricas oficiales.

8.2. RECOMENDACIONES

- Para mantener una instalación óptima es recomendable efectuar un mantenimiento continuo a las instalaciones, el mismo que debe ser realizado y supervisado por un profesional en el campo.
- La operación de instalaciones eléctricas por personas no autorizadas puede que solucionen un problema temporal, pero a la larga ocasionarán dificultades. Es decir su manejo profesional evitará que existan accidentes a futuro.
- La parte económica en ciertas ocasiones es factor muy importante al momento de adquirir materiales para una instalación, pero no hay que escatimar esfuerzos para hacerlos ya que con esto se consigue tener un sistema eléctrico eficiente.
- Como se sabe la malla a tierra nos permite proteger tanto a personas como a equipos eléctricos; es recomendable hacer un mantenimiento periódico cada 2 o 3 años.
- Al requerir una disminución de la resistencia de puesta a tierra se recomienda un tratamiento químico al terreno, añadiendo gel o minerales; esto ayuda a mejorar la conductividad del terreno.
- En el momento de enterrar las varillas se debe compactar la tierra suelta; con esto logramos mejorar el contacto entre tierra y conductor, además humedecer el terreno evita el incremento de la resistencia de la malla.
- Es fundamental en un sistema de puesta a tierra elaborar un pozo de revisión, este nos facilitará al momento de realizar mediciones o mantenimiento de la malla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- “IEEE Recommended Guide for Measuring Ground Resistance and Potential Gradients in the Earth”. IEEE Standard 81 – 1962.
- ENRÍQUEHARPER, Gilberto. “Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas”. Primera edición. Editorial Limusa S.A. México DF. 2002.
- WESTINGHOUSE. Manual de Alumbrado Luminoteca.
- Manual de Instalaciones Eléctricas de Pirelli, SICA

FUENTES DE INTERNET

- http://energytel.info/portal_telecom/articulos-tecnicos/37-sistemas-deproteccion/69-registro-fotografico-del-proceso-de-soldadura-exotermicas.
- <http://hugarcapella.files.wordpress.com/2010/03/manual-de-puesta-a-tierra.pdf>
- <http://forums.mikeholt.com/showthread.php?t=134611>
- [NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10 INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS](http://www.normaconstruccion.ec)
CAPÍTULO 15 MIDUVI – Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción Decreto ejecutivo N° 705 del 6 de abril del 2011
- <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe80.html>
- http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf
NEC10
- <http://www.cicp-ec.com/pdf/4.%20INST.ELECTROMECA%81NICAS-1.pdf>
- <http://puestaatierra.wordpress.com/2010/11/18/>

PRESUPUESTO

Para la ejecución de nuestro proyecto de titulación, la “Escuela Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez” hizo una gestión económica que fue presupuestada por el estado y además se realizó inversión económica por parte de los ejecutantes del proyecto, a continuación se detallará los presupuestos invertidos por la institución y los tesistas:

PRESUPUESTO ASIGNADO DEL ESTADO PARA EL MEJORAMIENTO, READECUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA A TIERRA EN LA “ESCUELA FISCAL MIXTA HUMBERTO VACAS GÓMEZ”

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Valor Total
2	Aisladores P/Barra de 25mm	1,94
1	Barra de cobre	8,61
100	Boquilla Plafón	71,43
1	Caja Térmica SD 412F TRIF	67,87
10	Canaletas 20*12	18,81
4	Carbón Vegetal (sacos)	40
6	Focos Ahorradores	14
1	Gabinete Met. 30*30*15	21,43
20	Interruptores simples de 15 ^a	13,44
1	Merlín Break	51,63
40	Metros cable de cobre desnudo 2/0 AWG 19 hilos	316,6
50	Metros Cable Sólido N° 8 7 hilos	70
30	Placas dobles intemperie	123,64
30	Placas ovalada	5,37
20	Placas verticales	3,22
3	Rollo cable solido N° 12 THHM	120,8
4	Rollo cable solido N° 14 THHM	100
6	SQD breaker 1P-20A QD-120	26,25
3	SQD centro de carga Trif.	135,27
8	Suelda Exowel 115	50
100	Tacos F6	1
8	Taipes	4,2
60	Tomas dobles	30
100	Tornillos	1,2
7	Varillas alta camada 5/8*1,8 270 micras	88,69
TOTAL		1385,4

**MONTO – INVERSIÓN DEL PROYECTO PARA EL
MEJORAMIENTO, READECUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA A TIERRA EN LA “ESCUELA
FISCAL MIXTA HUMBERTO VACAS GÓMEZ”**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V. TOTAL
10	Abrazadera EMT 1"	1,79
390	Abrazadera EMT 1/2"	19,79
2	Aislador de barra 35mm	2,62
1	Bailejo	2,6
32	Boquilla Plafón	20,8
2	Broca 5 1/16	1,8
3	Broca 5/32	8,7971
2	Broca de concreto	6,3
1	Brocha	2
1	Caja de revisión	6
1	Caja Int/toma 40 mm Dexson	1,67
1	Caja térmica QOL-6 240/120	28
20	Cajetín rectangular grande	8
80	Cajetín redondo grande	36
10	Cajetines rectangulares	5
5	Cajetines redondos	2,5
30	Cajetín octogonal grande ¾"	12
2	Carretilla de Arena	1,8
70	Clavos	3,1
2	Conector 1"	2,23
200	Conector EMT 1/2" USA	63,7
7	Conector EMT 3/4" USA	3,5
5	Int. Doble Blanco 711W USA	20,75
1	Dado fija tuerca 5/16	3,4821
1	Disco de diamante	12
1	Estilete	0,7
5	Interruptores dobles	11,75
50	Libras cemento	5
1	Libras de alambre galvanizado N° 16	1,25
120	Libras de tubo conduit	54
85	Libras de tubo conduit	38
1	M.G. Break C/Mold 3x80A	55,4
175	Metro cable flexible # 10 AWG	184,36
150	Metro cable N°8 a 7hilos	208,39

340	Metro cable sólido # 10	275,2
550	Metro cable sólido # 12 AWG	271,9
300	Metro cable Sólido N° 14	100,5
12	Metro cable sucre 2x14 Mt.	15,67
15	Metro cable sucre 3x12 Mt.	40,47
75	Metro manguera 1/2"	20,65
29	Metro manguera 3/4"	6
1	Paleta	3,5
200	Perno autoperforante	9,4
5	Placa plástica ovalada blanca	1
1	Prensaestopas	0,55
1	Punta	1,4
2	SD A breaker 1x50A	9,9
1	SD A Caja térmica QOL-4 240/120	22,9
5	SD breaker 1P 20 A	19,7
2	Suelda exowell 90/65	12,5
20	Tapa redonda grande	6
1	Tapa redonda pequeña	0,25
6	Tensor plástico	35,4
3	Terminal talón 2/0-14	5,7
4	Tirafondo	0,2
2	Tirafondo 1/4 * 1 1/2" ciento	3,5714
65	Tornillo TR pato 8*1 1/2"	1,3
19	Tape templex 3M	11,56
70	Unión EMT 1/2" USA	23
2	Unión EMT 3/4" USA	1
6	Veto plata int. doble	13,12
	Mano de obra civil	450
	Mano de obra cerrajería	100
	Mano de obra eléctrica	1600
	TOTAL	3897,4206

Los costos de la mano de obra para la ejecución del proyecto fueron asumidos por Edison Alverca y Edison Pareja, ejecutores de este proyecto de titulación.

ANEXO 1

TABLA DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN LUXES

LUGAR		LUXES	
		MIN	MAX
Habitaciones - Recreo - Deportes	Vestíbulos, Corredores y Ascensores	50	70
	Escaleras	100	150
	Vestuarios, tocadores y lavabos	50	100
Oficinas y administraciones	Teneduría de libros, mecanografía, contabilidad, máquinas de calcular, ficheros y archivadores.	300	600
	Oficinas privadas y trabajos generales de oficina distintos a los anteriores.	200	.....
	Salas de dibujo: mesas	500	1000
	Alumbrado general	150	300
	Oficinas de información, salas de recepción, salas de espera.	150	500
	Archivos	100	.....
	Habitaciones de paso: iluminación general interior	150	500
Establecimientos públicos	Iglesias: altares, santuarios, coros	100	.....
	Naves	70	.....
	Dependencias	50	.....
	Bibliotecas: estanterías (alumbrado vertical)	100	200
	Salas de libros	100	200
	Salas de lectura	100	200
	Mesas de lectura	300	500
	Museos y galerías: alumbrado general interior	100	.....
	Vitrinas: alumbrado especial	500	.....
	Sobre los cuadros	100	200
Establecimientos de enseñanza	Salas de conferencias, antiteatros, salas de reuniones	200	500
	Gimnasios	150	300
	Vestuarios, tocadores y lavabos	50	100
	Salas de clases y laboratorios	200	500
	Dibujo de arte, industrial y costura	500	700
	Bibliotecas y despachos	100	200
	Salas de enseñanza manual	700	1000
Pizarras	300	500	

ANEXO 2

DIMENSIÓN DE TUBO CONDUIT Y ÁREA DISPONIBLE PARA LOS CONDUCTORES

NUMERO DE CONDUCTORES PERMISIBLES EN TUBOS CONDUIT

Calibre	Número de conductores aislados en un conduit								
AWG o MCM	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4
16	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4
14	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	1	1	1	1
12	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	1	1	1	1 1/4
10	1/2	3/4	3/4	3/4	1	1	1	1 1/4	1 1/4
8	1/2	3/4	3/4	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2
6	1/2	1	1	1 1/4	1 1/2	1 1/2	2	2	2
4	1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2 1/2
2	3/4	1 1/4	1 1/4	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
1	3/4	1 1/2	1 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3
1/0	1	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3
2/0	1	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3	3 1/2
3/0	1	2	2	2 1/2	3	3	3	3 1/2	3 1/2
4/0	1 1/4	2	2 1/2	3	3	3	3 1/2	3 1/2	4
250	1 1/4	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	4	4	4 1/2
300	1 1/4	2 1/2	2 1/2	3	3 1/2	4	4	4 1/2	4 1/2
350	1 1/4	3	3	3 1/2	3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5
400	1 1/4	3	3	3 1/2	4	4	4 1/2	5	5
500	1 1/2	3	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5	6
600	2	3 1/2	3 1/2	4	4 1/2	5	6	6	6
750	2	3 1/2	3 1/2	4 1/2	5	6	6	6	---
900	2	4	4	5	6	6	6	---	---
1000	2	4	4	5	6	6	---	---	---
1250	2 1/2	4 1/2	4 1/2	6	6	---	---	---	---

ANEXO 3

CALIBRE DE UN CONDUCTOR, TIPO DE CONDUCTOR Y TIPO DE AISLAMIENTO.

TW — ALUMINIO — 600V — 60°C

	C o n d u c t o r				Espesor de Aislamiento	Diámetro Exterior Aprox.	Peso Total Aprox.	Capacidad (*)
	Sección Aprox.	Calibre	Diámetro Aprox.	Peso Aprox.				
	mm ²	AWG o MCM	mm	Kg/Km				
	3.3	12—Sólido	2.05	8.94	0.76	3.57	18.88	15
	5.3	10—"	2.59	14.22	0.76	4.11	26.05	25
	8.4	8—"	3.26	22.62	1.14	5.54	45.90	30
	13.3	6— 7h	4.65	36.64	1.52	7.69	82.32	40
	21.1	4— "	5.88	57.89	1.52	8.92	114.5	55
	33.6	2— "	7.41	92.02	1.52	10.45	163.0	75
	53.5	1/0— "	9.36	146.50	2.03	13.42	266.2	100
	67.4	2/0— "	10.50	184.60	2.03	14.56	319.1	115
	85.0	3/0— "	11.79	232.70	2.03	15.85	384.5	130
	107.2	4/0— "	13.26	293.50	2.03	17.32	466.1	155
	53.5	1/0— 19h	9.45	146.50	2.03	13.51	260.1	100
	67.4	2/0— "	10.60	184.60	2.03	14.66	312.2	115
	85.0	3/0— "	11.95	232.70	2.03	16.01	379.6	130
	107.2	4/0— "	13.40	293.50	2.03	17.46	454.7	155
	126.6	250— 37h	14.62	352.05	2.41	19.44	556.4	170
	152.0	300— "	16.00	422.4	2.41	20.82	646.2	190
	177.4	350— "	17.30	492.9	2.41	22.12	735.3	210
	202.7	400— "	18.49	560.0	2.41	23.31	819.8	225
	253.4	500— "	20.65	704.1	2.41	25.47	996.4	260
	304.0	600— "	22.63	844.1	2.79	28.21	1214	285
	354.7	700— 61 h	24.48	985.7	2.79	30.06	1385	310
	380.0	750— "	25.35	1056	2.79	30.93	1470	320
	405.4	800— "	26.17	1119	2.79	31.75	1548	330
	506.7	1000— "	29.26	1408	2.79	34.84	1833	375

APLICACIONES:
Cables o Alambres para edificaciones hasta 600 V.C.A. El aislamiento del tipo TW es PVC termoplástico, resistente a la humedad, no propaga la llama y es adecuado para una temperatura máxima del conductor de 60°C.

* Capacidad basada en N.E.C. (U.S.A.) Edición 1978, para no más de 3 conductores en conduit, bandeja, cable o directamente enterrado a temperatura ambiente de 30°C.

ANEXO 4

CÓDIGO DE LA NEC

RESISTENCIA Y REACTANCIA DE CA PARA CABLES DE 600 VOLTIOS, TRIFÁSICOS, 60HZ, 75°C (167°F). TRES CONDUCTORES SENCILLOS EN TUBO 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 $R\cos\theta + X\text{sen}\theta$, 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: $Z_e = R \times \text{FP} + X \times \text{sen}[\arccos(\text{FP})]$

ANEXO 5

FORMULARIO PARA CALCULAR LA RESISTENCIA CONDIFERENTE TIPO Y CONFIGURACIÓN DE ELECTRODO (IEEE 80 – 1986)

#	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	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^2}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
7		Estrella de tres puntas Longitud de un lado L, Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^2}{L^2} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
8		Estrella de cuatro puntas Longitud de lado L, Profundidad 2/s	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
9		Estrella de seis puntas Longitud de lado L, Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^2} - 0.409 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
10		Estrella de ocho puntas Longitud de lado L, Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^2}{L^2} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
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	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$

ANSI/IEEE Std.142-1982, IEEE Recommended practice for grounding of industrial and commercial power systems”, IEEE Standards Board, New York, 1982.

ANEXO 6
CÓDIGO DE LA NEC
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	Área Circ. Mils	Cantidad	Diámetro pulgadas	Diámetro pulgadas	Área 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 7

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES

DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES

Calibre	Area sección transversal	Número de alambres	Diámetro nominal conductor	Número de alambres	Diámetro nominal conductor	Espesor del aislamiento nominal	Diámetro total aproximado	Peso teórico	Resistencia eléctrica CD a 20°C (1)	Ampacidad al aire libre a 30°C (2) amperes		
										60°C	75°C	90°C
AWG/KCM	mm²	clase B	mm	clase C	mm	mm	mm	kg/100m	ohm/km			
16	1,31	7	1,46	19	1,48	0,76	3,0	2,0	13,40	-	-	18
14	2,08	7	1,85	19	1,87	0,76	3,4	2,9	8,40	20	20	25
12	3,31	7	2,33	19	2,36	0,76	3,9	4,2	5,32	25	25	30
10	5,26	7	2,93	19	2,97	0,76	4,5	6,2	3,34	30	35	40
8	8,37	7	3,70	19	3,75	1,14	5,9	10,4	2,10	40	50	55
6	13,3	7	4,67	19	4,72	1,52	7,6	16,8	1,32	55	65	75
4	21,2	7	5,88	19	5,96	1,52	8,6	25,0	0,83	70	85	95
2	33,6	7	7,42	19	7,51	1,52	10,3	37,8	0,54	95	115	130
1/0	53,5	19	9,47	37	9,50	2,03	13,2	61,0	0,33	125	150	170
2/0	67,4	19	10,63	37	10,66	2,03	14,3	75,0	0,26	145	175	195
3/0	85,0	19	11,94	37	11,97	2,03	15,6	95,0	0,21	165	200	225
4/0	107	19	13,40	37	13,45	2,03	17,0	115	0,16	195	230	260
250	127	37	14,62	61	14,63	2,41	19,0	138	0,14	215	255	280
300	152	37	16,01	61	16,03	2,41	20,3	163	0,12	240	285	320
350	177	37	17,29	61	17,32	2,41	21,6	188	0,10	260	310	350
400	203	37	18,49	61	18,51	2,41	22,7	214	0,09	280	335	380
500	253	37	20,67	61	20,70	2,41	24,8	264	0,07	320	380	430
600	304	61	22,67	91	22,68	2,79	27,6	318	0,06	355	420	475
750	380	61	25,34	91	25,37	2,79	30,2	393	0,05	400	475	535
1000	507	61	29,27	91	29,29	2,79	34,0	517	0,03	455	545	615

ANEXO 8

CUADRO DE CARGA

CUADRO DE CARGAS DE SUBTABLEROS							
Escuela Fiscal Mixta "Humberto Vacas Gómez"							
Nº CIRCUITO	Descripción del tablero	Nº PUNTOS	VOLTAJE [V]	Pt [W] Potencia Total Instalada	In [A]	It [A] FS=1.25	PROTECCIONES Nº POLOS AMP
ST1	AULAS No.10,11,12,13	40	127	1052,8	8,3	10,4	1P – 20
ST2	AULAS No. 1,2	26	127	618,8	4,9	6,1	1P – 20
ST3	AULAS 7,8,9, DIRECCIÓN 1, BAÑOS 1,2	31	127	1185,8	9,3	11,7	1P – 20
ST4	AULAS 4,5,6	24	127	697,2	5,5	6,9	1P – 20
ST5	AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCIÓN 2	29	127	774,2	6,1	7,6	1P – 20
ST6	BAR	8	127	2703,4	21,3	26,6	1P – 50
ST7	CENTRO DE COMPUTO,COMEDOR, AULA 3	61	208	4270,0	16,8	21,0	3P – 75
SUB TOTAL				11302,2			
RESERVA 25%				2825,6			
TOTAL				14127,8			

ANEXO 9

CUADRO DE CARGA

CUADRO DE CARGAS											
Escuela Fiscal Mixta "Humberto Vacas Gomez"											
Nº CIRCUITO	Alimentador Calibre Longitud (m)	Descripción de la carga	Nº PUNTOS	VOLTAJE [V]	Pu	FD	Pt [W]	In	It	PROTECCIONES	
					Potencia unitario [W]	Factor de demanda	Potencia Total Instalada	[A]	[A] FS=1.25	Nº POLOS - AMP	
ST1	TW 2x10 AWG 36 m	ILUMINACIÓN AULAS No. 10,11,12,13	32	127	22	0,7	492,8	3,9	4,9	1P - 20	
ST2	TW 2x10 AWG 10 m	ILUMINACIÓN AULAS No. 1,2	22	127	22	0,7	338,8	2,7	3,3	1P - 20	
ST3	TW 2x10 AWG 42 m	ILUMINACIÓN AULAS 7,8,9, DIRECCIÓN 1, BAÑOS 1,2	17/4	127	22/2X40	0,7	485,8	3,8	4,8	2P - 20	
ST4	TW 2x10 AWG 45 m	ILUMINACIÓN AULAS 4,5,6	18	127	22	0,7	277,2	2,2	2,7	1P - 20	
ST5	TW 2x10 AWG 66 m	ILUMINACIÓN AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCIÓN 2	23	127	22	0,7	354,2	2,8	3,5	1P - 20	
ST6	TW 2x10 AWG 20 m	ILUMINACIÓN BAR	1/3	127	22/2X40	0,7	183,4	1,4	1,8	1P - 20	
ST7	TW 2x10 AWG 35 m	ILUMINACIÓN CENTRO DE COMPUTO, COMEDOR, AULA 3	14	127	100	0,7	980,0	7,7	9,6	1P - 20	
ST1	TW 2x10 AWG 36 m	FUERZA AULAS No. 10,11,12,13	8	127	100	0,7	560,0	4,4	5,5	1P - 20	
ST2	TW 2x10 AWG 10 m	FUERZA AULAS No.1,2	4	127	100	0,7	280,0	2,2	2,8	1P - 20	
ST3	TW 2x10 AWG 42 m	FUERZA AULAS 7,8,9, DIRECCIÓN 1, BAÑOS 1,2	10	127	100	0,7	700,0	5,5	6,9	2P - 20	
ST4	TW 2x10 AWG 45 m	FUERZA AULAS 4,5,6	6	127	100	0,7	420,0	3,3	4,1	1P - 20	
ST5	TW 2x10 AWG 66 m	FUERZA AULAS 14,15, BAÑOS 3, DIRECCIÓN 2	6	127	100	0,7	420,0	3,3	4,1	1P - 20	
ST6	TW 2x10 AWG 20 m	FUERZA BAR	4	127	900	0,7	2520,0	19,8	24,8	1P - 50	
ST7	TW 2x10 AWG 35 m	FUERZA CENTRO DE COMPUTO, COMEDOR, AULA 3	47	208	100	0,7	3290,0	9,1	11,4	7P - 20	
		SUB TOTAL						11302,2			
		RESERVA 25%						2825,6			
		TOTAL						14127,8			