



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS
PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA
ELECTROMECAÁNICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CUMPLIENDO LAS NORMATIVAS REGIONALES VIGENTES”**

INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

Autores:

Chávez Pichucho Mercy Lorena.

Jaigua Saquina Diego Paúl.

Tutor:

Ing. Msc. Luigi Freire

Latacunga – Ecuador

Noviembre 2017

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS.; por cuanto, los postulantes Chávez Pichucho Mercy Lorena y Jaigua Saquina Diego Paul, con el título de Proyecto de investigación: “**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CUMPLIENDO LAS NORMATIVAS REGIONALES VIGENTES**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, noviembre 2017

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
Ing. Msc Edwin Moreano
CC: 050260780-0



Lector 2
Ing. Msc Segundo Cevallos
CC:050178243-7



Lector 3
Ing. Msc Luis Cruz
CC:050259517-6



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CUMPLIENDO LAS NORMATIVAS REGIONALES VIGENTES”, de Chávez Pichucho Mercy Lorena y Jaigua Saquina Diego Paul, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto de investigación que el Consejo Directivo de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, noviembre 2017


Ing. Msc Luigi Orlando Freire Martínez

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Mercy Lorena Chávez Pichucho y Diego Paul Jaigua Saquina declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CUMPLIENDO LAS NORMATIVAS REGIONALES VIGENTES”** siendo el Ing. Msc. Luigi Freire tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Mercy Lorena Chávez Pichucho

C.I: 050263756-4

Diego Paul Jaigua Saquina

C.I: 180429241-3



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Noviembre del 2017

Yo Ing. MBA Raúl Reinoso en el cumplimiento de mis funciones como director de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en conjunto con el Ing. Luis Eduardo Hinojosa como Laboratorista de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas **CERTIFICAMOS** que los señores **Chávez Pichucho Mercy Lorena y Jaigua Saquina Diego**. Han desarrollado su tesis de forma práctica implementando las instalaciones eléctricas trifásicas en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica con el título: **"REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CUMPLIENDO LAS NORMATIVAS REGIONALES VIGENTES"**

Ing. Raúl Reinoso MBA.

Ing. Msc. Luigi Freire

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en cada paso que he dado durante mi vida.

A mi padre por ser el pilar fundamental de apoyo incondicional, gracias por confiar en mí y estar a mi lado en los momentos más difíciles.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y docentes quienes impartieron sus conocimientos y mostraron valores para que hoy pueda defenderme como una profesional a todos ellos especial gratitud y sobre todo un profundo respeto.

Y a toda mi familia que de una u otra forma me apoyaron para poder culminar este proyecto

Mercy

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida a mis padres por el ejemplo que me han sabido inculcar día a día, a mis hermanos por su apoyo incondicional a los docentes que han sabido impartir sus conocimientos a mi compañera de tesis, por ser la persona con quien hemos estado en la lucha y así terminar nuestra formación profesional a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirnos las puertas para formarnos profesionalmente.

Diego

DEDICATORIA

A mis padres Williams Chávez y Gladys Pichucho por creer en mí y brindarme todo su apoyo, sé que desde el cielo mi madre estará orgullosa, por cumplir esta meta.

A mis hermosas hijas Samantha y Valentina quienes son mi motivación para seguir luchando en esta vida.

A mi esposo por su confianza y su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento en los momentos difíciles.

A toda mi familia gracias a sus palabras de aliento para que no desistiera en la realización de este proyecto.

Mercy

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicar a mis padres Rosalino Jaigua y María Saquina por encaminarme para formarme profesionalmente y su apoyo incondicional a mis hermanos por estar siempre pendiente de mi dando el mejor de su apoyo a mi hija Sofía por ser el motor de inspiración para seguir en adelante y culminar mi formación profesional a mis abuelitos que ya no están conmigo por su ejemplo de honradez y sé que desde donde están se sentirán orgullosos.

Diego

ÍNDICE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	4
6. OBJETIVOS:.....	4
Objetivo General.....	4
Específicos	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	5
Conceptos básicos de electricidad para instalaciones eléctricas	5
Riesgos eléctricos	6
Descarga eléctrica	6
Factores Influyentes	7
Características operativas de una instalación eléctrica.....	8
Estado de operación normal.....	8
Estado de operación anormal	8
Circuitos de fuerza.....	9
Tomacorrientes.	9
Circuitos de Tomacorrientes	9
Normas para los circuitos de fuerza.....	10
Sistemas de protección	10
Características que deben cumplir los sistemas de protección eléctrica.....	11
Tipos de protecciones eléctricas en bajo voltaje.....	12

Protección contra cortocircuitos.	12
Conductores eléctricos.....	20
Reglamentación	20
Cables de baja tensión.....	21
Cables de potencia.	22
Selección del Calibre de Conductor para Instalaciones Eléctricas de bajo voltaje.....	22
Clases de potencias	22
Potencia activa	22
Potencia reactiva	23
Potencia aparente	24
Desfase o $\cos \emptyset$	25
Cálculo de la corriente admisible del conductor	25
Cálculo de los conductores por caída de Voltaje.....	26
Cálculo de la caída de voltaje en Sistemas Trifásicos a tres hilos:.....	27
Canalizaciones y Cajas de paso.	28
Tuberías.	28
Código de práctica ecuatoriana CPE INEN 19:2001“Código Eléctrico Nacional”	31
9. HIPÓTESIS:	34
Operacionalización de las variables.....	34
Variable Independiente. - Rediseño e implementación de las redes trifásicas.....	34
Variable Dependiente. – Utilización de nuevos puntos de alimentación	35
10.- METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	35
Método analítico	35
Investigación de campo	36
Investigación bibliográfica:	36
Cálculo de caída de tensión del sub tablero de distribución	37
Cálculo de caída de tensión del tablero principal de distribución	38

11.- DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	39
Cálculo de caída de tensión del sub tablero de distribución	40
Cálculo de caída de tensión del tablero principal de distribución	42
12.- IMPACTOS.....	47
13.-PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:	47
14.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
15. BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Partes de un magnetotérmico.....	16
Ilustración 2. Curva de disparo.....	17
Ilustración 3: Tamaños d algunos conductores.....	22
Ilustración 4: Triángulo de Potencias.....	26
Ilustración 5. Sistema Trifásico a tres hilos.....	26
Ilustración 6: Tubería Conduit.....	30
Ilustración 7:.Cople Conduit pared delgada 2” argos.....	30
Ilustración 8: Cople Conduit pared delgada 1” argos.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de tareas en relacion a los objetivos planteados	5
Tabla 2. Porcentaje de seccion transversal de conductos y tuberias para conductores	29
Tabla 3.Codigo Electrico Ecuatoriano.....	32
Tabla 4. Operacionalizacion variable independiente.....	34
Tabla 5. Operacionalizacion variable dependiente.....	35
Tabla 6. Conductores de cables aislados.	38
Tabla 7. Limites de caidas de tension reglamentarias	40
Tabla 8. Conductividad	41
Tabla 9. Cálculos por derivación individual de TDS2.....	44
Tabla 10. Cálculos por derivación individual de TDS3.....	45
Tabla 11. Cálculos por derivación individual del tablero de distribución principal... ..	46
Tabla 12. Presupuesto.....	48

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Título: “REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CUMPLIENDO LAS NORMATIVAS REGIONALES VIGENTES”.

Autores:

Chávez Pichucho Mercy Lorena

Jaigua Saquina Diego Paúl

RESUMEN

El presente trabajo investigativo describe la realización del rediseño de las instalaciones eléctricas trifásicas de los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, en la Universidad Técnica de Cotopaxi cumpliendo las normativas regionales vigentes.

Este proyecto se realizó con el fin de tener puntos de alimentación trifásicos los mismos que permitan el uso de los módulos didácticos que posee el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

Para poder ejecutar el rediseño se realizó una valoración de las instalaciones existentes, para poder plasmar el levantamiento del diagrama unifilar, posteriormente se procedió con el análisis de cargas para el dimensionamiento de los nuevos centros de carga, una vez que se han determinado los cálculos respectivos, y conociendo las características técnicas de los materiales se procede a la selección de los elementos que cumplen con las normas vigentes, se elige el tipo de conductor, protecciones y demás accesorios a ser utilizados.

Se realiza una valoración económica de la inversión requerida y se procede a realizar la implementación de cada una de las áreas cumpliendo con las normativas vigentes.

Palabras clave: Electricidad, protecciones eléctricas, Instalaciones.

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

THEME: "REDESIGN AND IMPLENENTATION OF THE ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR THE LABORATORIES OF THE ELECTROMECHANICAL ENGINIERING CAREER AT UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI FULFILLING THE REGIONAL REGULATIONS"

Authors:

Chávez Pichucho Mercy Lorena

Jaigua Saquina Diego Paúl

ABSTRACT

The present investigative work describes the realization of the redesign of the three-phase electrical installations of the laboratories of the Electromechanical Engineering Career, in the Technical University of Cotopaxi, fulfilling current regulations.

This project was carried out in order to have three-phase power points that allow the use of the didactic modules that the Electromechanical Engineering Career Laboratory has.

In order to execute the redesign, an assessment of the existing facilities was carried out, in order to capture the survey of the single-line diagram, then the load analysis was carried out for the new load centers, once the respective calculations have been determined, and knowing the technical characteristics of the materials is the selection of the elements that comply with current standards, the type of driver, protections and other accessories to be used is chosen.

An economic valuation of the required investment is made and the implementation of each of the areas is carried out in compliance with the current regulations.

Keywords: Electricity, electrical protections, installations



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señores Egresados de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **Chávez Pichucho Mercy Lorena ; Jaigua Saquina Diego Paul**, cuyo título versa **“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECÁNICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CUMPLIENDO LAS NORMATIVAS REGIONALES VIGENTES”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 13 de noviembre del 2017

Atentamente,

Lic. Nelson W. Guagchinga Ch.

DOCENTE C.I.

C.C. 050324641-5



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CUMPLIENDO LAS NORMATIVAS REGIONALES VIGENTES”

Fecha de inicio:

02 de Julio del 2017

Fecha de finalización:

20 de noviembre de 2017

Lugar de ejecución:

Dirección:

Avenida Simón Rodríguez - Barrio El ejido – San Felipe

Ciudad:

Latacunga

Facultad que auspicia

Facultad Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Coordinadores del Trabajo:

DATOS PERSONALES

Nombres

Mercy Lorena

Apellidos:

Chávez Pichucho

Cédula de identidad

050263756-4

E-mail

coneja.19@hotmail.com

DATOS PERSONALES

Nombres	Diego Paúl
Apellidos:	Jaigua Saquina
Cédula de identidad	180429241-3
E-mail	diegojaigua@gmail.com

Área de Conocimiento:

- Dibujo asistido por computadora.
- Instalaciones eléctricas.
- Equipo y distribución eléctrica.

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub Línea de investigación de la Carrera:

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto de investigación tuvo la finalidad de realizar el rediseño de las instalaciones eléctricas además del análisis económico del mismo en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se determinó la necesidad de poner en funcionamiento los equipos que se encuentran en el laboratorio de la Carrera de Electromecánica ya que están en desuso por falta de instalaciones eléctricas trifásicas.

El proyecto consistió en realizar un análisis organizado de toda la información necesaria y concerniente al sistema eléctrico, a través de diagramas unifilares eléctricos y de esta manera identificar las características físicas del sistema, el estado de las protecciones y las

seguridades existentes; permitiendo analizar las conexiones, el cableado y los requerimientos técnicos para que las instalaciones que se van a realizar sean de manera eficiente y segura

La investigación realizada en los laboratorios de la Carrera de Electromecánica utilizó como herramienta el Código Eléctrico Ecuatoriano CPE (Código de práctica ecuatoriana) INEN 019 el mismo que ayuda al cálculo de parámetros eléctricos necesarios para la realización de las instalaciones eléctricas tales como la selección de conductores por capacidad térmica y caída de voltaje, la selección de sistemas de canalización, tuberías y cableado de circuitos de tomacorrientes.

Conscientes de la problemática que enfrenta la Universidad al contar con laboratorios que no estén en óptimo funcionamiento, se plantea un estudio general de todos los parámetros eléctricos de los laboratorios y así poder determinar las capacidades y características de las cargas existentes y poder así proyectar para cargas futuras, además que una adecuada instalación eléctrica tiene como beneficios un menor consumo de energía y mejor funcionamiento de aparatos eléctricos.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Debido a que los equipos que se encuentran en el área de electromecánica no se encuentran energizados por falta de instalaciones eléctricas, se consideró realizar un rediseño total del sistema eléctrico y de esta manera proveer los requerimientos técnicos necesarios para que las cargas que se encuentren en el laboratorio funcionen de manera óptima y segura.

Este rediseño eléctrico se desarrolló cumpliendo la normativa eléctrica nacional vigente, para el desarrollo de este proyecto se tomó en consideración el Código Eléctrico Ecuatoriano CPE (Código de práctica ecuatoriana) INEN 019 el mismo que sirvió como guía para realizar las instalaciones correspondientes.

Por lo expuesto anteriormente se realizó un estudio técnico de las instalaciones actuales del laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica que permita plantear de una manera adecuada la realización de las instalaciones trifásicas que brinde seguridad, confiabilidad, flexibilidad y enmarcado los requerimientos técnicos planteado por la norma obteniendo beneficios académicos

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios directos serán los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica a partir del periodo académico octubre 2017 a marzo 2018 ya que al contar con nuevos puntos de alimentación eléctrica podrán realizar las prácticas necesarias para fortalecer los conocimientos adquiridos en clases, cumpliendo con los requerimientos para suplir las necesidades del alumnado y del personal institucional.

El proyecto planteado en la Universidad cuenta con planos eléctricos unifilares de los laboratorios de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Electromecánica e Industrial lo que permitirá realizar instalaciones de cargas futuras en los laboratorios antes mencionados.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

Los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi no contaban con planos eléctricos unifilares, así como de instalaciones eléctricas trifásicas impidiendo el uso de las máquinas y módulos didácticos para las prácticas de los estudiantes, así como dificulta una proyección futura de redes debido al desconocimiento de la estructura de los sistemas eléctricos.

6. OBJETIVOS:

Objetivo General

Conocer el estado de las instalaciones eléctricas de los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, mediante la realización del respectivo diagrama unifilar, para la implementación y rediseño de las instalaciones eléctricas trifásicas de los mismos.

Específicos

- Realizar el estudio de las normativas vigentes las mismas que serán aplicadas para los cálculos y la respectiva implementación.
- Recopilar la información de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Electromecánica para la realización del diagrama unifilar
- Rediseñar la red eléctrica trifásica mediante el cumplimiento de las recomendaciones establecidas en la normativa.
- Implementar el rediseño de las instalaciones eléctricas en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Objetivo 1: Realizar el estudio de las normativas vigentes las mismas que serán aplicadas para los cálculos y la respectiva implementación.	Recopilación de las normas a utilizarse en la realización del proyecto.	Conocimiento adecuado de los requisitos vigentes para el rediseño e implementación de la red eléctrica.	Investigación bibliográfica.
Objetivo 2: Recopilar la información de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Electromecánica para la realización del diagrama unifilar	Levantamiento e identificación de la carga existente en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Electromecánica.	Obtención del diagrama unifilar de los laboratorios.	Investigación de campo y Observación directa. Diseño del diagrama unifilar.
Objetivo 3: Rediseñar la red eléctrica trifásica mediante el cumplimiento de las recomendaciones establecidas en la normativa.	Diseño de instalaciones eléctricas en base a las normas eléctricas vigentes	Obtener los materiales y equipos eléctricos necesarios para habilitar el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica	Aplicación de cálculos técnicos para la elección adecuada de los elementos que forman parte de la instalación eléctrica
Objetivo 3: Implementar el rediseño de las instalaciones eléctricas en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.	Elaboración de un análisis técnico económico en base al diseño eléctrico a instalarse	Obtener una instalación óptima y segura bajo estándares establecidos para garantizar el buen estado de los equipos presentes en el laboratorio.	Montaje de circuitos de fuerza, conductores, canalizaciones, protecciones, etc.

Elaborado por: Los Autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Conceptos básicos de electricidad para instalaciones eléctricas

En el cálculo de las instalaciones eléctricas prácticas ya sean del tipo residencial, industrial o comercial, se requiere del conocimiento básico de algunos conceptos de electricidad que permiten entender mejor los problemas específicos que plantean dichas instalaciones.

La electricidad es un conjunto de fenómenos físicos referentes a los efectos producidos por las cargas eléctricas tanto en reposo como en movimiento.

Voltaje o fuerza electromotriz es la diferencia de la carga eléctrica entre dos puntos de un circuito eléctrico, es decir por una fuerza externa (invisible) para mover la carga de un punto a otro y su medida será el voltio.

Corriente alterna es el flujo continuo y desordenado de electrones de un circuito eléctrico.

La intensidad de corriente se conoce como la variación de carga respecto al tiempo y se mide en Coulombs por segundo y se denomina ampere o amperios.

Corriente directa también conocida como corriente continua siempre fluye en la misma dirección pues la polaridad del voltaje o de la fuente es la misma, uno de los terminales o polos de la batería es siempre positiva y la otra negativa. (LAGUNAS MARQUEZ A., 2001)

Riesgos eléctricos

Descarga eléctrica

Es el fenómeno causado por la diferencia de potencial entre dos puntos, si dicha descarga se produce por el cuerpo de un ser vivo se lo denomina choque eléctrico, este choque genera desde sensación de hormigueo leve, tetanización muscular, paro respiratorio, asfixia, fibrilación ventricular, quemaduras; también puede ocasionar consecuencias físicas secundarias como caídas, golpes, entre otros. A continuación se describe cada uno de los efectos: según (Villarrubia.M., 2000)

➤ **Hormigueo leve**

Este efecto es producido por la circulación de una baja corriente por el cuerpo, no representa peligro alguno, el individuo puede separarse de la fuente eléctrica sin problema.

➤ **Tetanización muscular:**

La tetanización se produce cuando la circulación de corriente es elevada, produce contracciones involuntarias de los músculos, el individuo pierde el control voluntario de los mismos y puede quedar adherido al punto de contacto.

➤ **Asfixia:**

Se produce cuando la corriente circula por el tórax esta circulación impide el normal funcionamiento de los músculos de la caja torácica produciendo un paro respiratorio.

➤ **Fibrilación ventricular:**

Si la corriente en su camino atraviesa el corazón puede causar fibrilación ventricular, la que se produce cuando los latidos del corazón se desestabilizan, pasando a ser movimientos

rápidos del mismo, es como una vibración en la que el corazón no bombea sangre, esto puede causar la muerte del individuo.

Los efectos anteriormente citados, pueden ser reversibles con una rápida intervención de personal calificado, por el contrario las quemaduras pueden ser mortales.

Factores Influyentes

Varios factores influyen para determinar la severidad del accidente, a continuación se detallan los más importantes.

➤ **Condición y respuesta física**

La condición física de cada individuo influye en el flujo de la corriente, una corriente determinada causara menor daño en una persona en buena condición física; además si la victima tiene problemas médicos, esto aumentara significativamente los riesgos, en especial si padece de problemas pulmonares o de corazón, estos órganos son altamente sensibles y con corrientes relativamente bajas pueden presentar fallos de funcionamiento.

➤ **Impedancia del cuerpo**

La corriente eléctrica a su paso por el cuerpo humano, se encuentra con impedancias compuestas por elementos resistivos y capacitivos el valor total de la impedancia del cuerpo es la suma de tres impedancias en serie: impedancia de la piel en la zona de entrada, impedancia interna del cuerpo humano e impedancia de la piel en la zona de salida.

➤ **Recorrido**

Del recorrido de la corriente depende la resistencia del cuerpo, si es mayor el recorrido la resistencia será mayor, y por ende la intensidad de la corriente será menor.

El problema de tener un recorrido mayor, es que la corriente puede atravesar órganos vitales, los recorridos del tórax o la cabeza pueden ocasionar los mayores daños por la cercanía de órganos de vital importancia.

➤ **Duración**

La energía liberada es directamente proporcional al tiempo de contacto, por tanto el grado de trauma depende del tiempo de contacto, la corriente suele seguir el camino del sistema nervioso aumentando aún más los riesgos de sufrir algún tipo de trauma.

Características operativas de una instalación eléctrica

Una instalación eléctrica tiene dos estados de funcionamiento, los mismos que se indican a continuación.

Estado de operación normal

Se denomina estado de operación normal, cuando todos los componentes y parámetros de la instalación eléctrica: voltaje, corriente, aislamiento, temperatura, etc., se encuentran dentro de los límites permisibles.

Estado de operación anormal

Se dice estado de operación anormal cuando: el voltaje, corriente, aislamiento, temperatura, etc., se encuentran sobre o bajo los límites permitidos, dentro de las anomalías se tiene la siguiente clasificación.

➤ **Perturbaciones**

Se denominan perturbaciones a aquellas anomalías que tienen un tiempo de duración bajo; pueden considerarse como una perturbación la caída de voltaje producida por una suelta o el arranque de un motor, también variaciones de frecuencia cualquiera sea su origen; éstas no constituyen un riesgo para la operación de la instalación a la que se hallan ligadas.

➤ **Fallas**

Las fallas presentan un riesgo para el usuario y también para la instalación, por tanto éstas deben ser desenergizadas en el menor tiempo posible, para evitar lesiones al individuo o daños a la instalación.

Las fallas tienen un sin número de causas, las mismas que se indican a continuación:

➤ **Sobrecarga**

Una sobrecarga se produce cuando el consumo de energía de la instalación supera la capacidad de los conductores usados para dicha instalación, esto genera riesgo para la instalación y para las personas

➤ **Cortocircuito**

Es una falla que se produce entre dos fases, dos fases y tierra o fase tierra; estas fallas generan altas corrientes y pueden causar que los conductores se fundan, forman también chispas, lo que puede causar incendios poniendo en peligro el inmueble.

➤ **Fallas de aislamiento**

Una falla de aislamiento no siempre produce un cortocircuito, estas fallas suelen suscitarse en equipos eléctricos y electrónicos, y se producen cuando el aislamiento se pierde por algún motivo (deterioro normal, corte del conductor, uniones mal aisladas,

etc.) y se pone en contacto con la carcasa del aparato en cuestión, por lo que ésta queda energizada pudiendo descargarse al contacto de las personas.

Circuitos de fuerza

Un circuito de fuerza comprende lo referente a tomacorrientes y cargas especiales.

Tomacorrientes.

Son piezas cuya función es establecer una conexión eléctrica segura con cualquier aparato eléctrico. Generalmente se sitúa en la pared, de forma superficial o empotrada en la misma, constan de una base bipolar o tripolar, con orificios que permiten la entrada a presión del enchufe macho.

Para saber cuántos tomacorrientes se requiere instalar en un área se debe considerar los parámetros arquitectónicos y las necesidades del servicio al realizar el estudio específico de cada una de las reas. Se los ubica a 40 cm por encima del nivel del piso y siempre se debe colocar uno cerca de la puerta

Circuitos de Tomacorrientes

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 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 circuito (Alverca & Pareja, 2013, págs. 25-38)

Normas para los circuitos de fuerza

Los circuitos de fuerza se los conoce también como circuito de tomacorrientes ya que es su principal elemento. Por ello debe cumplir con algunas normas para su correcta instalación y funcionamiento eficiente.

1. El calibre de los conductores para este circuito no podrá ser menor a un # 12AWG por ningún motivo.
2. Los tomacorrientes instalados, tendrán una capacidad no menor a 10 amperios para 120 voltios y 5 amperios para 250 voltios.
3. Las tapas deben ser metálicas y de un espesor no menor a 0.8 mm
4. Las tapas no metálicas deben ser de un material no combustible y de un espesor no menor de 2.5 mm, por resistencia mecánica.
5. Los tomacorrientes que se ubiquen en el piso deben estar dentro de cajas de piso metálicas y con tapas de espesor no menor a 2 mm, por resistencia mecánica. (NEC_10 parte 9-1)

Sistemas de protección

En cualquier instalación eléctrica deben existir dispositivos de protección que garanticen que el paso de corriente por los conductores de un circuito no se exceda al establecido para cada uno de ellos.

Los dispositivos de protección son necesarios para preservar la vida útil de los equipos e instalaciones eléctricas ante fallas que puedan ocurrir en el sistema, es por esto que hacer una correcta selección de éstos proporcionará un buen servicio y seguridad en el mantenimiento

de los equipos. Está compuesto por un bimetálico calibrado por el que circula la corriente que alimenta la carga. Cuando ésta es superior a la intensidad para la que está construido el aparato, se calienta, se va dilatando y provoca que el bimetálico se arquee, con lo que se consigue que el interruptor se abra automáticamente. Detecta las fallas por sobrecarga.

Las protecciones a utilizar son interruptores automáticos, están diseñados para operar el circuito en circunstancias anormales de corriente, el disparo se produce para un cierto valor de corriente. Existen dos tipos de estos interruptores, electromagnéticos en aire y termomagnéticos en caja moldeada

Los interruptores electromagnéticos son utilizados en subestaciones y tableros; y los termomagnéticos son instalados a nivel residencial, comercial, industrial, etc. Los termomagnéticos son diseñados para un tiempo fijo de disparo.

Características que deben cumplir los sistemas de protección eléctrica.

Los sistemas de protección tienen algunas características que nos ayudan a que sean más eficientes y eficaces.

1. Sensibilidad

La protección debe operar holgadamente para cualquier tipo de falla que se produzca dentro de su zona de protección, esto es muy importante porque de esta manera estamos dando confianza al usuario.

2. Velocidad

Es la capacidad de respuesta con el mínimo tiempo. Es una característica muy necesaria ya que una respuesta rápida nos ayuda a que los daños que se puedan producir por una falla sean mínimos y las perturbaciones duren menos tiempo.

3. Economía

En cuanto al aspecto económico sabemos que es muy importante al momento de tomar una decisión, pero no se debe basar sólo en lo económico también hay que tomar en cuenta el aspecto técnico, no por economizar se va a poner un dispositivo de mala calidad, ni tampoco se va a sub dimensionar estos dispositivos.

4. Simplicidad

Se refiere a que no se debe colocar protecciones donde no sean necesarias, mientras el sistema de protección sea eficaz y eficiente la simplicidad debe predominar.

5. Confiabilidad

Ser refiere a que las protecciones deben actuar únicamente cuando el sistema así lo requiera, no dar falsas alarmas.

Tipos de protecciones eléctricas en bajo voltaje.

Protección contra cortocircuitos.

Se conoce como cortocircuito a la unión de dos conductores o partes de un circuito eléctrico, como una diferencia de potencial o tensión entre sí, sin ninguna impedancia eléctrica entre ellos.

Este efecto, según la Ley de Ohm, al ser la impedancia cero, hace que la intensidad tienda a infinito, con lo cual pelagra la integridad de conductores y maquinas debido al calor generado por dicha intensidad, debido al efecto Joule.

En la práctica, la intensidad producida por un cortocircuito, siempre queda amortiguada por la resistencia de los propios conductores que, aunque muy pequeña, nunca es cero.

Según los reglamentos de la NEC dice: “En el origen de todo circuito deberá colocarse un dispositivo de protección, de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en la instalación”.

No obstante se admite una protección general contra cortocircuitos para varios circuitos derivados.

Los dispositivos más empleados para la protección contra cortocircuitos son:

Fusibles calibrados (también llamados cortacircuitos), o

Interruptores automáticos magnetotérmicos.

Fusibles o cortacircuitos.

Según (Vasquez Ramiro, Yopez Marco, 2014) Los fusibles o cortacircuitos, son 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.

El fusible es un fino hilo de cobre o aleación de plata, o bien una lámina del mismo metal para fusibles de gran intensidad, colocados dentro de unos cartuchos cerámicos llenos de arena de

cuarzo, con lo cual se evita la dispersión del material fundido; por tal motivo también se denomina cartuchos fusibles. Los cartuchos fusibles son protecciones desechables, cuando uno se funde se sustituye por otro en buen estado.

Este tipo de dispositivo se lo puede clasificar de acuerdo al tipo de uso y por su tipo de actuación:

Según su tipo de uso.

Los fusibles vienen designados mediante dos letras, la primera nos indica la función que va a desempeñar, la segunda el objeto a proteger.

➤ Primera Letra.

“**g**”, actúa tanto en presencia de corrientes de cortocircuito como en sobrecarga.

“**a**”, actúa solamente en presencia de corrientes de cortocircuito. No actúa en situaciones de sobrecarga.

➤ Segunda letra.

G protección de líneas de uso **General**.

M protección de circuitos de **Motores**.

R protección de semiconductores, ultra-**Rápidos**.

L protección de **Líneas**.

Tr protección de **Transformadores**.

Según su tipo de actuación.

Un aspecto importante a considerar en el momento de seleccionar un fusible, es el tiempo que tarda en desconectar el circuito ante una falla.

De acuerdo a la aplicación que se esté implementando su tipo de acción puede ser rápido o retardado.

➤ **Tipo.**

F para acción rápida.

T para acción retardada.

Características de los fusibles.

Los fusibles son unos de los dispositivos de protección eléctrica más apropiados para solucionar los problemas de sobrecorrientes, porque cumplen con los parámetros exigidos por el NEC (Art. 240).

Para una correcta selección del tipo de fusible se debe de seguir los siguientes parámetros:

➤ **Capacidad de interrupción.**

Es la intensidad de corriente máxima que puede soportar adecuadamente el fusible para proteger en forma segura los componentes del sistema eléctrico.

➤ **Característica corriente/tiempo.**

Determinan con qué rapidez responde un fusible frente a sobrecorrientes. Todos los fusibles tienen una característica inversa de tiempo, que es el tiempo requerido para abrir el fusible a un valor de sobrecorrientes.

➤ **Limitación de corriente.**

Se asocia con corrientes de cortocircuito, para que el fusible sea limitador de corriente debe cumplir con lo establecido en el NEC (Art. 240.11), el cual manifiesta que este tipo de dispositivo puede reducir la corriente eléctrica que pasa por el circuito en falla hasta una cantidad sustancialmente inferior a la que se conseguiría en el mismo circuito si el limitador fuese sustituido por un conductor macizo de impedancia comparable.

➤ **Coordinación selectiva.**

La selectividad entre dos fusibles se determina gráficamente mediante la comparación de ambas características de disparo; para ello, las curvas, a la misma escala, no deben cortarse ni ser tangentes. Esto es cierto en el caso de sobrecargas y pequeñas intensidades de cortocircuito, pero no lo es en el caso de intensidades muy grandes de cortocircuito, ya que aquí los tiempos de fusión son extremadamente corto y solamente es posible la selectividad en fusibles con una notable diferencia de valor nominal de la intensidad.

➤ **Amperaje.**

Corresponde al valor de operación normal dentro del sistema eléctrico. Su valor no debe exceder la capacidad de corriente manejada por el circuito.

➤ **Voltaje.**

El valor de voltaje en los fusibles debe ser igual o no exceder el voltaje de operación del circuito, si no tomamos en cuenta este valor se produciría la destrucción violenta del fusible.

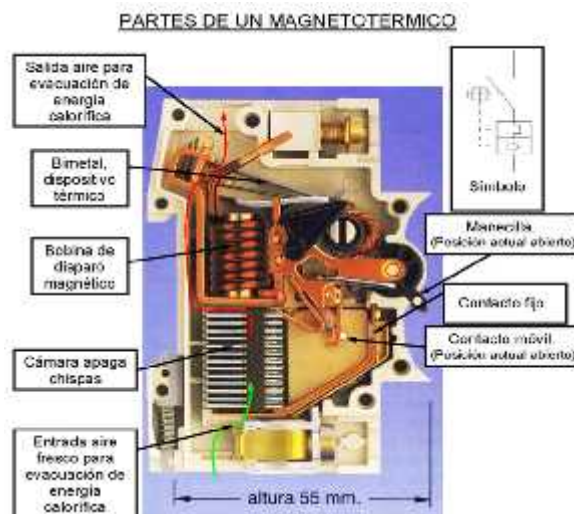
Interruptores automáticos o magnetotérmicos.

Se emplean para la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas, en sustitución de los fusibles, ya que tienen la ventaja de que no hay que reponerlos; cuando se desconectan debido a una sobrecarga o un cortocircuito.

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

Se los conoce también como breakers o disyuntores, es un aparato que interrumpe el paso de la corriente cuando esta excede un valor determinado o en el que se ha producido un cortocircuito, con el fin de no causar daño a los equipos eléctricos; su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito, el magnético y el térmico, consta de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia a carga.

Ilustración 1: Partes de un magnetotérmico.



Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SeccionMagnetotermico.png>

Las instalaciones de fuerza, circuitos auxiliares, etc. De bajo voltaje deben contar siempre con los siguientes tipos de protección.

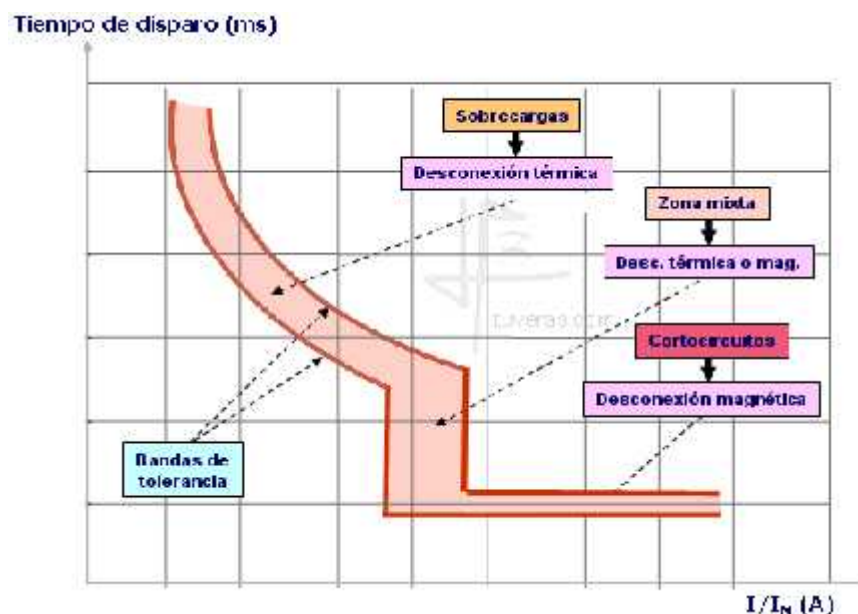
Curva Característica del Breaker.

Los cables y los aparatos de protección están dimensionados para soportar una carga superior a la nominal durante un tiempo sin que se ponga en riesgo sus características de aislamiento.

Si la sobrecarga es de incremento lento, el disparo dependerá del tiempo y la curva mostrará que a mayor incremento de la corriente es menor el tiempo en el que actúa el disparo. El encargado de esto último es el bimetetal, que tiene que adquirir suficiente temperatura para encurvase y disparar.

En el caso de sobrecarga violenta, lo que implica una circulación de alta corriente que puede desencadenar en un corto circuito, la bobina de disparo magnético es la encargada de abrir el interruptor con el fin de proteger la instalación.

Ilustración 2: Curva de disparo



Fuente: <http://roble.pntic.mec.es/adog0009/index.html#Indice>

Interruptor diferencial.

Un interruptor diferencial mide la corriente que circula entre fase y neutro, que en condiciones normales debiese ser igual. Si ocurre una falla de aislación en algún artefacto eléctrico, es decir, el conductor de fase queda en contacto con alguna parte metálica (conductora), y se origina una descarga a tierra, entonces la corriente que circulará por el neutro será menor a la que circula por la fase. Ante este desequilibrio el interruptor diferencial opera, desconectando el circuito.

Estas protecciones se caracterizan por su sensibilidad (corriente de operación), es decir el nivel de corriente de fuga a partir del cual comienzan a operar, normalmente a 30 mA., pero existen también los de menor sensibilidad a 300 mA. Aun así no se elimina el hecho de que una persona pueda recibir una descarga eléctrica. Por eso es muy importante recalcar que estas protecciones deben ser complementadas con un buen sistema de puesta a tierra.

En una instalación con la puesta a tierra adecuada, el diferencial se disparará en cuanto se produzca el defecto, no siendo necesario que la persona llegue a tocar y sufra la descarga. El sistema de puesta a tierra deberá tener una resistencia lo suficientemente baja que permita el paso de la corriente de defecto (I_d).

A parte de la sensibilidad el interruptor diferencial se caracteriza por la corriente nominal (I_n) que es el valor de corriente que circulará como máximo por sus contactos y que el interruptor será capaz de interrumpir.

Por la importante función de protección que realizan los interruptores diferenciales, es importante comprobar periódicamente el correcto funcionamiento de los mismos. Este control se realiza mediante una sencilla operación: basta con presionar el PULSADOR DE TEST (botón marcado con una T), que simula un defecto en la instalación. Tras ello, el diferencial

debe actuar desconectando la instalación (saltará la pestaña y se interrumpirá la corriente en los circuitos protegidos por el diferencial).

Para finalizar con el proceso de comprobación, una vez verificado el funcionamiento del interruptor diferencial debemos proceder a levantar la pestaña del interruptor para restablecer la corriente en la zona afectada.

Relé térmico.

Es uno de los equipos más utilizados en la protección de motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos materiales (bimetales) que lo constituyen bajo el efecto del calor.

Los relés térmicos tripolares poseen tres biláminas compuestas cada una por dos metales de coeficientes de dilatación muy diferentes unidos mediante laminación y rodeadas de un bobinado de calentamiento.

Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor. La corriente absorbida por el motor calienta los bobinados, haciendo que las bilaminas se deformen en mayor o menor grado según la intensidad de dicha corriente. La deformación de las bilaminas provoca a su vez el movimiento giratorio de una leva unido al dispositivo de disparo.

Cuando no circula corriente por el dispositivo, las bilaminas se encuentran deformadas debido a la temperatura ambiente, por este motivo muchos dispositivos como estos presentan una bilamina de compensación de tal forma que la temperatura del medio no llegue a disparar el dispositivo. Esta compensación llega a estar en el rango de -40 a $+60$ °C.

En caso de ausencia de corriente en una fase, el relé térmico también procede a su disparo.

Curva de disparo.

Durante la etapa de arranque se debe permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente y activarse únicamente si ésta resulta excesivamente larga.

La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación; puede ser tan solo unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada) o de varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque.

- **Relés de clase 10:** Validos para todas las aplicaciones comunes con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
- **Relés de clase 20:** Admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- **Relés de clase 30:** Para arranque con un máximo de 30 segundos de duración.

Todos los relés térmicos son ajustables. El ajuste debe realizarlo a través de la perilla externa al valor de la corriente nominal del motor. Si un relé correctamente ajustado, desconecta con mucha frecuencia el motor, será necesario disminuir la carga del motor o cambiar el relé térmico por uno de mayor de rango.

Una vez que el relé térmico se haya disparado, se podrá reactivar de las siguientes maneras:

- **Rearme manual:** Con el objeto de evitar una nueva conexión en forma automática, al bajar la temperatura del bimetálico.
- **Rearme automático:** La reconexión del contactor podrá producirse después del enfriamiento del bimetálico. (Hernández, 2009)

Tableros de distribución

Los tableros son equipos eléctricos de una instalación, que tienen dentro dispositivos de protección y de maniobra o comando, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella.

La cantidad de tableros de una instalación se determinará dependiendo la distribución final de la instalación. Los tableros deben ser ubicados en lugares de fácil acceso y seguros, se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones:

Los tableros de locales de reunión de personas se ubicaran en ambientes solo accesibles al personal de operación y administración.

En caso de ser necesaria la instalación de tableros en ambientes peligrosos, estos deben ser construidos utilizando equipos y métodos acorde a las normas.

Todos los tableros deben ser fabricados por una empresa calificada, y deben llevar en forma visible, legible e indeleble la marca de fabricación, el voltaje de servicio, la corriente nominal y el número de fases.

El responsable de la instalación deberá agregar su nombre o marca registrada y en el interior deberá ubicarse el diagrama unifilar correspondiente.

Los cargadores de baterías no deben instalarse en los tableros principales.

(NEC_10 parte 9-1)

Conductores eléctricos.

Reglamentación

Según los reglamentos de la NEC los cables y alambres que se utilicen en las instalaciones de alumbrado, tomacorrientes y acometidas, deberán ser de cobre rojo electrolítico 99% de pureza, temple suave y aislamiento termoplástico para 600V. Tipo THW/THHN 75/90 grados C. los conductores hasta el N°. 10 serán de un solo hilo, del N° 8 AWG serán 7 hilos.

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

Para la identificación de los diferentes circuitos instalados dentro de un mismo tubo o conectadas al mismo sistema, se recomienda el uso de conductores de los siguientes colores.

Neutro: Debe ser en toda su extensión blanco.

Tierra: Desnuda o vede para red regulada.

Fases e interrumpidos: Amarillo, azul y rojo para fases; negro para los interrumpidos (devueltos) cumpliendo el código de colores. Conductores de neutro o tierra superiores al N° 8AWG deberán quedar claramente marcados en sus extremos y en todas las cajas de paso

intermedias. El mínimo calibre que se utilizara en las instalaciones de alumbrado será el N° 12AWG.

En la instalación interna, el conductor neutro y el conductor de puesta a tierra deben ir aislados entre sí, y solo debe unirse con un puesto equipotencial en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte, dicho puente equipotencial principal debe ubicarse lo más cerca posible de la acometida.

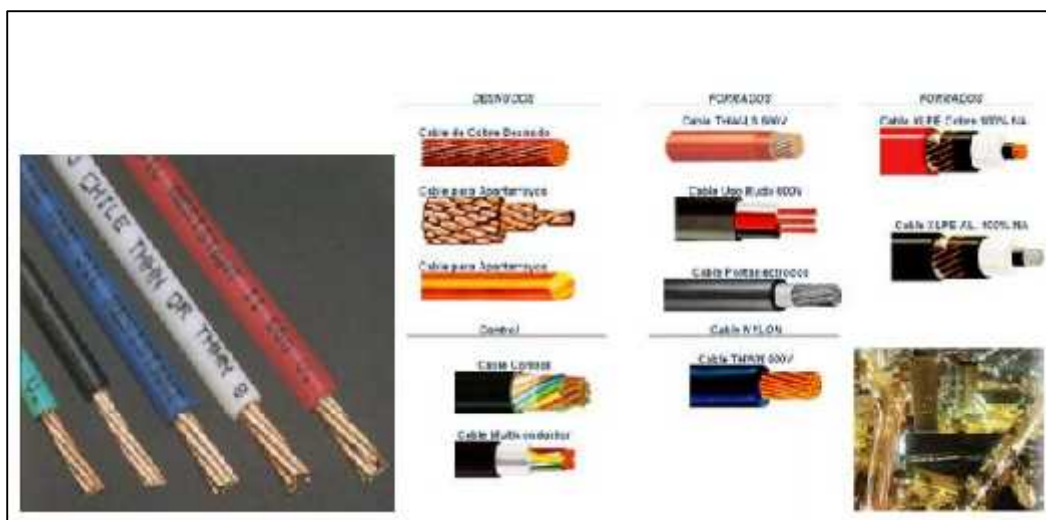
Durante el proceso de colocación de los conductores en la tubería no se permitirá la utilización de aceite o grasa mineral como lubricante. Para la instalación de conductores dentro de la tubería se debe revisar y secar si es el caso de las tuberías donde hubieran podido entrar agua

Cables de baja tensión.

Para cables de baja tensión, aquellos cuyo voltaje de operación es como máximo de 1000V entre fases, normalmente en esta familia se encuentran principalmente cables para 600V.

De forma básica un Cable de Baja Tensión está compuesto por uno o varios conductores de cobre y materiales que componen el aislamiento o la chaqueta, que generalmente son plásticos. Opcionalmente se construyen con pantalla electrostática y en algunas aplicaciones específicas con armaduras para protección mecánica.

Ilustración 3: Tamaño de algunos Conductores



Fuente: Electricidad Residencial: Diseño, Instalaciones y Mantenimiento (Horna, 2012, pág. 67)

Los materiales de aislamiento más usados son el PVC, el Polietileno Termoplástico (PE) y el Polietileno Reticulado (XLPE). Dentro de estos tipos, se encuentran compuestos con características especiales como retardancia a la llama, compuestos no halogenados, baja emisión de humos, resistencia a los rayos solares, entre otros. La chaqueta proporciona resistencia mecánica a la abrasión y a los posibles daños ocasionados durante la instalación y/o manipulación en operación.

Cables de potencia.

Los cables de potencia son de uso general en instalaciones industriales, distribución interior de energía en baja tensión. Sitios secos o húmedos, cárcamos, canalizaciones o enterrado directo. La construcción de estos cables de potencia multiconductores reúne las excelentes características eléctricas del PE, y eléctricas y mecánicas del XLPE como materiales de aislamiento, y las propiedades mecánicas y de retardancia a la llama del PVC como chaqueta exterior.

Selección del Calibre de Conductor para Instalaciones Eléctricas de bajo voltaje.

La selección adecuada en un conductor que lleve corriente a un dispositivo específico se hace tomando en consideración dos factores:

- La capacidad de conducción de corriente (ampacidad)
- La caída de voltaje.

Estos dos factores se consideran por separado para un análisis y simultáneamente en la selección de un conductor. Como es posible que los resultados en la selección de un conductor difieran considerando estos factores, entonces, se debe tomar como bueno el que resulte de mayor sección ya que de esta manera el conductor se comportará satisfactoriamente desde el punto de vista de caída de voltaje y cumplirá con los requerimientos de capacidad de corriente. (Enríquez H. , 2012, págs. 89-92)

Clases de potencias

Se toma las definiciones básicas de las diferentes potencias existentes con sus respectivas fórmulas para calcular.

Potencia activa

Es la potencia capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente

consumida por los circuitos y, en consecuencia, cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

Se designa con la letra P y se mide en vatios /watt (W) o kilovatios /kilowatt (kW).

Se calcula mediante la siguiente expresión:

ecuación 1

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos(\phi)$$

Donde:

P: Potencia activa

U: Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

I: Corriente de la línea

ϕ : Ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente

Potencia reactiva

La potencia que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (como motores, transformadores, reactancias, etc.)

Entonces esta potencia no se convierte en trabajo útil, pero es muy necesaria para la creación de los campos magnéticos internos de los motores y transformadores, además aumenta la potencia total a transportar por las empresas eléctricas distribuidoras, así como también las pérdidas en los conductores, caídas de voltaje de los mismos y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores. Se mide en kVAr y se calcula mediante la siguiente ecuación.

ecuación 2

$$Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \sin \phi$$

Donde:

Q: Potencia reactiva

U: Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

I: Corriente de la línea

ϕ : Ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente

Potencia aparente

Es el valor real demandado a la red y que es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Es importante destacar que es la energía real generada y transportada por las líneas.

ecuación 3

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

Donde:

P: Potencia activa

Q: Potencia reactiva

S: Potencia aparente

ecuación 4

$$S = U \times I$$

Donde:

U: Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

I: Corriente de la línea

S: Potencia aparente

ecuación 5

$$S = \sqrt{3} \times U \times I$$

Donde:

S: Potencia aparente

U: Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

I: Corriente de la línea

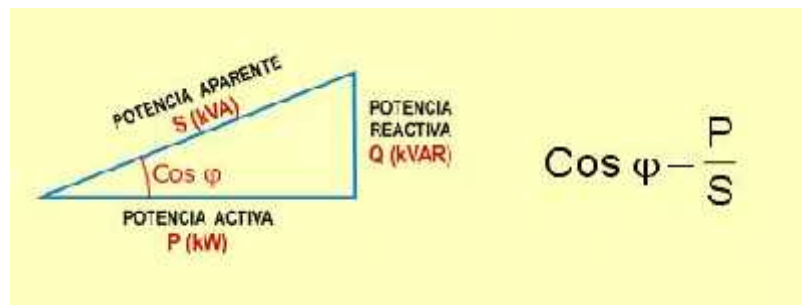
En definitiva, la potencia aparente es el valor real demandado a la red y que es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva.

Desfase o $\cos \phi$

Es la proporción existente entre la potencia y la potencia aparente, o el coseno del ángulo de desfase entre potencia activa y potencia aparente. Según (Sierra, 2009, pág. 27)

En el siguiente grafico se observan los conceptos explicados, así como su forma de cálculo.

Ilustración 4: Triángulo de Potencias

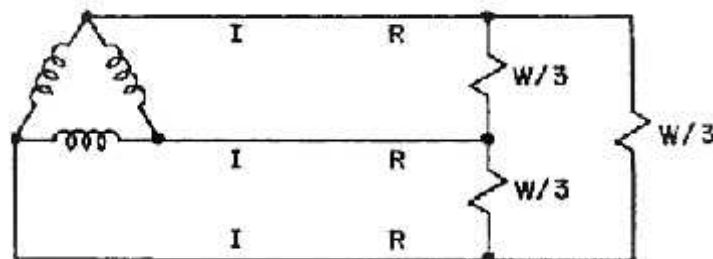


Fuente: Guía Técnica de Eficiencia energética eléctrica (Sierra, 2009, pág. 27)

Cálculo de la corriente admisible del conductor

Los conductores de alimentación de una carga deben ser capaces de soportar, además de la corriente de plena carga en operación continua, cualquier sobrecarga que pueda tener durante su operación y las corrientes de arranque. Por lo tanto, debemos calcular el conductor a un 125% de la corriente consumida a plena carga

Ilustración 5: Sistema Trifásico a tres hilos



Fuente: Manual de Instalaciones eléctricas (Enríquez H. , 2012, pág. 92)

Para poder calcular la corriente se utiliza las siguientes fórmulas:

ecuación 6

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos$$

Donde:

P: Potencia activa

U: Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

I: Corriente de la línea

Ø: Factor de potencia

ecuación 7

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos}$$

Donde:

P: Potencia activa

U: Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

I: Corriente de la línea

cosØ: Factor de potencia

Cálculo de los conductores por caída de Voltaje

El voltaje en los terminales de la carga es por lo general menor que el voltaje de alimentación, la diferencia entre estos dos puntos se conoce como “La caída de voltaje”. En las normas técnicas para instalaciones eléctricas recomiendan que la máxima caída de voltaje (desde la alimentación hasta la carga) no debe exceder el 5%; 3% se permite a los circuitos derivados (del tablero o interruptor a la salida para utilización) y el otro 2% se permite al alimentador (de la alimentación al tablero principal).

Una caída de voltaje excesiva (mayor del 5%) conduce a resultados indeseables debido a que el voltaje en la carga se reduce. No es suficiente calcular los conductores por corriente, es decir seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circula por él.

También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no excedan los valores establecidos por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas (que son 2% caída de voltaje en instalaciones residenciales y un máximo de 5% en instalaciones industriales, desde el punto de alimentación hasta el último punto). (Enríquez H. , 2005, pág. 107)

Cálculo de la caída de voltaje en Sistemas Trifásicos a tres hilos:

La caída de voltaje entre fases es:

ecuación 8

$$U = \sqrt{3} \times R \times I$$

Donde:

R: Resistencia del conductor

U: Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

I: Corriente de la línea

Ø: Factor de potencia

El porcentaje de la caída de voltaje es:

ecuación 9

$$U\% = \frac{\sqrt{3}L}{50sU} \times 100$$

Donde:

L: Longitud del conductor (m)

U: Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

s: Sección del conductor

ecuación 10

$$U\% = \frac{2\sqrt{3} LI}{sU}$$

Donde:

L: Longitud del conductor (m)

U: Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

s: Sección del conductor

Canalizaciones y Cajas de paso.

Las canalizaciones se utilizan en una instalación eléctrica dependiendo del alcance a cubrir, para proteger el conjunto de conductores o alimentadores por razones climáticas, mecánicas o de seguridad. Dichas canalizaciones pueden ser clasificadas de la siguiente forma:

- A la vista.
- Embutidas: Oculta en muros e inaccesible en forma directa.
- Ocultas: No a la vista, pero accesible en toda su extensión.
- Subterráneas: Bajo tierra.

Tuberías

Las tuberías son uno de los elementos más importantes, se encargan de resguardar los conductores desde la fuente de alimentación hasta la carga, esta puede ser de dos tipos: embutidas o a la vista.

Las dimensiones de la tubería dependen directamente del número de conductores que protege, considerando un espacio libre que se habilita con la finalidad de disipar el calor de los alimentadores, por tal razón se diseña una relación entre la sección del tubo y la de los conductores, llamada factor de relleno que viene dado por:

ecuación 11

$$F_R = \frac{A_c}{A}$$

Donde:

F_R= Factor de relleno

A_c= Área total de los conductores

A= Área interior de la tubería

Tabla 2: Porcentaje de la sección transversal de conductos y tuberías para conductores

Nº de conductores	Porcentaje de ocupación
1	53%
2	31%
más de 2	40%

Fuente: Instituto de Normalización Ecuatoriana Inen, 2001

➤ Tubería conduit

Tubería de acero con recubrimiento de zinc interior y exterior aplicado por inmersión en caliente. Acabado liso, sin ampollas, escamas o incrustaciones.

Cada tubo es etiquetado individualmente.

APLICACIONES

Este tipo de tubería se utiliza en:

- Instalaciones eléctricas visibles u ocultas
- Zonas residenciales

CARACTERÍSTICAS

Resistente a la intemperie, luz solar y calor.

Excelente adherencia de zinc, garantizando la protección contra la oxidación. Utilizado para proteger los conductores eléctricos.

Facilita la instalación del tendido de la red eléctrica

Evita incendios en condiciones de corto circuito por arco eléctrico

Ilustración 6. Tubería conduit



Fuente. (<http://www.downlight.cl/producto/tuberia-conduit-metalicai-emt-estandar-34/>, s.f.)

➤ Cople conduit pared delgada 2" argos

Une dos tubos conduit de una manera fácil, sencilla y eficaz por su diseño permite que los tubos se fijen de una manera sólida, ya que los tornillos ubicados en la parte superior

ejercerán la presión necesaria para evitar que puedan soltarse. Está elaborado de metal, siendo este un material muy resistente y duradero, además por ser de pared delgada no se quiebra ni agrieta, solo se dobla en caso de ejercer una gran presión, evitando que el cableado pueda dañarse.

Ilustración 7. Cople conduit pared delgada 2" argos



Fuente.(<http://www.downlight.cl/producto/tuberia-conduit-metalicai-emt-estandar-34/>, s.f.)

➤ **Conector conduit pared delgada 1" argos.**

Asegura una instalación correcta del sistema eléctrico. Es el accesorio ideal para la unión de dos tubos conduit de 1", logrando una excelente fijación y una posible separación o desviación gracias a su rosca. Este conector es fácil de instalar, pues únicamente hay que ingresar y asegurar el tubo por un extremo e interconectar el otro, por medio de la rosca. Es un elemento altamente efectivo, de larga duración y sobre todo de excelente calidad. No cuenta con bordes cortantes que pudiesen poner en riesgo la integridad humana ni la instalación eléctrica. Adquiérela; haz que la funcionalidad y la alta eficiencia, se combinen con la seguridad.

Ilustración 8. Conector conduit pared delgada 1" argos.



Fuente. (<http://www.downlight.cl/producto/tuberia-conduit-metalicai-emt-estandar-34/>, s.f.)

Código de práctica ecuatoriana CPE INEN 19:2001“Código Eléctrico Nacional”

El presente Código Eléctrico Nacional, surge como una necesidad imperiosa para el país, puesto que se constituye en la materialización de los requerimientos nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en construcciones, basados en diferentes parámetros aplicados y válidos internacionalmente, los cuales garantizan al usuario una utilización segura y confiable de las instalaciones eléctricas.

El objetivo fundamental de este código, es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad. Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad. (Zambrano, 2008)

Tabla 3: Código de práctica ecuatoriana CPE INEN 19:2001“Código Eléctrico Nacional”

ÍTEMS	PARÁMETRO	REFERENCIA
1	Aprobación	Los conductores y equipos exigidos o permitidos por este Reglamento, serán aceptados únicamente cuando estén debidamente aprobados
2	Examen, identificación, instalación y uso de los equipos	<p>a) Examen. - Al evaluar un equipo, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Si es adecuado para su instalación y uso según lo establecido en este código. ➤ Resistencia mecánica y durabilidad, incluyendo, en el caso de partes diseñadas para encerrar y proteger otro equipo, la suficiencia de la protección provista ➤ Doblez o flexión del conductor y espacio para conexiones. ➤ Aislamiento eléctrico ➤ Efectos de arcos ➤ Clasificación por tipo, tamaño, voltaje, capacidad de corriente y uso específico. ➤ Otros factores que contribuyan a la protección de personas que usen o que puedan ponerse en contacto con el equipo. <p>b) Instalación y uso. - Los equipos certificados o rotulados se deben instalar y usar según las instrucciones incluidas en el certificado o en el rótulo.</p>

Continuación **Tabla 3:** Código de práctica ecuatoriana CPE INEN 19:2001“Código Eléctrico Nacional”

3	Conductores	Los conductores normalmente usados para conducir corriente serán de cobre, a no ser que se disponga de otro modo en este Reglamento. Cuando no se especifica el material de los conductores, dicho material y los tamaños que dan en este Reglamento, se aplicarán a conductores de cobre. Cuando se usen otros materiales, el tamaño será cambiado conforme a su equivalencia.
4	Calibres de los conductores	Los calibres de los conductores mencionados en este Reglamento, están expresados en el sistema AWG (American Wire Gauge), MCM o en milímetros.
5	Condiciones de aislamiento	Todo alambrado se instalará de tal manera que, cuando se termine la instalación, el sistema estará libre de cortocircuitos y de tierras que no sean las requeridas o permitidas
6	Capacidad de interrupción nominal	Los equipos destinados para interrumpir las corrientes de falla, deben tener una capacidad de interrupción nominal suficiente para el voltaje nominal del circuito y para la corriente disponible en los terminales de línea del equipo.
7	Impedancia del circuito	Los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, la impedancia total, las capacidades para soportar la componente de cortocircuito y otras características del circuito que ha de protegerse, se seleccionarán y coordinarán de tal modo que le permitan a los dispositivos de protección del circuito, remover y subsanar la falla, sin que ocurran daños extensos a los componentes eléctricos del circuito
8	Ejecución mecánica de los trabajos	Todo equipo eléctrico se instalará en una forma precisa, nítida, con destreza y bien terminado
9	Cajas, cubiertas, gabinetes o encerramientos bajo la superficie	Los conductores estarán debidamente soportados para un acceso fácil y seguro en cubiertas o gabinetes subterráneos y bajo superficie, a los cuales tendrá acceso el personal de instalación y mantenimiento
10	Integridad del equipo eléctrico y conexiones	Las partes internas del equipo eléctrico, incluyendo barras colectoras o de distribución, terminales de alambrado, aisladores y otras superficies, no habrán de dañarse o contaminarse por materiales extraños o ajenos, tales como pintura, enlucido, limpiadores, abrasivos o corrosivos

Continuación **Tabla 3:** Código de práctica ecuatoriana CPE INEN 19:2001 "Código Eléctrico Nacional"

11	Conexiones eléctricas	A causa de las diferentes propiedades del cobre y del aluminio, los dispositivos tales como los terminales de presión o conectores de empalme a presión y terminales para soldar, deberán identificarse a los efectos del material del conductor y deberán instalarse y usarse apropiadamente. Materiales tales como: compuestos para soldar, fundentes, restringentes (o de inhibición) y otros compuestos, cuando se usen, deberán ser adecuados para el uso y al mismo tiempo, de un tipo que no afecte adversamente los conductores, la instalación o el equipo.
12	Terminales	La conexión de los conductores a las partes terminales (que deberá ser una conexión extremadamente buena, que no cause daño a los conductores), se hará por medio de conectores de presión (incluyendo los de tipo de tornillo con rosca), terminales para soldarse o empalmes a líneas o alambres de conexión flexibles
13	Empalmes	Los conductores se empalmarán o unirán con dispositivos de empalme adecuados para dicho uso, o soldados fuertemente con metal o latón de aleación fundible (soldadura fuerte).
14	Límites de temperatura	<p>El margen de temperatura asociado con la ampacidad de un conductor se seleccionará y coordinará de forma tal que no exceda el valor de temperatura más bajo de cualquier dispositivo, conductor o terminación conectada. Los conductores con temperatura nominal superior a la especificada para las terminaciones, se pueden usar mediante ajuste o corrección de su capacidad de corriente, o ambas cosas.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Los requisitos de terminación de equipo para circuitos de 100 A o menos, o marcados para conductores de 2,08 mm² (14 AWG) a 42,2 mm² (1 AWG), deberán usarse solamente para conductores clasificados a 60°C. b) Los requisitos de terminación de equipo para circuitos sobre los 100 A, o marcados para conductores mayores a 42,20 mm² (1 AWG), deberán usarse solamente con conductores clasificados a 75° C nominales. c) Los conectores de presión instalados separadamente, deberán usarse con conductores a las ampacidades que no exceda la ampacidad correspondiente a la clasificación de temperatura (reglamentada, registrada, identificada y certificada) del conector

Fuente: Instituto de Normalización Ecuatoriana Inen, 2001, Págs. 15-22

9. HIPÓTESIS:

El rediseño e implementación de las redes trifásicas bajo normativa regional vigente en los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica permitirá obtener puntos de alimentación trifásicos seguros y con la capacidad adecuada para el funcionamiento de máquinas y módulos didácticos de los Laboratorios.

Operacionalización de las variables

Variable Independiente. - Rediseño e implementación de las redes trifásicas.

Tabla 4: Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Rediseño e implementación de las redes trifásicas bajo normativa regional vigente en los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica	Análisis del sistema eléctrico general del laboratorio	Caídas de Voltaje [ΔV] Cargabilidad de los conductores	Voltaje [V] Amperios [A]	Visita de campo y observación Recolección de información Instrumentos de medición (voltímetro, amperímetro)

Fuente: Los Autores

Variable Dependiente. – Utilización de nuevos puntos de alimentación.

Tabla 5: Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Permitirá obtener puntos de alimentación trifásicos seguros y con la capacidad adecuada para el funcionamiento de máquinas y módulos didácticos de los Laboratorios.	Rendimiento de los Equipos	Medición del punto de alimentación.	Voltaje (v)	Observación e Instrumentos de medición (multímetro)

Fuente: Los Autores

10.- METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Método analítico

Es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular.

A través del análisis del sistema eléctrico actual se logró realizar el levantamiento del diagrama unifilar para tener un conocimiento general de la estructura de las instalaciones generales de los laboratorios y así poder planear el incremento de nuevas cargas.

A través de este método se determinó que en los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica los diferentes centros de carga se encuentran utilizados inadecuadamente debido a la carencia de sus respectivas protecciones y de los puntos de alimentación de las instalaciones por lo que no se puede hacer el uso de los laboratorios.

Investigación de campo

La investigación se centra en hacer el estudio donde el fenómeno se da de manera natural, de este modo se busca conseguir la situación lo más real posible. Se pueden incluir experimentos de campo y la investigación ex post facto empleando metodología cualitativa.

Esta actividad es realizada en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Consiste en estudiar la situación actual del sistema, reconociendo cada una de las etapas y partes que lo conforman donde se pudo observar la carencia de instalaciones trifásicas para los equipos del laboratorio de electromecánica.

Mediante este método se determinó que las instalaciones eléctricas trifásicas no se encuentran en las condiciones adecuadas y otras no existen, para el laboratorio de la carrera de ingeniería electromecánica donde se observó que existía cables sin conexión, faltas de puntos de alimentación, centros de carga sin ser utilizados condiciones que no permitían el uso de todos los laboratorios de la carrera.

Investigación bibliográfica:

Es la búsqueda, recopilación, organización, valoración, crítica e información bibliográfica sobre un tema específico tiene un valor, pues evita la dispersión de publicaciones o permite la visión panorámica de un problema.

La investigación que se realizó se basó en una búsqueda bibliográfica como: libros, folletos, artículos, páginas web donde se logró obtener conocimientos más amplios sobre lo referente del tema, para poder realizar un análisis más amplio.

Esta investigación permitió recabar información teórica, la misma que fue indispensable y necesaria para el desarrollo y ejecución del presente proyecto.

El cálculo de cada uno de los puntos de alimentación, tiene importancia debido a que el mismo permite determinar las condiciones en que se deben encontrar los elementos que lo componen para que estas cumplan de manera correcta la función que les corresponde.

Cálculo de caída de tensión del sub tablero de distribución

➤ Cálculo de la sección mínima del conductor

ecuación 13

$$S = \frac{P * L}{\gamma * e * U}$$

Donde:

S = Sección calculada [mm²]

P = Potencia Activa prevista para la línea [W]

L = Longitud de la línea [m]

γ = Conductividad [m/ mm²]

e = Caída de tensión [V]

U = Tensión nominal de la línea [V]

➤ Selección del interruptor termomagnético

Para la selección del interruptor termomagnético es necesario determinar la corriente que circula por el circuito para ello es necesario determinar la intensidad que circulará por cada conductor para lo cual se realiza el siguiente cálculo:

ecuación 14

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \phi} * A$$

Donde:

I = Intensidad [A]

P = Potencia Activa prevista para la línea [W]

U = Tensión nominal de la línea [V]

$\cos \phi$ = factor de potencia de la carga, a falta de datos se toma 0.85

A_m = Ampacidad mínima

➤ **Caída de tensión trifásica**

ecuación 15

$$\Delta U = \left(\frac{\sqrt{3}}{56} \right) * \left(\frac{L * I}{S} \right)$$

Donde:

ΔU = Caída de tensión [V]

L = longitud del conductor [m]

I = Intensidad prevista para la línea [A]

S = sección mínima admisible para el conductor [mm²]

Cálculo de caída de tensión del tablero principal de distribución

➤ **Cálculo de la sección mínima del conductor**

Teniendo en cuenta que las tomas trifásicas estarán establecidas para 10 Hp equivalente a 7456 Watts y con un total de 6 tomacorrientes de la misma capacidad dando un total de 44736 Watts, se establece el siguiente análisis:

ecuación 16

$$S = \frac{P * L}{\gamma * e * U}$$

Donde:

S = Sección calculada [mm²]

P = Potencia Activa prevista para la línea [W]

L = Longitud de la línea [m]

γ = Conductividad [m/ mm²]

e = caída de tensión [V]

U = Tensión nominal de la línea [V]

➤ **Selección del interruptor termomagnético**

Para la selección del interruptor termomagnético es necesario determinar la corriente que circula por el circuito para ello es necesario determinar la intensidad que circulará por cada conductor para lo cual se realiza el siguiente cálculo:

ecuación 17

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \phi} * A$$

Donde:

I = Intensidad [A]

P = Potencia Activa prevista para la línea [W]

U = Tensión nominal de la línea [V]

$\cos \phi$ = factor de potencia de la carga, a falta de datos se toma 0.85

Am = Ampacidad mínima

➤ **Caída de tensión trifásica**

ecuación 18

$$\Delta U = \left(\frac{\sqrt{3}}{56} \right) * \left(\frac{L * I}{S} \right)$$

Donde:

ΔU = Caída de tensión [V]

L = longitud del conductor [m]

I = Intensidad prevista para la línea [A]

S = sección mínima admisible para el conductor [mm²]

11.- DESARROLLO DE LA PROPUESTA

A continuación, se muestran los cálculos realizados para el rediseño de las instalaciones trifásicas.

Los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica se divide en diferentes espacios de acuerdo a las áreas de estudio, en las que se encuentran diferentes módulos didácticos y

máquinas eléctricas como Tornos, Fresadoras, Rectificadoras, Taladros, Soldadoras, los mismos que nos sirvieron de punto de partida para establecer la carga requerida ya que se tomó la carga más alta para el diseño de las instalaciones, tomando en cuenta que las cargas no son estáticas y se prevé un cambio en las área, esto permitirá el uso de las maquinas en cualquier lugar del laboratorio, como resultado tenemos que la carga máxima a utilizar es un aproximado de 8hp y se realizó un incremento para cargas futuras del 25% estableciendo 10hp. Anexo 9

Cálculo de caída de tensión del sub tablero de distribución

➤ Cálculo de la sección mínima del conductor

Teniendo en cuenta que las tomas trifásicas estarán establecidas para 10 Hp equivalente a 7456 Watts. Se establece el siguiente análisis utilizando la **ecuación 13**

$$S = \frac{7456 \text{ W} * 30 \text{ m}}{56 \frac{m}{\Omega m} * 2.2 \text{ V} * 220 \text{ V}}$$

$$S = 8.25 \text{ mm}^2$$

A partir del cálculo de la sección por el método simplificado, se puede seleccionar los conductores con una sección mayor a la de 8.25 mm², en este caso el 8.36 mm² equivalente al cable AWG # 8, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Conductores de cables aislados

AWG				Kcmil			
Calibre del conductor	Área de sección transversal nominal mm ²	Calibre del conductor	Área de sección transversal nominal mm ²	Calibre del conductor	Área de sección transversal nominal mm ²	Calibre del conductor	Área de sección transversal nominal mm ²
-	-	-	-	250	127	750	380
-	-	-	-	300	152	800	405
20	0.519	4	21.2	350	177	900	456
18	0.823	3	26.7	400	203	1000	507
16	1.31	2	33.6	450	228	1200	608
14	2.08	1	42.4	500	253	1250	633
12	3.31	1/0	53.5	550	279	1500	760
10	5.26	2/0	67.4	600	304	1750	887
8	8.37	3/0	85.0	650	329	2000	1010
6	13.3	4/0	107	700	355	-	-

Nota: la tabla contiene las equivalencias de la sección y su respectivo calibre AWG.

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana, 2004)

➤ **Selección del interruptor termomagnético**

Para la selección del interruptor termomagnético es necesario determinar la corriente que circula por el circuito para ello es necesario determinar la intensidad que circulará por cada conductor para lo cual se realiza el siguiente cálculo utilizando la **ecuación 14**

$$I = \frac{7456 \text{ W}}{\sqrt{3} * 220 \text{ V} * 0.85} * A$$

$$I = 23.01 \text{ A} * 1.25$$

$$I = 28.77 \text{ A}$$

Con la intensidad de 28.77 A calculada, se determina que el interruptor termomagnético debe tener una capacidad superior a la intensidad detallada anteriormente en este caso de 32 Amperios trifásico.

➤ **Caída de tensión trifásica**

Para el cálculo de la tensión se utiliza la **ecuación 15**.

$$\Delta U = \left(\frac{\sqrt{3}}{56} \right) * \left(\frac{15 \text{ m} * 28.77 \text{ A}}{8.36 \text{ m}^2} \right)$$

$$\Delta U = 1.60 \text{ V}$$

De acuerdo a la tabla de límites reglamentarios de caída de tensión, en la cual especifica una caída de tensión del 1% para contadores totalmente concentrados, en derivación individual, equivalente a 2.2 V, concluyendo que el cable seleccionado AWG # 8 es el adecuado para cumplir con la caída de voltaje admisible.

Tabla 7. Límites de caídas de tensión reglamentarios

Tabla 1-2: Límites de voltajes nominales: 120 V, 120/240 V y 208/120 V [1].

	Voltaje Nominal del Sistema	Escala A			Escala B		
		Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo	
		Voltaje de Utilización y Servicio	Voltaje de Servicio	Voltaje de Utilización	Voltaje de Utilización y Servicio	Voltaje de Servicio	Voltaje de Utilización
Dos conductores, una Fase							
	120	126	114	110	127	110	106
Límite	ΔV_k	5.0%	-5.0%	-8.3%	6.0%	-8.3%	-11.5%
Tres conductores, una Fase							
	120/240	126/252	114/228	110/220	127/254	110/220	106/212
Límite	ΔV_k	5.0%	-5.0%	-8.3%	6.0%	-8.3%	-11.5%
Cuatro conductores, tres Fase							
	208/120	218/126	197/114	191/110	220/127	191/110	184/106
Límite	ΔV_k	5.0%	-5.0%	-8.3%	6.0%	-8.3%	-11.5%

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 3098, 2016-07))

Cálculo de caída de tensión del tablero principal de distribución

➤ Cálculo de la sección mínima del conductor

Teniendo en cuenta que las tomas trifásicas estarán establecidas para 10 Hp equivalente a 7456 Watts y con un total de 6 tomacorrientes de la misma capacidad dando un total de 44736 Watts, se establece el siguiente análisis con la **ecuación 16**

$$S = \frac{44736 \text{ W} * 20 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{ m}} * 2.2 \text{ V} * 220 \text{ V}}$$

$$S = 33.01 \text{ m}^2$$

A partir del cálculo de la sección por el método simplificado, se puede seleccionar los conductores con una sección mayor a la de 33.01 mm², en este caso el 33.6 mm² equivalente al cable AWG # 2.

Tabla 8. Conductividad

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Nota: La tabla contiene los datos de conductividad para el tipo de conductor seleccionado.

Fuente: (Ministerio de Ciencia, 2012)

➤ **Selección del interruptor termomagnético**

Para la selección del interruptor termomagnético es necesario determinar la corriente que circula por el circuito para ello es necesario determinar la intensidad que circulará por cada conductor para lo cual se realiza el siguiente cálculo utilizando la **ecuación 17**

$$I = \frac{44736 \text{ W}}{\sqrt{3} * 220 \text{ V} * 0.85} * A$$

$$I = 138.11 \text{ A} * 1.25$$

$$I = 172.64 \text{ A}$$

Con la intensidad de 172.64 A calculada, se determina que el interruptor termomagnético debe tener una capacidad superior a la intensidad detallada anteriormente en este caso de 175 Amperios trifásico.

➤ **Caída de tensión trifásica**

Para el cálculo se utilizara la **ecuación 18**

$$\Delta U = \left(\frac{\sqrt{3}}{56} \right) * \left(\frac{20 \text{ m} * 172.64 \text{ A}}{33.6 \text{ m}^2} \right)$$

$$\Delta U = 3.17 \text{ V}$$

De acuerdo a la tabla de limites reglamentarios de caída de tensión, en la cual especifica una caída de tensión del 1% para contadores totalmente concentrados, en derivación individual, equivalente a 2.2 V, concluyendo que el cable seleccionado AWG # 2 es el adecuado para cumplir con la caída de voltaje admisible, en los cálculos siguientes se tiene en cuenta un factor de demanda del 0.5 para cumplir con lo detallado anteriormente.

Una vez realizado cada uno de los cálculos de los elementos procedemos a la implementación con la ayuda del plano unifilar que se muestra en el **Anexo 1**

Tabla 9. Cálculo por derivación individual del TDS6 -Laboratorio de resistencia de materiales.

Tablero de distribución TDS 2														
Circuito	Carga unitaria (W)	Carga instalada (W)	Factor de demanda	Demanda máxima	Tensión (V)	Sistema	R	S	T	Corriente de diseño (A)	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Caída de tensión	
							In						Equipo (V)	Equipo (%)
							(A)	(A)	(A)					
TDS2-1	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	15	1,60	0,73
TDS2-2	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	9,2	0,98	0,45
TDS2-3	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	15	1,60	0,73
TDS2-4	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	5,2	0,55	0,25
TDS2-5	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	5,2	0,55	0,25
TDS2-6	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	11,2	1,19	0,54

Nota: Los cálculos desarrollados en la presente tabla, representa la caída de voltaje admisible para cada derivación individual.

Fuente: Los Autores

Tabla 10. Cálculo por derivación individual del TDS3- Laboratorio S/N

Tablero de distribución TDS 3														
Circuito	Carga unitaria (W)	Carga instalada (W)	Factor de demanda	Demanda máxima	Tensión (V)	Sistema	R	S	T	Corriente de diseño (A)	Sección (mm²)	Longitud (m)	Caída de tensión	
							In						Equipo (V)	Equipo (%)
							(A)	(A)	(A)					
TDS3-1	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	6,2	0,66	0,30
TDS3-2	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	5	0,53	0,24
TDS3-3	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	6,7	0,71	0,32
TDS3-4	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	12	1,28	0,58
TDS3-5	7456	7456	1	7456	220	Trifásico	23,05	23,05	23,05	28,81	8,36	15	1,60	0,73

Nota: Los cálculos desarrollados en la presente tabla, representa la caída de voltaje admisible para cada derivación individual.

Fuente: Los Autores

Tabla 11. Cálculo por derivación individual del Tablero de distribución principal

Tablero de distribución Principal														
Circuito	Carga unitaria (W)	Carga instalada (W)	Factor de demanda	Demanda máxima	Tensión (V)	Sistema	R	S	T	Corriente de diseño (A)	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Caída de tensión	
							In						Equip	Equip
							(A)	(A)	(A)				(V)	(%)
TDS2	44736	44736	0,5	22368	220	Trifásico	69,14	69,14	69,14	86,43	33,63	20	1,59	0,72
TDS3	44736	44736	0,5	22368	220	Trifásico	69,14	69,14	69,14	86,43	33,63	25	1,99	0,90

Nota: Los cálculos desarrollados en la presente tabla, representa la caída de voltaje admisible para cada derivación individual.

Fuente: Los Autores.

12.- IMPACTOS

Se analizó los impactos sociales, económicos y tecnológicos.

➤ Sociales

Al contar los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica con nuevas instalaciones eléctricas, se está mejorando el uso tanto de los equipos como de las maquinas existentes en las mismas, por parte del estudiantado y docentes de la Carrera, logrando un mejor y mayor uso de las instalaciones para la realización de prácticas.

➤ Económicos

Al realizar la implementación de las nuevas instalaciones eléctricas en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, la Universidad puede redirigir el presupuesto destinado a estas modificaciones para otra actividad q así lo requiera.

➤ Tecnológicos

Para la implementación del proyecto se utilizó las normas nacionales vigentes, por tanto la Universidad cuenta ya con instalaciones adecuadas y regidas a una normativa.

13.-PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

Tabla 12: Presupuesto para implementación del proyecto

Descripción	Cantidad	Valor USD
Tubo EMT 1"	14	70.12
Tubo EMT 2"	7	61.60
Unión EMT 1"	28	16.06
Unión EMT 2"	14	28.88
Grapa EMT 1" 1 Oreja	42	6.29
Grapa EMT 2" 1 Oreja	21	10.73
Cable #8 AWG	500m	525.00
Tomacorriente sobrepuesto 32 A (3+T)	12	168.00
Toma IP44 Semiempotrados, (3P-T) 32Amp	33	462.00
Enchufe 32A (3P+T)	15	135.00

Continuación Tabla 12: Presupuesto para implementación del proyecto

Condulet T 2"	1	13.40
Breakers 3x32Amp. Squard	25	787.50
Cable #2 AWG	80m	338.39
Cinta aislante	5	4.24
Centro de carga Trifásica de 30P	3	717.19
Caja de paso 20x20	14	87.51
Conector EMT 2"	3	5.75
Conector EMT 1"	12	5.30
Impresiones, internet, transporte, alimentación.	2	200
Mano de obra	3	600
Total		4242.96\$

Fuente: Los Autores

14.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Al haber empleado el CPE INEN 019 para el rediseño y cálculos de las nuevas instalaciones eléctricas de los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica se está garantizando el cumplimiento de normativas internacionales.
- Se implementó instalaciones eléctricas en tres laboratorios en los que no existía suministro eléctrico trifásico, permitiendo de esta manera hacer uso de los mismos para distintas prácticas estudiantiles.
- Las nuevas instalaciones cuentan con tres centros de carga nuevos los mismos que cumplen las normas de seguridad establecidas por la NEC-10 para su correcto uso y funcionamiento.
- El diagrama unifilar de los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica realizado, muestra los sistemas de fuerza e iluminación, esta es de

mucha importancia puesto que para futuras modificaciones ya se contaría con un punto de partida que sirva de guía y así realizar un trabajo óptimo.

- El laboratorio cuenta con un 73.33% de instalaciones eléctricas trifásicas nuevas, significando un incremento del 275%, además se cambiaron los tomacorrientes obsoletos obteniendo así el 100% de tomacorrientes nuevos y para que dichos tomacorrientes sean compatibles con los conectores de las máquinas estos también fueron sustituidos por nuevos conectores.

RECOMENDACIONES

- Elaborar un manual de uso y mantenimiento de las instalaciones eléctricas para así procurar el buen uso de las mismas.
- Dar el adecuado uso a las instalaciones trifásicas de los laboratorios y así obtendrán mayor vida útil y mejor rendimiento de los puntos de alimentación.
- No sobre cargar los puntos de alimentación y centros de carga para lo cual están diseñados.
- Precautelar que el personal que haga uso de las instalaciones lo haga de la manera adecuada y ordenada para evitar posibles averías
- No implantar otros elementos que no sean los adecuados para los puntos de alimentación ya que estos podrían averiarse.

15. BIBLIOGRAFÍA

LAGUNAS MARQUEZ A. (2001). *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión Comerciales e Industriales*. España: Paraninfo S.A.

(1 de Abril de 2015). Obtenido de Cables Eléctricos :

<http://cableselectricos.cl/articulos/como-seleccionar-el-conductor-electrico-apropiado-para-cada-proyecto/>

Aguirre, L., & Germán, H. (2010). “*Análisis de carga del hospital San Vicente de Paúl de la Ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según la regulación No. CONELEC 004/01*”. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

Aguirre, L., & Herrera, G. (2010). *Análisis de carga del Hospital San Vicente de Paúl de la Ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la Calidad de Energía*. Ibarra: Univesidad técnica del Norte.

Camacho, J. (2015). *Estudio de Factibilidad para el mejoramiento de la calidad de energía eléctrica en la planta Industrial INDUCUERDAS*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Enríquez, G. (2005). *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Residenciales*. México: Limusa.
- Enríquez, H. (2005). *El ABC de las Instalaciones eléctricas industriales*. México: LIMUSA.
- Enríquez, H. (2012). *Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales*. México: LIMUSA.
- Horna, F. (2012). *Electricidad Residencial: Diseño, Instalación y Mantenimiento*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- INSTITUTO DE NORMALIZACIÓN ECUATORIANA INEN. (2001). *CODIGO ELÉCTRICO NACIONAL*. Quito: INEN.
- Ministerio de Ciencia, y. T. (2012). Cálculos de Caída de Tensión. Obtenido de http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_anexo_2_sep03R1.pdf
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2004). *CONDUCTORES DE CABLES AISLADOS (IEC 60228:2004, IDT)* (Primera ed.). Quito, Ecuador. Recuperado el 30 de 10 de 2017, de http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/nte_inen_iec_60228.pdf
- Schneider. (2008). *Manual de Compensación de energía reactiva*. Schneider .
- Sierra, J. (2009). Guía Técnica de eficiencia energética eléctrica. *Circuitor*, 23-25.
- Velasco, G. (2006). *Introducción a la calidad de energía eléctrica*. Ibarra - Ecuador.
- Villaroel, E. (2008). *Manual para el diseño de Instalaciones Eléctricas Industriales Livianas*. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar

ANEXOS

ANEXO 1. Dimensiones y área porcentual de conduit y tubería

TABLAS

Tabla 4. Dimensiones y área porcentual de conduit y tubería
(Áreas de conduit o tubería para las combinaciones de alambres permitidas en la Tabla 1, Capítulo 9)

Artículo 358 - Tubería eléctrica metálica (EMT)													
Designador métrico	Tamaño comercial	Diámetro interno nominal		Área total 100%		60%		1 alambre 53%		2 alambres 31%		Más de 2 alambres 40%	
		mm	pulgada	mm ²	pulgada ²	mm ²	pulgada ²	mm ²	pulgada ²	mm ²	pulgada ²	mm ²	pulgada ²
16	½	15.8	0.622	196	0.304	118	0.182	104	0.161	61	0.094	78	0.122
21	¾	20.9	0.824	343	0.533	206	0.320	182	0.283	106	0.165	137	0.213
27	1	26.6	1.049	556	0.864	333	0.519	295	0.458	172	0.268	222	0.346
35	1 ¼	35.1	1.380	968	1.496	581	0.897	513	0.793	300	0.464	387	0.598
41	1 ½	40.9	1.610	1314	2.036	788	1.221	696	1.079	407	0.631	526	0.814
53	2	52.5	2.067	2165	3.356	1299	2.013	1147	1.778	671	1.040	866	1.342
63	2 ¼	69.4	2.731	3783	5.858	2270	3.515	2005	3.105	1173	1.816	1513	2.343
78	3	85.2	3.356	5701	8.846	3421	5.307	3022	4.688	1767	2.742	2280	3.538
91	3 ½	97.4	3.834	7451	11.545	4471	6.927	3949	6.119	2310	3.579	2980	4.618
103	4	110.1	4.334	9521	14.753	5712	8.852	5046	7.819	2951	4.573	3808	5.901

Fuente: Código Eléctrico Nacional

Anexo 2. Propiedades De Los Conductores

TABLAS

Tabla 8. Propiedades de los conductores

Calibres (AWG o kcmil)	Conductores										Resistencia en corriente continua a 75°C (167°F)					
	Área		Trenado				Total				Cobre					
			Diámetro		Diámetro		Área		No recubiertos		Recubiertos		Aluminio			
	mm ²	cmil	mm	mil	mm	mil	mm ²	cmil	ohm/km	ohm/1000 pies	ohm/km	ohm/1000 pies	ohm/km	ohm/1000 pies		
18	0.823	1620	1	—	—	1.02	0.040	0.823	0.001	25.5	7.77	26.5	8.08	42.0	12.8	
18	0.823	1620	7	0.19	0.015	1.36	0.046	1.06	0.002	26.1	7.95	27.7	8.45	42.8	13.1	
16	1.31	2580	1	—	—	1.29	0.051	1.31	0.002	16.0	4.89	16.7	5.00	26.4	8.05	
16	1.31	2580	7	0.49	0.019	1.46	0.058	1.68	0.003	16.4	4.99	17.3	5.29	26.9	8.23	
14	2.08	4110	1	—	—	1.63	0.064	2.08	0.003	10.1	3.07	10.4	3.19	16.6	5.06	
14	2.08	4110	7	0.62	0.024	1.85	0.073	2.68	0.004	10.3	3.14	10.7	3.26	16.9	5.17	
12	3.31	6570	1	—	—	2.05	0.081	3.31	0.005	6.34	1.95	6.57	2.01	10.45	3.18	
12	3.31	6570	7	0.78	0.030	2.32	0.092	4.25	0.006	6.50	1.98	6.73	2.05	10.69	3.25	
10	5.261	10380	1	—	—	2.588	0.102	5.26	0.008	3.980	1.21	4.148	1.26	6.561	2.00	
10	5.261	10380	7	0.98	0.038	2.95	0.116	6.76	0.011	4.070	1.24	4.226	1.29	6.679	2.04	
8	8.367	16530	1	—	—	3.264	0.128	8.37	0.013	2.506	0.764	2.579	0.786	4.125	1.26	
8	8.367	16530	7	1.23	0.048	3.71	0.146	10.76	0.017	2.531	0.778	2.653	0.809	4.264	1.28	
6	13.30	26240	7	1.56	0.061	4.67	0.189	17.09	0.027	1.600	0.491	1.671	0.510	2.652	0.808	
4	21.15	41740	7	1.96	0.077	5.89	0.232	27.19	0.042	1.010	0.308	1.053	0.321	1.666	0.508	
3	26.67	52620	7	2.20	0.087	6.60	0.260	34.28	0.053	0.802	0.245	0.833	0.254	1.320	0.403	
2	33.62	66360	7	2.47	0.097	7.42	0.292	43.23	0.067	0.634	0.194	0.661	0.201	1.045	0.319	
1	42.41	83690	19	1.69	0.066	8.47	0.332	55.80	0.087	0.503	0.154	0.524	0.160	0.829	0.253	
1/0	53.49	105600	19	1.89	0.074	9.45	0.372	70.41	0.109	0.389	0.122	0.415	0.127	0.660	0.201	
2/0	67.43	133100	19	2.13	0.084	10.62	0.418	88.74	0.137	0.3170	0.0967	0.329	0.101	0.523	0.159	
3/0	85.01	167800	19	2.39	0.094	11.94	0.470	111.9	0.173	0.2512	0.0766	0.2616	0.0797	0.413	0.126	
4/0	107.2	213600	19	2.68	0.106	13.41	0.528	141.1	0.219	0.1996	0.0608	0.2050	0.0626	0.328	0.100	
250	127	—	37	2.00	0.082	14.61	0.575	168	0.260	0.1637	0.0515	0.1753	0.0535	0.2738	0.0847	
300	152	—	37	2.29	0.090	16.00	0.630	201	0.312	0.1489	0.0429	0.1603	0.0446	0.2338	0.0707	
350	177	—	37	2.47	0.097	17.30	0.681	235	0.364	0.1360	0.0387	0.1452	0.0382	0.1984	0.0605	
400	203	—	37	2.64	0.104	18.49	0.728	268	0.416	0.1053	0.0321	0.1084	0.0331	0.1737	0.0520	
500	253	—	57	2.95	0.116	20.65	0.813	336	0.579	0.0845	0.0288	0.0869	0.0265	0.1391	0.0424	
600	304	—	61	3.52	0.099	22.60	0.893	404	0.626	0.0704	0.0214	0.0732	0.0223	0.1159	0.0353	
700	355	—	61	2.72	0.107	24.49	0.964	471	0.730	0.0601	0.0184	0.0622	0.0189	0.0994	0.0303	
750	380	—	65	2.82	0.111	25.35	0.998	505	0.782	0.0563	0.0171	0.0579	0.0176	0.0927	0.0282	
800	405	—	65	2.91	0.114	26.16	1.030	538	0.834	0.0528	0.0163	0.0544	0.0166	0.0868	0.0265	
900	456	—	65	3.09	0.122	27.79	1.094	656	0.940	0.0470	0.0143	0.0481	0.0147	0.0770	0.0235	
1000	507	—	65	3.25	0.128	29.26	1.182	873	1.042	0.0423	0.0129	0.0434	0.0132	0.0694	0.0212	
1250	633	—	95	3.98	0.137	32.74	1.289	1142	1.305	0.0338	0.0103	0.0347	0.0106	0.0554	0.0169	
1500	740	—	91	3.26	0.128	35.96	1.412	1011	1.566	0.02814	0.00858	0.02814	0.00883	0.0464	0.0141	
1750	847	—	127	2.98	0.117	38.76	1.526	1180	1.829	0.02430	0.00735	0.02450	0.00756	0.0397	0.0121	
2000	1015	—	127	3.19	0.126	41.45	1.652	1349	2.092	0.02109	0.00643	0.02109	0.00662	0.0348	0.0106	

Notas:

1. Estos valores de resistencia son válidos solamente para los parámetros indicados. Al usar conductores con hilos recubiertos, de distinto tipo de trenado y especialmente a otras temperaturas, cambia la resistencia.
2. Fórmula para el cambio de temperatura: $R_2 = R_1 \frac{1 + \alpha(T_2 - 75)}{1 + \alpha(T_1 - 75)}$ donde $\alpha = 0.00393$ a 75°C.
3. Los conductores con trenado triangular o compactado tienen aproximadamente un 9% y un 2% de diferencia, respectivamente, menor de diámetro del conductor diseñado que los conductores trenados. Para las dimensiones reales de los cables compactados, véase la Tabla 5A.
4. Las conductividades usadas, según la IACS: cobre denado = 100%, aluminio = 61%.
5. El trenado de Clase B está listado también como sólido para algunos cables. Su área y diámetro total son los de la circunferencia circunscrita.

NEMA: La información sobre construcción de los cables procede de NEMA WC8-1992 o ANSIPUL 1581-2001. La resistencia se calcula según el National Bureau of Standards Handbook 100, de 1966 y el Handbook 109, de 1972.



Fuente: Código Eléctrico Nacional

Anexo 3. Continuación (Número máximo de conductores o alambres para artefactos en tubería eléctrica metálica EMT)

ANEXO C

Anexo C: Tablas

Tabla C.1 (Continuación)

CONDUCTORES											
Tipo	Calibre del conductor (AWG/kcmil)	Designador métrico (tamaño comercial)									
		16 (%)	21 (%)	27 (1)	35 (1 ¼)	41 (1 ½)	53 (2)	63 (2 ½)	78 (3)	91 (3 ½)	103 (4)
RHH, RHW, RHW-2, TW, THW, THHW, THW-2	6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52
	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
	1/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	2/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	3/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	4/0	0	0	1	1	1	3	6	9	12	16
	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11
	350	0	0	0	1	1	1	4	6	7	10
	400	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	600	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	
750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	
800	0	0	0	0	1	1	1	3	3	5	
900	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	
1000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	
1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	
1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	
1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
TTHN, THWN, THWN-2	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	3	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	1	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	3/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	22
	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18
	250	0	0	1	1	1	3	6	9	11	15
	300	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
350	0	0	1	1	1	2	4	6	9	11	
400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10	
500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8	
600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7	
700	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6	
750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	
800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	
900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4	
1000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	

(Continúa)

Fuente: Código Eléctrico Nacional

Anexo 4. Continuación (Número máximo de conductores o alambres para artefactos en tubería eléctrica metálica EMT)

Anexo C: Tablas

ANEXO C

Tabla C.1 (Continuación)

CONDUCTORES											
Tipo	Calibre del conductor (AWG/kcmil)	Designador métrico (tamaño comercial)									
		16 (½)	21 (¾)	27 (1)	35 (1 ¼)	41 (1 ½)	53 (2)	63 (2 ½)	78 (3)	91 (3 ½)	103 (4)
FEP, FEPB, PFA, PFAH, TFE	14	12	21	34	60	81	134	234	354	462	590
	12	9	15	25	43	59	98	171	258	337	430
	10	6	11	18	31	42	70	122	185	241	309
	8	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
	6	2	4	7	12	17	28	50	75	98	126
PFA, PFAH, TFE	4	1	3	5	9	12	20	35	53	69	88
	3	1	2	4	7	10	16	29	44	57	73
	2	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	1	1	1	2	4	6	9	16	25	33	42
PFAH, TFE, PFA, PFAH, TFE, Z	1/0	1	1	1	3	5	8	14	21	27	35
	2/0	0	1	1	3	4	6	11	17	22	29
	3/0	0	1	1	2	3	5	9	14	18	24
	4/0	0	1	1	1	2	4	8	11	15	19
Z	14	14	25	41	72	98	161	282	426	556	711
	12	10	18	29	51	69	114	200	302	394	504
	10	6	11	18	31	42	70	122	185	241	309
	8	4	7	11	20	27	44	77	117	153	195
	6	3	5	8	14	19	31	54	82	107	137
	4	1	3	5	9	13	21	37	56	74	94
	3	1	2	4	7	9	15	27	41	54	69
	2	1	1	3	6	8	13	22	34	45	57
XHH, XHHW, XHHW-2, ZW	1	1	1	2	4	6	10	18	28	36	46
	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	6	1	3	6	10	14	22	39	60	78	100
	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	72
	3	1	1	3	6	8	14	24	36	48	61
XHH, XHHW, XHHW-2	2	1	1	3	5	7	11	20	31	40	51
	1	1	1	1	4	5	8	15	23	30	38
	1/0	1	1	1	3	4	7	13	19	25	32
	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	21	27
	3/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18
	250	0	0	1	1	1	3	6	9	12	15
	300	0	0	1	1	1	3	5	8	10	13
	350	0	0	1	1	1	2	4	7	9	11
	400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10
	500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	6
	700	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4
	1000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	

Fuente: Código Eléctrico Nacional

Anexo 5. Numero maximo de conductores o alambres para artefactos en tuberia electrica metalica EMT

Anexo C: Tablas

ANEXO C

Tabla C.1 Número máximo de conductores o alambres para artefactos en tubería eléctrica metálica (EMT) (con base en la Tabla 1 del Capítulo 9)

CONDUCTORES											
Tipo	Calibre del conductor (AWG/kcmil)	Designador métrico (tamaño comercial)									
		16 (%)	21 (%)	27 (1)	35 (1 ¼)	41 (1 ½)	53 (2)	63 (2 ½)	78 (3)	91 (3 ½)	103 (4)
RHH, RHW, RHW-2	14	4	7	11	20	27	46	80	120	157	201
	12	3	6	9	17	23	38	66	100	131	167
	10	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	8	1	2	4	7	9	16	28	42	55	70
	6	1	1	3	5	8	13	22	34	44	56
	4	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	3	1	1	1	4	5	9	15	23	30	38
	2	1	1	1	3	4	7	13	20	26	33
	1	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	1/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	2/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17
	3/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	250	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	300	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	350	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	400	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	500	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	700	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	750	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	800	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	1250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
TW	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH* RHW* RHW-2* THHW, THW, THW-2	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
	8	1	4	6	10	14	24	42	63	83	106

Fuente: Código Eléctrico Nacional

Anexo 6. Continuación (Numero maximo de conductores o alambres para artefactos en tuberia electrica metalica EMT)

Tabla C.1 (Continuación)

ALAMBRES PARA ARTEFACTOS							
Tipo	Calibre del conductor (AWG/kcmil)	Designador métrico (tamaño comercial)					
		16 (½)	21 (¾)	27 (1)	35 (1 ¼)	41 (1 ½)	53 (2)
FFH-2, FH-2, RFHH-3	18	8	14	24	41	56	92
	16	7	12	20	34	47	78
SF-2, SFF-2	18	10	18	30	52	71	116
	16	8	15	25	43	58	96
	14	7	12	20	34	47	78
SF-1, SFF-1	18	18	33	53	92	125	206
RFHH-1, RFHH-2, TF, TFF, XF, XFF	18	14	24	39	68	92	152
	16	11	19	31	55	74	123
XF, XFF	14	8	15	25	43	58	96
TFN, TFFN	18	22	38	63	108	148	244
	16	17	29	48	83	113	186
PF, PFF, PGE, PGFF, PAF, PTF, PTFP, PAFF	18	21	36	59	103	140	231
	16	16	28	46	79	108	179
	14	12	21	34	60	81	134
ZF, ZFF, ZHF, HF, HFF	18	27	47	77	133	181	298
	16	20	35	56	98	133	220
	14	14	25	41	72	98	161
KF-2, KFF-2	18	39	69	111	193	262	433
	16	27	48	78	136	185	305
	14	19	33	54	93	127	209
	12	13	23	37	64	87	144
	10	8	15	25	43	58	96
KF-1, KFF-1	18	46	82	133	230	313	516
	16	33	57	93	161	220	362
	14	22	38	63	108	148	244
	12	14	25	41	72	98	161
	10	9	16	27	47	64	105
XF, XFF	12	4	8	13	23	31	51
	10	3	6	10	18	24	40

Notas:

1. Esta tabla es sólo para conductores trenzados concéntricos. Para los conductores trenzados compactos se debería usar la Tabla C.1 (A).

2. El cable del tipo RHH con resistencia nominal al fuego de dos horas tiene un aislamiento que se puede convertir en cerámica, el cual tiene diámetros mucho más grandes que otros alambres RHH. Consulte las tablas de ocupación de conduit del fabricante.

*Los tipos RHH, RHW y RHW-2 sin recubrimiento exterior.

ANEXO 7

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Instalacion de nuevos puntos de alimentacion trifasicos



Fuente: Los autores

Fotografía 2: Adecuacion de los puntos de alimentacion existente



Fuente: Los autores

Fotografía 3: Instalación de nuevo punto de alimentación trifásicos



Fuente: Los autores

Fotografía 4: Instalación de tubería para nuevos puntos de alimentación



Fuente: Los autores

Fotografía 5: Adecuacion y armado de nuevos centros de carga



Fuente: Los autores

Fotografía 6: Estado de centro de carga en los laboratorios



Fuente: Los autores

Fotografía 7: Estado que se encontraron los centros de carga



Fuente: Los autores

Fotografía 8: Centro de carga adecuados e implementados



Fuente: Los autores

Fotografía 9: Centro de carga implementado



Fuente: Los autores

Fotografía10: Centro de carga implementado



Fuente: Los autores

Fotografía 11: Tomacorrientes implementados

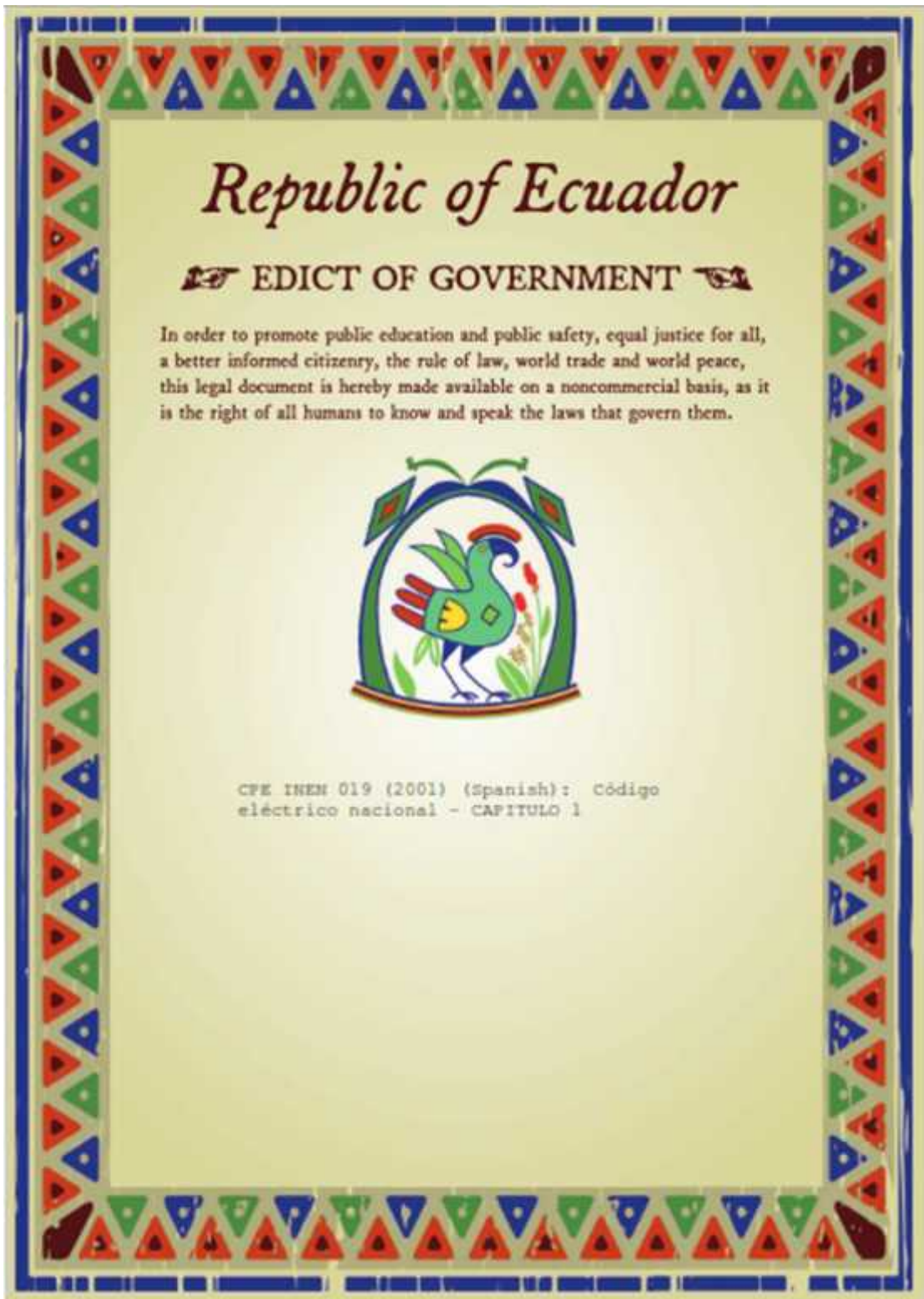


Fuente: Los autores

Fotografía 12: Toma corrientes implementados



Fuente: Los autores



Fusible accionado electrónicamente: dispositivo de protección contra sobrecorriente que consiste generalmente de: un módulo de control con características de detección de corriente relacionadas electrónicamente con la corriente a lo largo del tiempo, energía para iniciar el disparo y un módulo de interrupción que impide el paso de la corriente cuando se produce una sobrecorriente. Los fusibles accionados electrónicamente pueden funcionar o no en modo de limitación de corriente, según el tipo de control seleccionado.

Fusible múltiple: conjunto de dos o más fusibles unipolares.

Seccionador de maniobra: dispositivo diseñado para cerrar, abrir o cerrar y abrir uno o más circuitos eléctricos.

SECCIÓN 110. REQUISITOS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

A. Generalidades

110-2. Aprobación.- Los conductores y equipos exigidos o permitidos por este Reglamento, serán aceptados únicamente cuando estén debidamente aprobados.

Nota.- Véase los 90-7, Inspección de las condiciones de seguridad de los equipos, y el artículo 110-3, Examen, identificación, instalación y uso de los equipos. Véanse también las definiciones de "Aprobado", "Identificado", "Rotulado" y "Certificado"

110-3. Examen, identificación, instalación y uso de los equipos

a) Examen.- Al evaluar un equipo, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) Si es adecuado para su instalación y uso según lo establecido en este código.

NOTA.- La adaptabilidad del equipo usado puede ser identificada por una descripción marcada en el producto, para identificar la conveniencia del uso del producto con propósito específico de ambiente o aplicación. La adaptabilidad del equipo puede evidenciarse por su registro, catalogación o por su rotulación.

- 2) Resistencia mecánica y durabilidad, incluyendo, en el caso de partes diseñadas para encerrar y proteger otro equipo, la suficiencia de la protección provista.
- 3) Doble o flexión del conductor y espacio para conexiones.
- 4) Aislamiento eléctrico
- 5) Efectos de calentamiento bajo condiciones normales de uso y también bajo condiciones anormales que puedan surgir en servicio.
- 6) Efectos de arcos
- 7) Clasificación por tipo, tamaño, voltaje, capacidad de corriente y uso específico
- 8) Otros factores que contribuyan a la protección de personas que usen o que puedan ponerse en contacto con el equipo.

b) Instalación y uso.- Los equipos certificados o rotulados se deben instalar y usar según las instrucciones incluidas en el certificado o en el rótulo

110-4. Voltajes.- A través de este código, los voltaje considerados serán aquellas al cual funciona el circuito. El voltaje nominal de un equipo eléctrico no debe ser inferior al voltaje nominal del circuito al que está conectado.

110-5. Conductores.- Los conductores normalmente usados para conducir corriente serán de cobre, a no ser que se disponga de otro modo en este Reglamento. Cuando no se especifica el material de los conductores, dicho material y los tamaños que dan en este Reglamento, se aplicarán a conductores de cobre. Cuando se usen otros materiales, el tamaño será cambiado conforme a su equivalencia.

NOTA.- Para conductores de aluminio y de aluminio revestido de cobre, véase el artículo 310.15.

110-6. Calibres de los conductores.- Los calibres de los conductores mencionados en este Reglamento, están expresados en el sistema AWG (American Wire Gauge), MCM o en milímetros.

110-7. Condiciones de aislamiento.- Todo alambrado se instalará de tal manera que, cuando se termine la instalación, el sistema estará libre de cortocircuitos y de tierras que no sean las requeridas o permitidas en la sección 250.

110-8. Métodos de alambrado.- En este código solo se incluyen métodos de alambrado reconocidos como adecuados. Los métodos reconocidos de alambrado se deben poder instalar en cualquier tipo de estructura o edificio, siempre que en este código no se indique otra cosa.

110-9. Capacidad de interrupción nominal.- Los equipos destinados para interrumpir las corrientes de falla, deben tener una capacidad de interrupción nominal suficiente para el voltaje nominal del circuito y para la corriente disponible en los terminales de línea del equipo. Los equipos destinados para interrumpir la corriente a otros niveles distintos del de falla, deben tener una capacidad de interrupción al voltaje nominal del circuito, suficiente para la corriente que deba interrumpir.

110-10. Impedancia del circuito.- Los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, la impedancia total, las capacidades para soportar la componente de cortocircuito y otras características del circuito que ha de protegerse, se seleccionarán y coordinarán de tal modo que le permitan a los dispositivos de protección del circuito, remover y subsanar la falla, sin que ocurran daños extensos a los componentes eléctricos del circuito. Debe asumirse que esta falla ocurra, bien entre dos o más conductores del circuito, o bien entre cualquier conductor del circuito y el conductor de conexión a tierra o la canalización metálica que lo contiene. Se considera que los productos certificados, aplicados de acuerdo con su certificación, cumplen con este numeral.

110-11. Agentes de deterioro.- A menos que se hayan identificado para uso en el ambiente en que han de operar, ningún conductor o equipo podrá localizarse en sitios húmedos o mojados; donde estén expuestos a gases, emanaciones, vapores, líquidos y otros agentes que tengan un efecto nocivo en los conductores o equipos; ni donde estén expuestos a temperaturas excesivas. Los equipos identificados para su uso en lugares secos o para uso interior sólo se deben proteger contra daños permanentes a causa de la intemperie durante la construcción de la edificación.

NOTAS.-

- 1) Respecto a la protección contra la corrosión, véase el artículo 300.6
- 2) Algunos limpiadores y lubricantes pueden causar grave deterioro de muchos materiales plásticos utilizados en aplicaciones estructurales y de aislamiento en los equipos.

110-12. Ejecución mecánica de los trabajos.- Todo equipo eléctrico se instalará en una forma precisa, nítida, con destreza y bien terminado.

a) Aberturas sin utilizar.- Las aberturas no utilizadas en cajas, canaletas, canales auxiliares, gabinetes, cajas de equipos o encasillados, se cerrarán efectivamente para proporcionar una protección substancialmente equivalente a la de las paredes del equipo.

b) Cajas, cubiertas, gabinetes o encerramientos bajo la superficie.- Los conductores estarán debidamente soportados para un acceso fácil y seguro en cubiertas o gabinetes subterráneos y bajo superficie, a los cuales tendrá acceso el personal de instalación y mantenimiento.

c) Integridad del equipo eléctrico y conexiones.- Las partes internas del equipo eléctrico, incluyendo barras colectoras o de distribución, terminales de alambrado, aisladores y otras superficies, no habrán de dañarse o contaminarse por materiales extraños o ajenos, tales como pintura, enlucido, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o a la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por agentes químicos o recalentamiento.

110-13. Montaje y ventilación de los equipos

a) Montaje.- Los equipos eléctricos se deben fijar firmemente a la superficie donde van montados. No se deben utilizar tacos de madera en agujeros en mampostería, hormigón, yeso o materiales similares.

b) Ventilación.- El equipo eléctrico que dependa de la circulación natural del aire y de la convección para la ventilación de sus superficies expuestas, se debe instalar de modo que no se impida la circulación del aire sobre dichas superficies por medio de paredes o equipos instalados a sus costados. Para los equipos destinados para montaje en el suelo, se deben dejar las distancias entre las superficies superiores y las adyacentes para que se disipe el aire caliente que circula hacia arriba. El equipo eléctrico dotado de aberturas de ventilación se debe instalar de modo que las paredes u otros obstáculos no impidan la libre circulación del aire a través del equipo.

110-14. Conexiones eléctricas.- A causa de las diferentes propiedades del cobre y del aluminio, los dispositivos tales como los terminales de presión o conectores de empalme a presión y terminales para soldar, deberán identificarse a los efectos del material del conductor y deberán instalarse y usarse apropiadamente. Los conductores de metales disímiles, no deberán entremezclarse en un terminal o conector de empalme donde exista un contacto físico entre conductores disímiles (tales como cobre y aluminio, cobre y aluminio forrado con cobre, o aluminio y aluminio forrado con cobre), a menos que el dispositivo sea identificado adecuado para tal propósito y tales condiciones de uso. Materiales tales como: compuestos para soldar, fundentes, restringentes (o de inhibición) y otros compuestos, cuando se usen, deberán ser adecuados para el uso y al mismo tiempo, de un tipo que no afecte adversamente los conductores, la instalación o el equipo.

NOTA.- En muchos terminales y equipos se debe considerar su par de ajuste o apriete.

a) Terminales.- La conexión de los conductores a las partes terminales (que deberá ser una conexión extremadamente buena, que no cause daño a los conductores), se hará por medio de conectores de presión (incluyendo los de tipo de tornillo con rosca), terminales para soldarse o empalmes a líneas o alambres de conexión flexibles. Se permitirán las conexiones por medio de tornillos con arandelas de sujeción o bornes que tengan la orejera, terminal de conexión o agarradera vuelta hacia arriba o su equivalente para conductores de sección transversal 5,25 mm² (No. 10 AWG) o menores. Los terminales para más de un conductor y los terminales para conductores de aluminio, deben estar así identificados.

b) Empalmes.- Los conductores se empalmarán o unirán con dispositivos de empalme adecuados para dicho uso, o soldados fuertemente con metal o latón de aleación fundible (soldadura fuerte). Los empalmes soldados serán primero empalmados o unidos, de tal forma que queden mecánica y eléctricamente asegurados sin soldadura, y luego soldados. Todos los empalmes y uniones y las puntas libres de los conductores, se cubrirán con un aislamiento equivalente a l de los conductores, o con un dispositivo aislante identificado para el propósito. Los conectores o medios de empalme de los cables en conductores que van directamente enterrados o en instalaciones subterráneas, deben estar certificados para cada uno de estos usos.

c) Límites de temperatura.- El margen de temperatura asociado con la ampacidad de un conductor se seleccionará y coordinará de forma tal que no exceda el valor de temperatura más bajo de cualquier dispositivo, conductor o terminación conectada. Los conductores con temperatura nominal superior a la especificada para las terminaciones, se pueden usar mediante ajuste o corrección de su capacidad de corriente, o ambas cosas.

- 1) Los requisitos de terminación de equipo para circuitos de 100 A o menos, o marcados para conductores de 2,08 mm² (14 AWG) a 42,2 mm² (1 AWG), deberán usarse solamente para conductores clasificados a 60° C.

Excepciones:

- 1) *Podrán usarse conductores con mayores capacidades de temperatura, siempre que la ampacidad de dichos conductores, se determine tomando como base la ampacidad a 60° C, del calibre del conductor usado.*
 - 2) *Podrán usarse los requisitos de terminación del equipo con conductores de mayor capacidad o clasificación a la ampacidad de los conductores de mayor capacidad, siempre que el equipo esté reglamentado, identificado y certificado para su uso con los conductores de mayor capacidad de corriente.*
- 2) Los requisitos de terminación de equipo para circuitos sobre los 100 A, o marcados para conductores mayores a 42,20 mm² (1 AWG), deberán usarse solamente con conductores clasificados a 75° C nominales.

Excepciones:

- 1) *Podrán usarse conductores con mayores capacidades de temperatura, siempre que la ampacidad de dichos conductores se determine tomando como base la ampacidad a 75° C, del calibre del conductor usado.*
 - 2) *Podrán usarse los requisitos de terminación de equipo con conductores de mayor capacidad o clasificación a la ampacidad de los conductores de mayor capacidad, siempre que el equipo esté reglamentado, registrado, identificado y certificado para su uso con los conductores de mayor capacidad o clasificación.*
- 3) Los conectores de presión instalados separadamente, deberán usarse con conductores a las ampacidades que no exceda la ampacidad correspondiente a la clasificación de temperatura (reglamentada, registrada, identificada y certificada) del conector.

NOTA.- Respecto a los artículos 110-14 c). 1), 2) y 3), la información que aparezca en los rótulos o certificados de los equipos puede restringir aún más el calibre y la temperatura nominal de los conectores conectados.

110-16. Espacio alrededor de los equipos eléctrico (para 600 V nominales o menos).-

Alrededor de todos los equipos eléctricos se proveerá y mantendrá suficiente espacio de acceso y trabajo alrededor de todo equipo eléctrico, para así permitir la operación segura y la conservación del equipo.

a) Espacio de trabajo.- Excepto si se exige o se permite otra cosa en este código, la medida del espacio de trabajo para equipos que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que pueden requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras están energizados, deben cumplir con:

- 1) **Profundidad del espacio de trabajo.-** Las dimensiones del espacio de trabajo, en la dirección del acceso a las partes energizadas que operan a 600 V o menos a tierra y que pueden necesitar inspección, ajuste, servicio o conservación estando energizadas, nunca serán menores que las indicadas en la Tabla 110-16.a). Las distancias se medirán desde las partes energizadas si estas se hallan expuestas; o desde el frente de la caja o cubierta o la abertura, si dichas partes están encerradas o cubiertas.

TABLA 110-16.a).- Espacios libres de trabajo

Voltaje a tierra, nominal (V)	Distancia libre (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 – 150	0,9	0,9	0,9
151 – 600	0,9	1,1	1,2

Las "Condiciones" son las siguientes:

- 1) Partes energizadas expuestas en un lado y ninguna parte energizada o conectada a tierra en el otro lado del espacio de trabajo; o partes energizadas expuestas en ambos lados y resguardadas efectivamente por madera u otros materiales aislantes adecuados. Alambres o barras aisladas que operan hasta 300 voltios no se considerarán partes energizadas.
- 2) Partes energizadas expuestas en un lado y partes conectadas a tierra en el otro lado. Las paredes de hormigón, ladrillo o baldosa, se deben considerar como puesta a tierra.
- 3) Partes energizadas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (que no estén resguardadas como se prevé e indica en la Condición 1) con el operador en las partes energizadas .

Excepciones:

1) No se requiere espacio para trabajar en la parte de atrás de instalaciones tales como: cuadros de distribución de frente muerto o centros de control de motores donde en la parte de atrás no halla partes renovables o ajustables (tales como fusibles o interruptores) y donde todas la conexiones estén accesibles desde otro sitio o sitios que no sea la parte de atrás. Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir un espacio mínimo de trabajo de 0,75 m medidos horizontalmente.

2) La autoridad con la correspondiente jurisdicción para hacer cumplir con este Reglamento, puede permitir espacios más pequeños cuando (1) se juzgue que la disposición particular de la instalación permita adecuada accesibilidad o (2) cuando todas las partes no aisladas de la instalación estén a un voltaje no mayor de 30 V RMS o 42 V pico o 60 V cc.

3) En los edificios existentes en los que se vaya a cambiar el equipo eléctrico, se debe dejar un espacio de trabajo como el de la Condición 2 entre cuadros de distribución de frente muerto, paneles de distribución o centros de control de motores, situados a lo largo del pasillo y entre uno y otro, siempre que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que se han dado instrucciones por escrito para prohibir que se abran al mismo tiempo los equipos a ambos lados del pasillo y que la instalación sea revisada por el personal calificado debidamente autorizado.

- 1) **Ancho del espacio de trabajo.-** El ancho del espacio de trabajo en el frente del equipo eléctrico, debe ser el ancho del equipo o 0,75 m, el que sea mayor. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos a 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo.
- 2) **Altura del espacio de trabajo.-** El espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el nivel del suelo o plataforma hasta la altura exigida por el artículo 110-16.e). Dentro de los requisitos de altura de este numeral, se debe permitir que otros equipos asociados a las instalaciones eléctricas se extiendan no más de 150 mm más allá del frente del equipo eléctrico.

b) Espacios libres.- El espacio de trabajo que se requiere en este Capítulo no se usará para almacenamiento. Donde partes energizadas normalmente cubiertas, son expuestas para inspección o servicio, el espacio de trabajo (si es un pasillo o en un espacio generalmente abierto) estará debidamente resguardado.

c) Acceso y entrada al espacio de trabajo.- Se proveerá por lo menos una entrada de suficiente área para dar acceso al espacio para trabajar alrededor del equipo eléctrico. Para todo equipo con capacidad de 1 200 amperios o más y sobre 1,80 m de ancho, conteniendo dispositivos de corriente, dispositivos de conmutación o dispositivos de control, habrá un acceso o entrada que no tenga menos de 0,6 m de ancho y 1,90 m de alto en cada extremo.

Excepciones:

- 1) Donde la localización del equipo permita un paso continuo y sin obstrucción de salida.
- 2) Donde el espacio de trabajo requerido por el artículo 110-16.a) se duplica, solamente se requiere una entrada a dicho espacio. Un espacio de trabajo provisto de una sola entrada deberá estar localizado de modo que el borde o saliente de la entrada más cercana al equipo en su separación mínima del equipo, cumpla con la distancia mínima de separación dada en la Tabla 110-16.a) desde dicho equipo.

d) Iluminación.- Se proveerá iluminación adecuada para todos los espacios de trabajo alrededor de equipos de servicio, cuadros y paneles de distribución, centros de control de motores o dispositivos de servicios instalados bajo techo. No serán necesarios otros elementos de iluminación cuando el espacio el espacio de trabajo esté iluminado por una fuente de luz adyacente, que cumpla con el mínimo requerido. En los cuartos de equipos eléctricos, la iluminación no debe estar accionada exclusivamente por medios automáticos.

e) Altura hasta el techo.- La altura mínima hasta el techo de los espacios de trabajo alrededor de los equipos de acometida, cuadros de distribución, paneles de distribución o de los centros de control motores debe ser de 1,90 m. Cuando el equipo eléctrico tenga mas de 1,90 m de altura, el espacio mínimo hasta el techo no debe ser inferior a la altura del equipo.

Excepción: Equipos o tableros de acometida en viviendas existentes que no superen los 200 A.

f) Espacio dedicado para equipos.- Los equipos que están dentro del alcance de la sección 384 y los centros de control de motores, se deben ubicar en espacios dedicados y proteger contra daños como se indica en los siguientes numerales:

Excepción: Equipo de control que por su propia naturaleza o por las exigencias de otras reglas de este código, se permite que esté adyacente o a la vista de la maquinaria que opera.

1) Interior: para instalaciones interiores, el espacio dedicado debe incluir las siguientes zonas: Ancho y profundidad para la instalación eléctrica se debe tener el espacio dedicado igual al ancho y profundidad del equipo y extendiéndose desde el piso hasta una altura de 7,6 m o hasta el techo estructural, el que sea menor. En esta zona no se deben ubicar tuberías, ductos o equipos ajenos a la instalación eléctrica. No se considera como techo estructural un techo colgante, suspendido o similar, que no le de rigidez a la estructura de la edificación. Se permite la protección por rociadores en los espacios dedicados en donde la tubería cumpla con este artículo.

Excepción: En áreas que no tengan el espacio dedicado que describe esta regla, se permiten equipos ubicados a través de plantas industriales que estén separados de equipo no eléctrico por altura o por cerramientos o cubiertas físicas que proporcionen una adecuada protección mecánica por tráfico vehicular, contacto accidental por personal no autorizado o fugas o escapes de sistemas de tuberías.

- 2) Exterior:** El equipo eléctrico exterior se debe instalar en encerramientos adecuados y debe estar protegido contra el contacto accidental por personal no autorizado, tráfico vehicular o fugas o escapes de tuberías.

110-17. Protección de partes energizadas (de 600 V nominales o menos)

a) Partes energizadas protegidas contra contacto accidental.- A menos que en este código se requiera o autorice otra cosa, las partes energizadas de los equipos eléctricos que funcionen a 50 V o más, deben estar protegidas contra contactos accidentales por medio de gabinetes apropiados o por cualquiera de los medios siguientes:

- 1) Ubicándolas en un cuarto, bóveda o recinto similar, accesible sólo a personal calificado.
- 2) Mediante muros adecuados, sólidos y permanentes o pantallas dispuestas de modo que al espacio cercano a las partes energizadas sólo tenga acceso personal calificado. Cualquier abertura en dichos tabiques o pantallas, debe ser de tales dimensiones o estar situada de modo que no sea probable que las personas entren en contacto accidental con las partes energizadas o pongan objetos conductores en contacto con las mismas.
- 3) Ubicándose en un balcón, galería o plataforma tan elevado y dispuesto de tal modo que no permita acceder a personas no calificadas.
- 4) Ubicándose a 2,40 m o más por encima del nivel del piso u otra superficie de trabajo.

b) Prevención contra daños físicos.- En lugares en los que sea probable que el equipo eléctrico pueda estar expuesto a daños físicos, los encerramientos o protecciones deben estar dispuestos de tal modo y ser de una resistencia tal que evite tales daños.

c) Señales de advertencia.- Las entradas a cuartos y otros lugares protegidos que contengan partes energizadas expuestas, se deben marcar con señales de advertencia visibles que prohíban la entrada a personal no calificado.

NOTA. Para los motores, véanse los Capítulos 430-132 y 430-133. Para más de 600 V véase el artículo 110-34

110-18. Partes que puedan formar arcos eléctricos.- Las partes del equipo eléctrico que en su funcionamiento normal puedan formar arcos, chispas, llamas o puedan fundir metal, se deben encerrar o separar y aislar de cualquier material combustible.

Nota.- Para lugares peligrosos (clasificados), véanse las secciones 500 a 517. Para los motores véase el artículo 430-14

110-19. Cables de fuerza y de alumbrado desde vías férreas.- Los circuitos de fuerza y los de alumbrado no se deben conectar a cualquier sistema que contenga cables para ferrocarriles con retorno por tierra.

***Excepción:** Tranvías y vagones de ferrocarril eléctrico o estaciones de pasajeros y carga que funcionen en combinación con los ferrocarriles eléctricos.*

110-21. Rotulado.- Se marcará en todo equipo eléctrico el nombre del fabricante, la marca de fábrica, o cualquier otra señal descriptiva que permita la identificación de la empresa productora responsable del producto. Se proveerán otras marcas que indiquen el voltaje, corriente, vainaje y otras capacidades. Las marcas serán de durabilidad suficiente para que resistan el ambiente local circundante.

110-22. Identificación de los medios de desconexión.- Cada medio de desconexión requerido por este reglamento para motores y enseres o artefactos, y para cada servicio, alimentador o circuito ramal en su punto de origen, será marcado claramente para indicar su objetivo o propósito, a no ser que cada uno de estos sean localizados y colocados de tal forma que su propósito se haga evidente.

Donde se apliquen interruptores automáticos de circuito o fusibles, en concordancia con las clasificaciones o capacidades de la combinación serie marcada en el equipo por el fabricante, la cubierta o el gabinete del equipo, deberá estar legiblemente marcada en el sitio de operación para indicar que éste ha sido utilizado con una capacidad o régimen de servicio de la combinación serie. Los rótulos deben ser fácilmente visibles e indicar "Aviso - Para utilizar como sistema en cascada. Corriente disponible ___A. Se requiere que las piezas de repuesto estén identificadas".

NOTA.- Véase en el artículo 240-83.c) para capacidad de interrupción nominal de los equipos de utilización.

B. Requisitos para instalaciones eléctricas de más de 600 V nominales

110-30. Generalidades.- Los conductores y equipos usados en circuitos de más de 600 V nominales deben cumplir todas las disposiciones aplicables de los anteriores artículos de la sección y de los siguientes artículos, que complementan o modifican a las anteriores. En ningún caso se aplicarán las disposiciones de esta parte a equipos situados del lado de alimentación del punto de acometida.

110-31. Encerramiento de las instalaciones eléctricas.- Las instalaciones eléctricas en cuartos, habitaciones o armarios o en una zona rodeada por una pared, pantalla o cerca, cuyo acceso esté controlado por cerradura y llave u otro medio aprobado, se consideraran accesibles únicamente a personas calificadas. El tipo de encerramiento utilizado en un caso dado se debe destinar y construir según la naturaleza y grado del riesgo o riesgos inherentes a la instalación. Para instalaciones distintas de los equipos descritos en el Artículo 110-31.c) se debe utilizar una pared pantalla o cerca que rodee una instalación eléctrica exterior para disuadir de su acceso a personas no calificadas. La cerca no será de menos de 2,10 m de altura o una combinación de cerca fabricada de 1,80 m o más con una prolongación de 30 cm o más con tres o más líneas de alambre de púas o equivalente.

NOTA.- Para los requisitos de construcción de las bóvedas para transformadores, véase la Sección 450.

a) Instalaciones interiores.

1) En lugares accesibles a personas no calificadas.- Las instalaciones eléctricas interiores que estén abiertas a personas no calificadas deben estar hechas con equipos en encerramientos metálicos o deben estar encerradas en un cuarto o una zona cuyo acceso esté controlado por una cerradura. Se deben rotular con los símbolos de precaución adecuados: los tableros en armarios metálicos, las subestaciones, transformadores, cajas de desconexión, cajas de conexión y otros equipos similares. Las aberturas de ventilación de transformadores de tipo seco o aberturas similares en otros equipos deben estar diseñadas de manera que los objetos extraños que penetren a través de esas aberturas se desvíen de las partes energizadas.

2) En lugares accesibles solo a personas calificadas.- Las instalaciones eléctricas interiores consideradas accesibles sólo a personas calificadas, según este numeral, deben cumplir lo establecido en los Artículos 110-34, 710-32 y 710-33.

b) Instalaciones exteriores

1) En lugares accesibles a personas no calificadas.- Las instalaciones eléctricas exteriores que estén al alcance de personas no calificadas deben cumplir la Sección 6.5.

NOTA.- Respecto a la distancia de los conductores en instalaciones de más de 600 V nominales, véase National Electrical Safety Code, ANSI C2-1997.

2) En lugares accesibles solo a personas calificadas.- Las instalaciones eléctricas exteriores consideradas accesibles sólo a personas calificadas, según el primer párrafo de este numeral, deben cumplir lo establecido en los artículos 110-34, 710-32 y 710-33.

Anexo 9: Cargas actúales en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Equipo	Carga
Fresa universal	5 hp
Taladro fresador Morgon	1hp
Torno paralelo Yuci	8hp
Torno paralelo inter américa	7 hp
Sierra sin fin	2hp
Rectificadora de superficie	1hp
Módulos didácticos	7hp

Fuente: Los autores



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica