



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON

DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA Y
BAJA TENSIÓN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO
AREA: ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA

PRESENTA:
LUIS MIGUEL HERNÁNDEZ NAVARRETE

ASESOR: ING. VERDE CRUZ ABEL



FES Aragón

CIUDAD NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO
DE MÉXICO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A mis hijos

Porque su presencia ha sido y será siempre el motivo más grande que me ha impulsado para logara esta meta.

A mi esposa

Por su apoyo incondicional, comprensión y tolerancia mostrada a lo largo de este camino.

“GRACIAS”

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de México, en especial a la Facultad de Estudios Superiores Aragón por brindarme la oportunidad de estudiar en sus aulas, de aprender y prepararme para la vida profesional.

A todos los profesores que influyeron directa e indirectamente en mi formación como ingeniero.

A mis amigos que se convirtieron en parte de mi familia

Al Ing.” Ángel Cantor Cuevas” por brindarme todo el apoyo y la oportunidad de estudiar mientras trabajaba en su empresa

“GRACIAS”

Objetivo.....	1
Introducción.....	2
CAPITULO 1.Componentes de una acometida en media tensión.....	3
1.1 Transición área-subterránea.....	4
1.2 Elementos de una instalación eléctrica en media tensión (transición de línea área-subterránea).....	6
1.3 Definición y características de los elementos de una transición área-subterránea.....	7
1.4 Breve historia del transformador tipo pedestal.....	22
1.5 Clasificación de transformadores tipo pedestal.....	23
1.6 Características constructivas de los transformadores tipo pedestal.....	24
1.7 Componentes básicos de los transformadores tipo pedestal.....	25
CAPITULO 2. Cálculo y diseño de una acometida en media tensión.....	30
2.1 Proyecto eléctrico.....	31
2.2 Requerimientos del proyecto.....	32
2.3 Datos y necesidades del proyecto.....	36
2.4 Cálculo y selección del transformador tipo pedestal.....	37
2.5 Cálculo y selección del conductor de potencia para la acometida Subterránea.....	40
2.6 Protección en líneas de transmisión.....	44
2.7 Cálculo del apartarrayos.....	45
2.8 Cálculo del listón fusible para el corta circuitos CCF (canillas).....	46
2.9 Calculo de la corriente de corto circuito.....	48
2.10 Calculo del conductor para el sistema de tierras.....	54
2.11Cálculo del interruptor principal en baja tensión	56
CAPITULO 3. Generalidades de las instalaciones eléctricas en baja tensión.....	59
3.1 El concepto de instalación eléctrica.....	60
3.2 Clasificación de las instalaciones eléctricas.....	60
3.3 Elementos de una instalación eléctrica en baja tensión.....	61
3.4 Materiales utilizados en las instalaciones eléctricas en baja tensión.....	64
3.4.1 Conductores.....	64

3.4.2	Canalizaciones (tubos).....	65
3.4.3	Soportería para tubos.....	73
3.4.4	Tableros de distribución.....	74
3.4.5	Interruptores generales o principales.....	75
3.4.6	Interruptores termomagnéticos derivados.....	76
3.4.7	Cajas de conexiones.....	77
3.4.8	Accesorios.....	78
CAPITULO 4. Cálculo y diseño de una instalación eléctrica en baja tensión bajo la NOM-001-SEDE-2012.....		80
4.1	Caso práctico.....	81
4.2	Calculo del conductor para el alimentador general.....	81
4.3	Factores de corrección por temperatura y agrupamiento.....	82
4.4	Selección del conductor aislado para el alimentador general(transformador a interruptor general).....	85
4.5	Selección del conductor de puesta a tierra para el alimentador general (transformador a interruptor general).....	86
4.6	Selección del tablero general de distribución tipo I LINE.....	87
4.7	Alimentadores sub generales.....	88
4.8	Calculo del conductor sub general hacia tablero 1.....	88
4.9	Calculo del conductor sub general hacia tablero 2.....	89
4.10	Calculo del conductor sub general hacia tablero 3.....	90
4.10.1	Calculo del regulador.....	91
4.11	Selección de protecciones para tableros 1,2 y 3.....	92
4.12	Calculo de la caída de tensión para los sub alimentadores de los tableros 1,2 y 3.....	93
4.13	Diagrama unifilar.....	95
Conclusión.....		97
Bibliografía.....		98

Objetivo

Diseñar las instalaciones eléctricas en baja y media tensión para la ampliación de un edificio de un instituto tecnológico de educación superior con base en los requerimientos del cliente y en cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM-001-SEDE-2012) utilización, mediante el cálculo para la correcta selección de equipos y accesorios electromecánicos adecuados para el óptimo funcionamiento de la instalación de tal manera que estas instalaciones sean confiables, eficientes pero sobre todo brinden seguridad a los usuarios.

Introducción

En la actualidad los proyectos para acometidas en media tensión se están desarrollando por todo el país bajo las más avanzadas técnicas de lineamientos de construcción, en donde se destacan las ventajas que presentan las transiciones de acometidas aéreas a subterráneas, este tipo de instalaciones brinda confiabilidad en el suministro, facilidad en la operación y mantenimiento, así como la ausencia de contaminación visual a diferencia de las acometidas aéreas.

La ley del servicio público de energía eléctrica y su reglamento, contemplan la posibilidad de realizar proyectos y obras eléctricas de fraccionamientos, unidades habitacionales, centros comerciales y parques industriales por el solicitante del servicio de energía eléctrica.

En los capítulos siguientes se describirán las partes que conforman una acometida eléctrica en media tensión con una transición aérea-subterránea con el equipamiento necesario para cumplir con los requerimientos para recibir una acometida del suministro de energía eléctrica y así evitar contratiempos o modificaciones en las instalaciones del usuario, se detalla cómo se realizan los cálculos y las bases de diseño para las protecciones y elementos de potencia para una subestación eléctrica, así como también se describen los componentes básicos de una instalación eléctrica en baja tensión y los cálculos necesarios para la selección adecuada de los componentes electromecánicos y de protección para el diseño de una instalación eléctrica en baja tensión.

Capítulo 1

COMPONENTES DE UNA ACOMETIDA EN MEDIA TENSION

- 1.1 Transición área-subterránea
- 1.2 Elementos de una instalación eléctrica en media tensión (transición de línea área-subterránea)
- 1.3 Definición y características de los elementos de una transición área-subterránea
- 1.4 Breve historia del transformador tipo pedestal
- 1.5 Clasificación de transformadores tipo pedestal
- 1.6 Características constructivas de los transformadores tipo pedestal
- 1.7 Componentes básicos de los transformadores tipo pedestal

1.1 Transición aérea – subterránea

Se denomina transición al punto de la línea de transmisión en donde ocurre el cambio de un sistema aéreo (cable desnudo) a uno subterráneo (cable aislado de potencia) o viceversa.

Esto se realiza típicamente por propósitos estéticos, normalmente en el entorno urbano, pero también puede tener el propósito adicional de hacer las líneas de energía menos susceptibles a las interrupciones durante las tormentas o vientos fuertes. Hacer una línea subterránea puede aumentar los costes iniciales de transmisión de energía eléctrica y de distribución, pero puede disminuir los costes operativos durante la vida útil de la infraestructura.

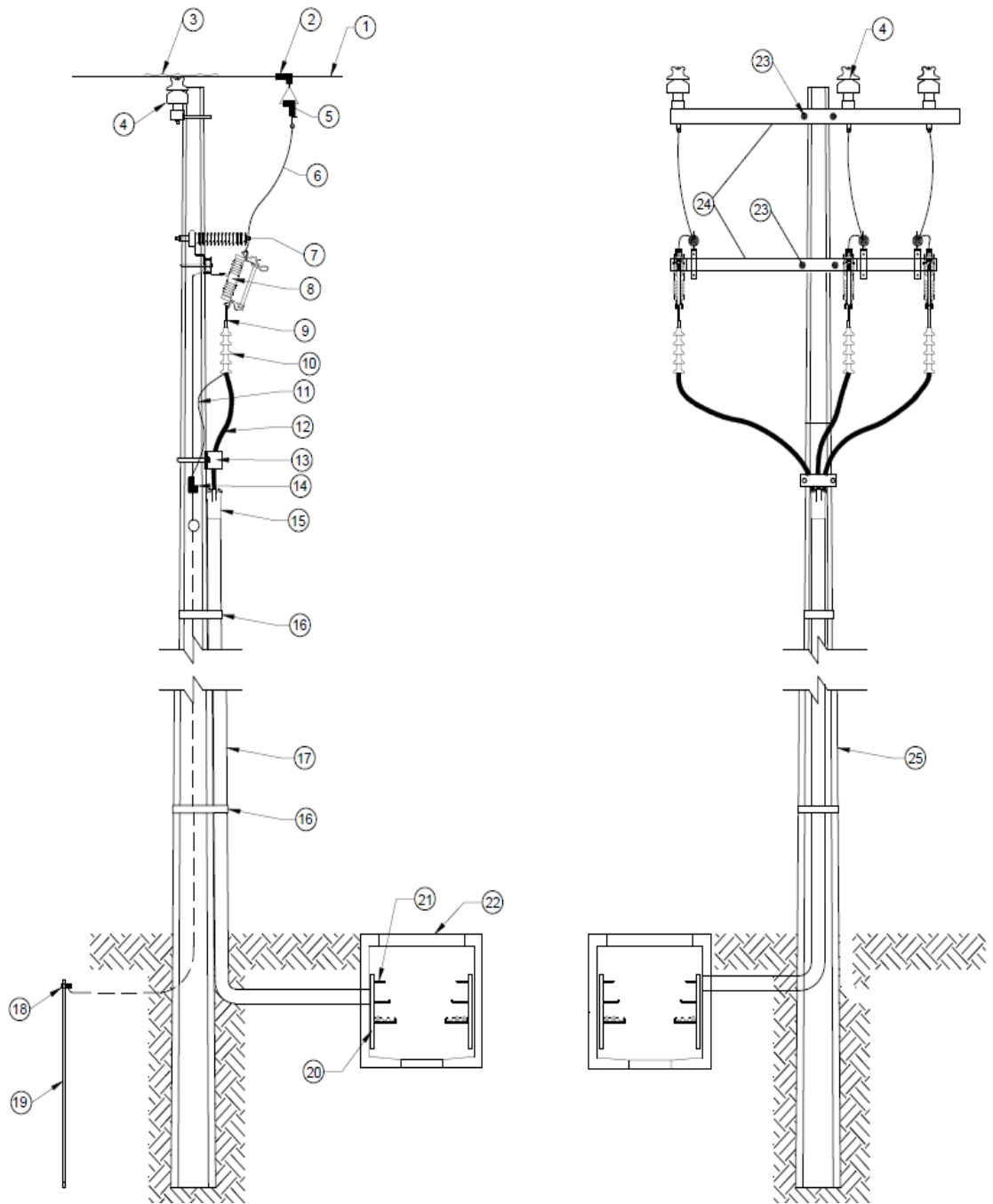


Figura 1.1 Elementos de una transición aérea – subterránea

1.2 Elementos de una instalación eléctrica en media tensión (transición de línea aérea a subterránea)

En la figura 1.1 se muestran los elementos que se involucran en una transición aérea – subterránea los cuales vamos a enumerar a continuación

- 1 Cable tipo ACSR
- 2 Conector para línea viva tipo estribo
- 3 Amarre de aluminio suave
- 4 Aislador de porcelana tipo 22 PC
- 5 Conector para línea viva tipo perico
- 6 Alambre de cobre desnudo suave calibre 4
- 7 Apartarrayos de 21 kv para transición de polímero
- 8 Corta circuito fusible CCF
- 9 Conector tipo bayoneta calibre 1/0
- 10 Terminal contráctil en frio para 25 kv calibre 1/0 para exterior
- 11 Cable de cobre desnudo calibre 12
- 12 Cable de energía xlp de aluminio para 25 kv calibre 1/0
- 13 Abrazadera de neopreno para cable xlp
- 14 Conector derivador para cable calibre 1/0
- 15 Sello termo contráctil tipo bota
- 16 Fleje de acero inoxidable de 1/2"
- 17 Tubo pad de 4" de diámetro color negro con protección uv
- 18 Soldadura exotérmica
- 19 Varilla coperweld de 5/8" y 3.05 mts de longitud
- 20 Corredera galvanizada de 60 cm
- 21 Ménsula galvanizada de 25 cm
- 22 Registro de concreto
- 23 Abrazadera tipo UC
- 24 Cruceta tipo PT200
- 25 Poste de concreto PCR 13-600

1.3 Definición y características de los elementos de una transición área-subterránea

- **Cable de aluminio desnudo con alma de acero ASCR**

Descripción

Los cables tipo ACSR (Aluminum Conductors Steel Reinforced), están formados a partir de aluminio obtenido por refinación electrolítica con pureza del 99,5 % todos los cables están formados por hilos de temple duro, cableados concéntricamente sobre un cable de acero galvanizado.

Características

- Alta resistencia a la tensión, debido al núcleo de acero galvanizado. Bajo peso y alta capacidad de corriente, larga vida, mayor claro inter postal y bajo mantenimiento.

Aplicación

Los conductores tipo ACSR son utilizados como líneas de transmisión en altos voltajes a grandes distancias, y líneas de distribución en circuitos de alta y baja tensión en áreas urbanas y rurales, así como alimentación general a empresas y subestaciones, con una mayor distancia inter postal.



Figura 1.2 Cable de aluminio desnudo con alma de acero ACSR

- **Conector para línea viva tipo estribo**

Descripción

Conector derivador de compresión, tipo estribo con cuerpo de aluminio y estribo de cobre

Características

- Conectores fabricados bajo el proceso de molde permanente
- Conectores fabricados de aluminio (cuerpo), cobre(estribo)
- Con derivación a conector de línea viva
- Con recepción de los principales calibres de mercado de conductor en línea principal
- Permite aplicaciones con conductores de aluminio ACSR
- Alta resistencia mecánica
- Pre llenado con compuesto penetrox
- Permite realizar la derivación sin daños a los conductores de aluminio

Aplicación

Las aplicaciones para este conector de línea viva, es principalmente para hacer derivaciones de una línea principal sin dañar el conductor de aluminio, este conector queda sujeto a la línea principal de manera permanente.



Figura 1.3 Conector para línea viva tipo estribo

- **Amarre de aluminio suave**

Descripción

Fabricados a partir de aluminio, obtenido por refinación electrolítica con pureza de 99,5 %, conductividad mínima del temple suave 61,8 %; conductividad mínima de temple duro 61,2 %, como conductividad de referencia a la del cobre a 20°C (IACS) "International Annealed Copper Standard".

Características

- Alambre temple suave; bajo peso, excelente conductividad eléctrica, alta flexibilidad.
- Alambre temple duro; bajo peso, buena conductividad eléctrica, alta resistencia mecánica. Resistividad volumétrica a 20°C en ($\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$) suave 0, 027 899; duro 0, 028 264.

Voltaje máximo de operación

De acuerdo a las necesidades del usuario y aislador soporte.

Temperatura máxima de operación

Para líneas aéreas 75°C en su diseño.

Aplicación

Aluminio suave: Amarres en líneas aéreas de alta y baja tensión.

Aluminio duro: Líneas de baja tensión de distancia corta

Rango de fabricación

Calibres del 16 awg al 2 awg



Figura 1.4 Cable para amarre de aluminio suave

- **Aislador de porcelana tipo línea-poste pc22**

Especificaciones generales

Es un aislador formado por una pieza de porcelana unida con una base metálica, formando un ensamble rígido con el cual se forma un conjunto desmontable.

Uso

Aislar conductores eléctricos en líneas aéreas de redes de distribución en zonas de alta incidencia de descargas atmosféricas



Figura 1.5 Aislador tipo línea poste PC22

- **Conector para línea viva tipo perico**

Descripción

Conectador derivador para línea viva de aleación de cobre estañado para líneas aéreas

Características

- Fabricación bajo el proceso de molde permanente
- Conector con aleación de cobre (bronce) estañado
- Capaz de conectar conductores de aluminio o cobre (bimetálico)
- Tornillo en la derivación de acero inoxidable
- Alta resistencia mecánica
- Excelente conductividad

- Cuerpo compacto

Aplicaciones

Las aplicaciones para este conector de línea viva, será para conectar el cable de cobre proveniente de los apartarrayos al conector tipo estribo, por medio de este conector llamado perico.



Figura 1.6 Conector para línea viva tipo perico

- **Alambre de cobre desnudo calibre 4**

Descripción

Alambre de cobre desnudo en temple duro, semiduro o suave.

Características

- El material de los alambres es cobre de alta pureza con un contenido de 99,9% de cobre.
- Temple duro, semiduro o suave dependiendo de las aplicaciones.
- Por su alta conductividad eléctrica el cobre es el metal ideal para las instalaciones eléctricas.

- Los conductores de cobre son resistentes a la corrosión.
- Los alambres de cobre ofrecen una gran resistencia mecánica.

Aplicaciones

Las aplicaciones de este conductor, en el caso de la transición son para conectar los apartarrayos al conector tipo estribo

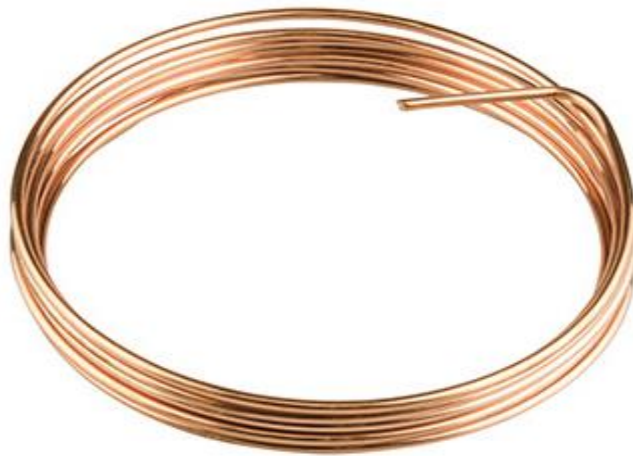


Figura 1.7 Alambre de cobre desnudo

- **Apartarrayos**

Se denominan en general apartarrayos a los dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas, que en otro caso se descargarían sobre aisladores o perforarían el aislamiento. Ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico.

Para su correcto funcionamiento, los apartarrayos se encuentran permanentemente conectados entre la línea y la tierra, y se han de elegir con unas características tales que sean capaces de actuar antes de que el valor de la sobre tensión alcance los valores de

tensión del aislamiento de los elementos a proteger a esto se le conoce como coordinación de aislamiento.



Figura 1.8 Apartarrayo de polímero

- **Corta circuito fusible CCF**

Son dispositivos que sirven para proteger los equipos instalados en líneas aéreas de distribución, mediante el uso de un listón fusible colocado dentro del porta fusible, el cual se funde al producirse una sobre corriente liberando la falla y protegiendo así al sistema.

Los tubos porta fusibles (canillas) son intercambiables entre diferentes marcas de corta circuitos para una misma tensión.

La especificación aplicable de CFE para todos los corta circuitos es la NRF-029.



Figura 1.9 Corta circuito tipo C

- **Terminal contráctil en frío (cono de alivio)**

Las terminales contráctiles en frío han sido especialmente diseñadas para usos de 15 a 35 kv, con aislamientos XLPE o EPR para sistemas de potencia y de distribución subterránea. Estas unidades permiten la correcta transición y conexión del sistema con conductores aéreos desnudos y equipo vivo a sistemas de cableado subterráneo.

Las aplicaciones incluyen instalaciones en interiores, exteriores, aéreas, en base de concreto y otras instalaciones "livefront" (frente vivo) expuestas al clima. Los diseños emplean material avanzado de hule siliconado sellado a la intemperie y resistencia a ambientes contaminados asegurando con esto un apropiado desempeño en las más severas condiciones.



Figura 1.10 Terminal contráctil en frío (cono de alivio)

- **Cable de potencia xlp**

Descripción general

Cable monoconductor formado por un conductor de cobre suave o aluminio duro con elementos bloqueadores de humedad, con pantalla semiconductora sobre el conductor y aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), pantalla sobre el aislamiento extruida, pantalla metálica a base de alambres de cobre y cubierta de poli cloruro de vinilo altamente deslizable (PVC-RAD).

Especificaciones

CFE E1000-16 Cables de potencia mono polares de 5 kv a 35 kv.

Principales aplicaciones

- Redes subterráneas de distribución primaria en zonas comerciales donde la densidad de carga es muy elevada.

- Alimentación y distribución primaria de energía eléctrica en plantas industriales en general.
- Redes de distribución primaria en zonas residenciales.
- En la alimentación y distribución de energía eléctrica en edificios con subestaciones localizadas en varios niveles.
- Puede instalarse en conduit y ducto.

Características

- Tensión máxima de operación: 5 000, 15 000, 25 000 o 35 000 V.
- Niveles de aislamiento de 100% y 133% (categorías I y II respectivamente)
- Temperatura máxima de operación normal: 90°C.
- Temperatura máxima de operación en emergencia: 130°C.
- Temperatura máxima de operación en corto circuito: 250°C.

Ventajas

- Su pantalla metálica permite hacer las conexiones a tierra lo cual mejora las condiciones de seguridad del personal durante la operación del cable.
- Confina y uniformiza el campo electrostático.
- Permite operar equipos de protección contra fallas eléctricas.
- La cubierta le proporciona protección adicional contra malos tratos durante la instalación y operación del cable.
- Su cubierta anti flama, es resistente a la intemperie, luz solar y agentes químicos.
- Cuentan con una cubierta exterior formulada para que el cable pueda deslizarse fácilmente (altamente deslizable) durante su proceso de instalación de ductos de polietileno o de PVC.
- Puede instalarse directamente enterrado.
- Excelentes características eléctricas y mecánicas.



Figura 1.11 Cable de potencia xlp

- **Sello termo contráctil tipo bota**

Descripción general

La familia de botas termo contráctiles SHB, están hechas de poliolefina de cadena cruzada de pared gruesa, las paredes internas están provistas de adhesivo tipo hotmelt, el cual, reacciona con el calor fluyendo y permitiendo un sello hermético.

Las botas están constituidas por un cuerpo principal integrando 3 piernas para salidas de fases.

Aplicaciones

- Como sello hermético entre tubería y conductores en baja y media tensión.
- Evita la humedad así como la penetración de objetos extraños y animales.
- Para sello de cables de potencia en transiciones de línea aérea a subterránea.
- También son utilizadas como protección mecánica y ambiental en cables tripolares en baja tensión.



Figura 1.12 Bota termo contráctil

- **Tubo pad corrugado (polietileno de alta densidad)**

Aplicaciones

Tubería para uso en instalaciones eléctricas de cableado subterráneo así como tubo para uso en instalaciones eléctricas de transición de cableado subterráneo a terrestre.

Características

- Disponible en diámetros de 50 a 250mm (2” a 10 “).
- Fabricado con Polietileno de Alta Densidad, resistente al maltrato involuntario y con capacidad de absorber golpes e impactos sin presentar fracturas. El tubo rojo cuenta con una garantía de resistencia a la intemperie de 12 meses y el tubo negro con una garantía de vida útil de 10 años de exposición a la intemperie.
- Diseño de junta con espiga – campana con empaque elastomérico.

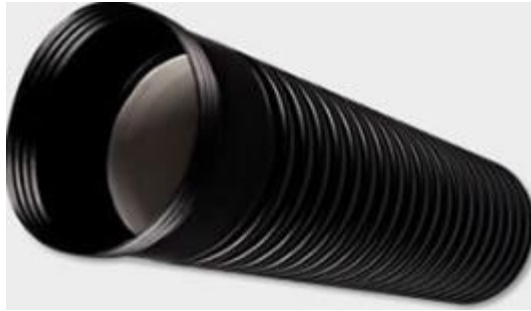


Figura 1.13 Tubo pad negro

- **Cruceta tipo pt 200**

Fabricada en Perfil tubular sección 102X51X1.9mm x 2000mm de longitud, con placa refuerzo de 254x100x6.4mm y dado de solera de 100mm x96x4.8, acabada galvanizada por inmersión en caliente de acuerdo a Norma NMX-H-04-2008.

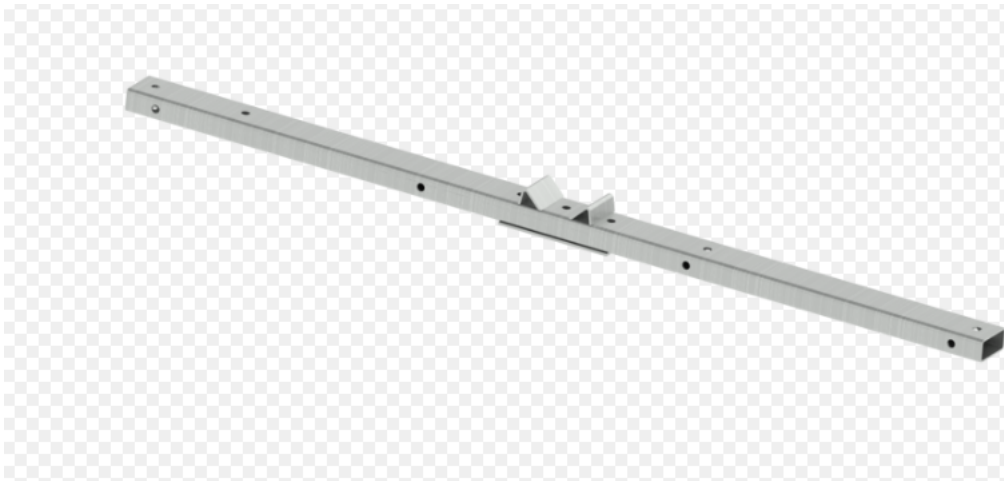


Figura 1.14 Cruceta tipo PT 200

- **Codo de operación con carga**

Descripción general

El conector tipo codo de operación con carga es una terminación desconectable totalmente sellada, para la conexión de cable subterráneo a transformadores, gabinetes de seccionamiento y cajas derivadoras equipados con boquillas de operación con carga.

El conector tipo codo y la boquilla tipo inserto son los componentes esenciales para todas las conexiones de operación con carga. El conector tipo codo es un dispositivo para operación con 200 Amp. Los codos de operación con carga son moldeados con caucho EPDM aislante y semiconductor, curado con peróxido, de alta calidad.

Las características estándar incluyen un conector con punta de cobre, un electrodo de cobre estañado para operación con carga con una punta de arqueo, y un anillo de operación de acero inoxidable. Un punto de prueba capacitivo, hecho con polímero resistente a la corrosión, está disponible para su uso con indicadores de falla.



Figura 1.15 Codo de operación con carga

- **Transformador tipo pedestal**

Los transformadores de distribución tipo pedestal tanto monofásico como trifásico son utilizados en las redes de distribución subterránea ya sea para alimentación en anillo o radial.

Son diseñados para ser operados a la intemperie y se montan generalmente en un pedestal de concreto, cuentan con un gabinete cerrado a prueba de vandalismo en el cual se incluyen las terminales de conexión y los accesorios.

Estos transformadores son instalados en lugares donde la seguridad, apariencia y continuidad del servicio son un factor importante, tales como: fraccionamientos residenciales, zonas urbanas, desarrollos turísticos, centros comerciales, hoteles, hospitales, edificios de oficinas y pequeñas industrias entre otras aplicaciones.

Para el ingeniero que proyecta sistemas de distribución de energía eléctrica, las desventajas que presentan los sistemas de tipo aéreo respecto del sistema de distribución subterránea son las siguientes:

1. Áreas congestionadas por cables, postes, transformadores, etcétera, que afectan considerablemente la apariencia, haciéndola desagradable a la vista.
2. Según estudios realizados, se ha visto que cerca de 70 por ciento de las fallas en estos sistemas se deben a descargas atmosféricas, daños por lluvias, vientos, caída de árboles, accidentes, etcétera.
3. Peligros potenciales de electrocución a peatones.

Por lo tanto, siempre ha existido la preocupación por utilizar la distribución subterránea, las cuales nos ofrecen estas siguientes ventajas:

1. Mejor apariencia
2. Servicio más confiable y seguro (el índice de fallas respecto del sistema aéreo es muy reducida en operación)
3. Mayor vida útil

Entre las desventajas se pueden mencionar:

1. Mayor costo inicial respecto del sistema aéreo
2. Más tiempo y costo por reparación (aunque menos frecuente)
3. Se crean nuevos problemas, como la corrosión y el enfriamiento de los transformadores, etcétera

La tecnología que se ha desarrollado en este tipo de transformadores está basada en lo siguiente:

- Utilización del aluminio grado eléctrico como conductor en forma de hoja en el lado de baja tensión.
- Desarrollo de materiales aislantes resistentes a la corrosión, como etileno, propileno, polietileno, etcétera.
- Desarrollo de elementos de conexión del tipo de frente muerto.
- Eliminación de encintados para utilizar terminales pre moldeadas.
- Desarrollo de elementos de seccionalización y protección.

De tal forma que los transformadores para distribución subterránea tienen las siguientes características de diseño y construcción:

1. Nuevo concepto de transformador combinado con accesorios de conexión, seccionalización y protección
2. Se considera importante que sea posible conectarlos al sistema con un mínimo de maniobras, y que dichas maniobras sean lo más sencillas posible
3. Es importante conseguir un alto grado de confiabilidad y seguridad en la operación

1.4 Breve historia del transformador tipo pedestal

A principios de la década de 1960, fue desarrollado un nuevo concepto de transformador, conocido como transformador de distribución tipo Pad Mounted, al cual se le denominó tipo pedestal en México.

En su forma preliminar, este transformador consistió básicamente de una unidad convencional equipada con un gabinete para protección externa, debido a que era de frente vivo, además de que era montado sobre una base de concreto; de ahí se deriva la denominación que se le otorga.

Este modelo primitivo fue sustituido por un transformador altamente especializado, que incorpora actualmente todo arreglo concebible de boquillas, accesorios, interruptores, fusibles, evolucionando del modelo inicial a una unidad de transformación eléctrica, auto protegida y de frente muerto.

1.5 Clasificación de transformadores tipo pedestal

Los transformadores tipo pedestal de distribución subterránea se clasifican:

1. Según el tipo de aislamiento de sus accesorios, en:

De frente muerto. Son aquellos que no tienen partes vivas expuestas en el compartimiento de media tensión, estando el transformador energizado

De frente vivo. Son aquellos que tienen partes vivas expuestas dentro del gabinete

2. En cuanto al sistema de alimentación:

Tipo radial

Tipo anillo, que permite alimentar a cada transformador desde dos puntos diferentes

Normas aplicables.

Las principales normas mexicanas y especificaciones aplicables al diseño y construcción de este tipo de transformadores son las siguientes:

NMX-J-285-ANCE Transformadores tipo pedestal monofásico y trifásico para distribución subterránea

CFE K0000-04 Transformadores monofásicos tipo pedestal para distribución residencial subterránea (DRS), de 25 a 100 kva, hasta clase 34.5 kv

CFE K0000-07 Transformadores trifásicos tipo pedestal para distribución comercial subterránea (DCS), de 300 y 500 kva, hasta clase 34.5 kv

CFE K0000-08 Transformadores trifásicos tipo pedestal para distribución residencial subterránea (DRS), de 75 a 225 kva, hasta clase 34.5 kv

Tipos de conexiones

1. Para transformadores monofásicos:

La conexión preferente en media tensión es con la terminal H1 conectada a la línea y la terminal H2 conectada directamente a tierra; a esta conexión se le denomina, comúnmente, YT.

La conexión preferente en baja tensión es la de tres hilos; su nomenclatura es 240/120 V

2. Para transformadores trifásicos:

Se tiene disponibilidad de conexión delta en el primario y estrella aterrizada en el secundario.

La conexión preferente, tanto en media como en baja tensión, es la de estrella-estrella aterrizada, la cual nos ayuda a evitar las posibles sobretensiones por ferorresonancia.

1.6 Características constructivas de los transformadores tipo pedestal

Es el conjunto formado por un transformador integrado a un gabinete cerrado, el cual incluye accesorios de protección y seccionalización además de terminales para conectarse en sistemas de distribución subterránea. Este conjunto está destinado para ser montado en un pedestal y operar a la intemperie.

La característica de estos transformadores es que todos sus accesorios se colocan en la pared frontal del tanque, generalmente del lado izquierdo los componentes de media tensión y del lado derecho los componentes de baja, así como los indicadores de nivel, termómetro y placa de datos, entre otros. En los transformadores trifásicos se coloca una barrera aislante que divide la sección de media tensión con la de baja tensión.

Sobre el lado donde se colocan los accesorios, se monta un gabinete que además de dar protección, permite dar una buena apariencia al transformador. El diseño del gabinete está previsto de tal forma que primero se tiene acceso a la sección de baja tensión, en donde se tiene el seguro que impide el acceso directo a la sección de media tensión.

En la parte inferior del gabinete se dispone de un área de dimensiones adecuadas para permitir la entrada y salida de los cables de alimentación.

En los transformadores trifásicos, además, se instala una tapa sobre el conjunto tanque-gabinete para respaldar los conceptos de protección y apariencia.

El acabado de estos transformadores es resistente a la intemperie y generalmente se recubren de pintura de color verde para que armonice en el lugar donde se instale.

1.7 Componentes básicos de los transformadores tipo pedestal

Los componentes básicos de los transformadores tipo pedestal se enumeran enseguida:

1. Núcleo
2. Bobinas
3. Tanque
4. Elementos de conexión
5. Elementos de seccionalización
6. Elementos de protección

✓ Núcleo

El material de los núcleos de transformadores tipo pedestal es acero al silicio de alta permeabilidad y bajas pérdidas, grado M-3, de 0.009” de espesor, con recubrimiento a base de compuestos inorgánicos. El núcleo que se utiliza en estos transformadores es de tipo enrollado, sus características principales son:

1. Solamente se tiene un entrehierro
2. Bajos valores de pérdidas y corriente de excitación
3. Bajo nivel de ruido
4. Proporciona mayor rigidez mecánica a las bobinas
5. En transformadores trifásicos, se utiliza el núcleo de 5 piernas, el cual ayuda a evitar problemas de ferorresonancia

✓ Bobinas

Las bobinas de B.T. son construidas con aluminio grado eléctrico, aleación 1350, con 62 % de IACS* mínimo, de sección adecuada para conservar un diferencial de temperatura bajo y lograr la eficiencia que especifican las normas.

El devanado es en forma de hoja o foil, con objeto de reducir los esfuerzos axiales a que son sujetas las bobinas en el caso de un cortocircuito.

Las bobinas de M.T. son construidas con alambre magneto de cobre electrolítico, con 100 % de IACS*, esmaltado con resina a base de poliéster amida-imida, con una clase térmica de 200 °C, compatible con el aceite del transformador.

Cada capa de los devanados de media y baja tensión está aislada con papel Kraft Insuldur, de clase térmica 120 °C, el cual estabiliza el aislamiento contra la oxidación y hace posible alcanzar temperaturas más altas. El papel Kraft Insuldur cuenta con elementos a base de resina epóxica en forma de diamante, que se funden y curan durante el proceso de horneado dado a las bobinas. En el proceso, el papel compacta los conductores entre capas y de esta manera crea una masa sólida para proporcionar a la bobina rigidez mecánica y soportar los esfuerzos electrodinámicos causados por un eventual cortocircuito. Una particularidad más de las bobinas es su capacidad de absorción de sobretensiones por transitorios y su baja impedancia, que permite obtener una buena regulación en los sistemas de distribución subterránea.

✓ Tanque

Éste contiene el ensamble núcleo-bobinas, accesorios de protección y seccionalización, y aceite del transformador. Se debe fabricar con placas de acero de alta calidad para lograr la resistencia mecánica que requiere el equipo y soportar los esfuerzos a que se someten los transformadores durante su manejo e instalación, así como a los esfuerzos eventuales de operación.

✓ Elementos de conexión

Boquillas de Media Tensión

Boquillas tipo pozo

Boquillas tipo inserto

Boquillas tipo perno

Las boquillas tipo pozo o similares son adecuadas para ensamblarse a un adaptador y a un codo conector, ensamblado directamente al cable de alimentación, obteniéndose así una estructura de frente muerto altamente confiable y segura, que facilita los trabajos de

inspección y mantenimiento. Estos ensambles pueden encontrarse en dos tipos: para desconexión y conexión con carga, y para conexión y desconexión sin carga.

Con el primer tipo, se puede conectar o desconectar el transformador al sistema en condiciones de carga, como en el caso de los transformadores monofásicos, en donde la seccionalización se efectúa con un inserto de operación con carga utilizando boquillas tipo pozo. En el segundo caso, se requiere de un seccionador para facilitar dichos trabajos.

✓ Boquillas de baja tensión

En los transformadores tipo pedestal (monofásico o trifásico), tipo sumergible trifásicos, se prefieren boquillas tipo espada con cuatro barrenos, según NEMA, para facilitar la alimentación a varios circuitos secundarios. Las características de las terminales de baja tensión están indicadas en la norma nacional NMX-J-285 para transformadores tipo pedestal monofásico y trifásico.

✓ Elementos de seccionalización

Existen dos tipos de seccionadores: el radial y el seccionador en anillo. Estos dispositivos facilitan las operaciones de inspección y mantenimiento, pues permiten aislar el transformador del sistema fácilmente, son de operación con carga sumergidos en el líquido aislante y se instalan en el interior del tanque del transformador. Su operación se realiza mediante una pértiga desde el exterior del transformador. Los seccionadores radiales son de dos posiciones y conectan o desconectan al transformador sin romper la continuidad del servicio de los demás transformadores de la red. Los seccionadores en anillo tienen la característica de facilitar la alimentación de los transformadores en los sistemas de distribución en anillo, ya que disponen de cuatro posiciones de operación:

Conexión por el lado izquierdo o línea A del transformador

Conexión por el lado derecho o línea B del transformador

Conexión por ambos lados o líneas A y B del transformador

Desconectado del sistema

✓ Elementos de protección

Las protecciones para los transformadores tipo pedestal son de diseño especial y son de dos tipos, según la función que desempeñan:

Para proteger al transformador del lado de la carga contra condiciones de sobrecarga o cortocircuito

Para proteger al sistema contra fallas internas del transformador

En el primer caso, se dispone de dos tipos de protección:

1. Interruptor de baja tensión. Éste puede ser de tipo térmico o termo magnético, dependiendo de la capacidad del transformador; cuenta con manija de operación desde el exterior y luz indicadora de operación que señala si el transformador está trabajando en condiciones anormales. Este interruptor tiene características de operación que son sensibles a las variaciones térmicas del transformador, creando una imagen térmica del valor de temperatura media de la bobina en cualquier momento, lo que le permite operar bajo una condición dada.

El elemento del tipo térmico es sensible a las corrientes de carga y a la temperatura del aceite; el elemento del tipo magnético detecta las corrientes de corto circuito en el secundario. También cuenta con un dispositivo de emergencia, el cual permite al transformador soportar cargas pico mayores en situaciones de emergencia.

2. Fusible de expulsión. Se le denomina así, pues durante la operación de interrupción, expulsa gases para extinguir el arco y debe de interrumpir la falla en un intervalo igual o menor que la duración del primer ciclo, aislando el sistema. Este fusible es de baja capacidad interruptora sumergido en aceite y puede ser del tipo bayoneta (removible desde el exterior), o de operación interior; instalado en el lado de media tensión, sus interrupciones nominales son de 3 mil 500 A simétricos a 8.3 kv; 2 mil 500 A simétricos a 15.5 kv, y 1 mil A simétricos a 23 kv.



Figura 1.16 Transformador de tipo pedestal

Capítulo 2

CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA ACOMETIDA EN MEDIA TENSION

- 2.1 Proyecto eléctrico
- 2.2 Requerimientos del proyecto
- 2.3 Datos y necesidades del proyecto
- 2.4 Cálculo y selección del transformador tipo pedestal
- 2.5 Cálculo y selección del conductor de potencia para la acometida subterránea
- 2.6 Protección en líneas de transmisión
- 2.7 Cálculo del apartarrayos
- 2.8 Cálculo del listón fusible para el corta circuitos CCF (canillas)
- 2.9 Calculo de la corriente de corto circuito
- 2.10 Calculo del conductor para el sistema de tierras
- 2.11 Cálculo del interruptor principal en baja tensión

2.1 Proyecto eléctrico

Toda instalación eléctrica debe de contar con un proyecto eléctrico (planos y memorias de cálculo). Los planos eléctricos varían ampliamente en su alcance, presentación y grado de detalle. Con frecuencia los planos de la industria son los más detallados que los planos para propósitos comerciales y estos últimos son más detallados que los residenciales. Algunos proyectos incluyen planos de control y de conexiones; otros muestran solamente la distribución de la potencia. Muchos proyectos para oficinas, plazas comerciales y residenciales no tienen calculada más que la carga de acometida y los detalles de instalación se resuelven en campo para cumplir con las necesidades del arrendatario o destino final del local.

El plano eléctrico más importante es el diagrama unifilar que identifica y suministra información sobre las dimensiones de los componentes principales del sistema eléctrico y muestra como la potencia es distribuida desde la fuente, habitualmente la acometida, hasta el equipo de utilización. Se representan equipos tales como tableros de distribución, equipos de conmutación, subestaciones, centros de control de motores, motores, equipos de emergencia, interruptores de transferencia, equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

También se ilustran acometidas, alimentadores y algunas canalizaciones de circuitos derivados y cables. El diagrama unifilar normalmente indica el tipo de canalización o cable y el tamaño comercial del mismo, el número de conductores, sus tamaños y cualquier otra información especial; además puede indicar el nivel de tensión, las capacidades de las barras conductoras, la corriente de interrupción, las capacidades nominales de fusibles o interruptores, la puesta a tierra del sistema, medidores, relevadores y cualquier otra información que ayude a identificar el sistema eléctrico. Un diagrama unifilar completo mostrara las acometidas, alimentadores, las cargas y equipos principales.

2.2 Requerimientos del proyecto

Las necesidades de este proyecto son las siguientes:

Se requiere suministrar de energía eléctrica a una ampliación del instituto tecnológico, para alimentar cargas de alumbrado, contactos y servicios en general.

Para lograr esto se requiere colocar una subestación secundaria, ya que el instituto cuenta con una subestación primaria receptora con una acometida en media tensión.

De la subestación receptora se alimenta un transformador existente de 300 kva con un primario de 23 kv y un secundario de 220/127 V, 3F, 4H, para poder instalar la subestación nueva se necesita hacer una derivación de este transformador para alimentar la subestación de la zona de ampliación.

Para poder hacer la derivación se necesita instalar una caja derivadora y desviar la conexión del transformador existente.



Figura 2.1 Caja derivadora con insertos de operación con carga de 25 kv para 200 Amp.

El propósito de estas cajas derivadoras es poder proporcionar un punto de conexión en una acometida subterránea en media tensión.

A continuación se muestra en la figura 2.2 un diagrama unifilar de la acometida existente en media tensión

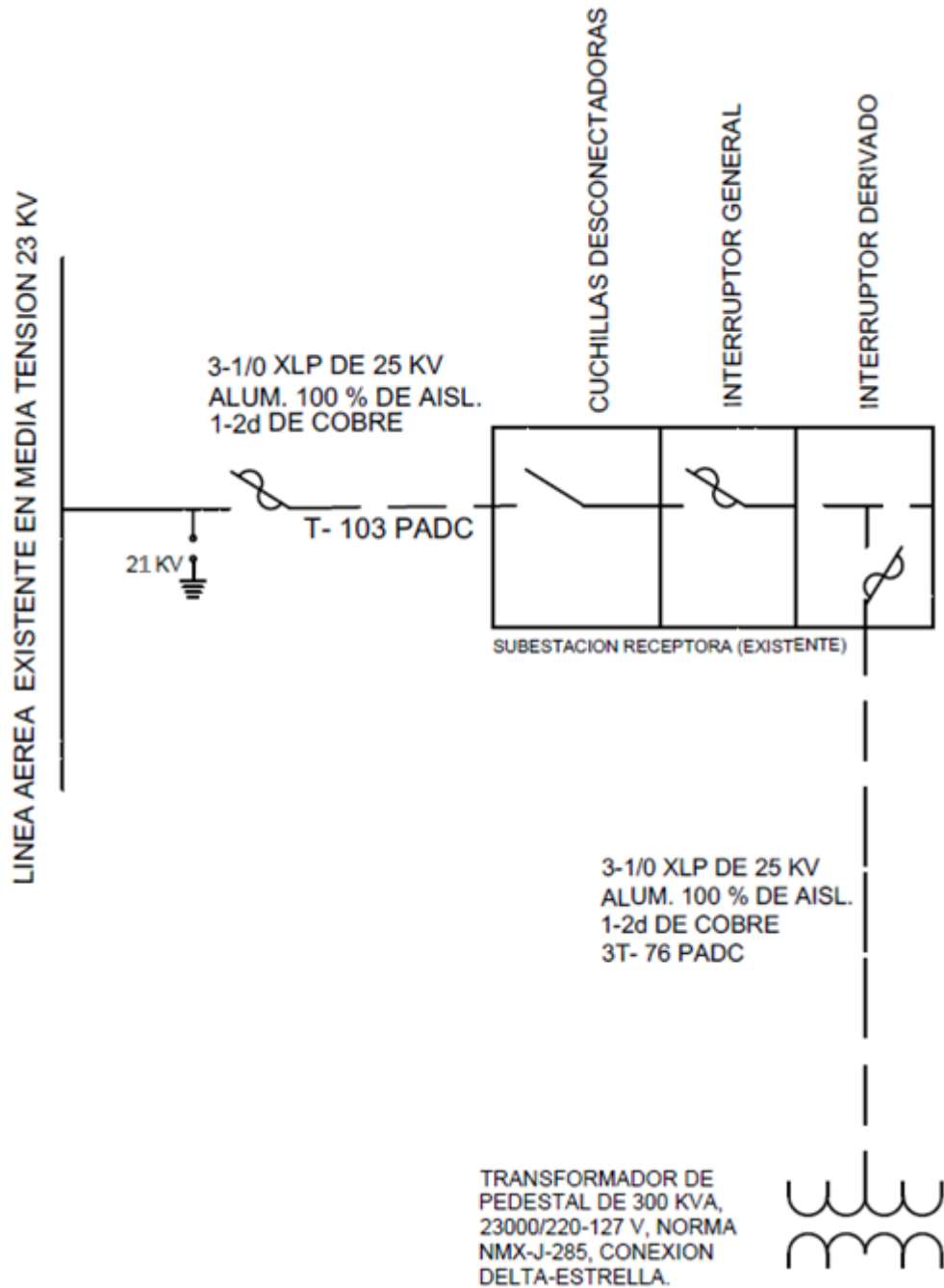


Figura 2.2 Diagrama unifilar general de acometida existente

Tal como se muestra en la figura 2.3 el transformador de 300 kva está conectado a la subestación receptora primaria por medio de 3 cables de potencia xlp con conductor de aluminio de calibre 1/0 y con 100% de aislamiento.

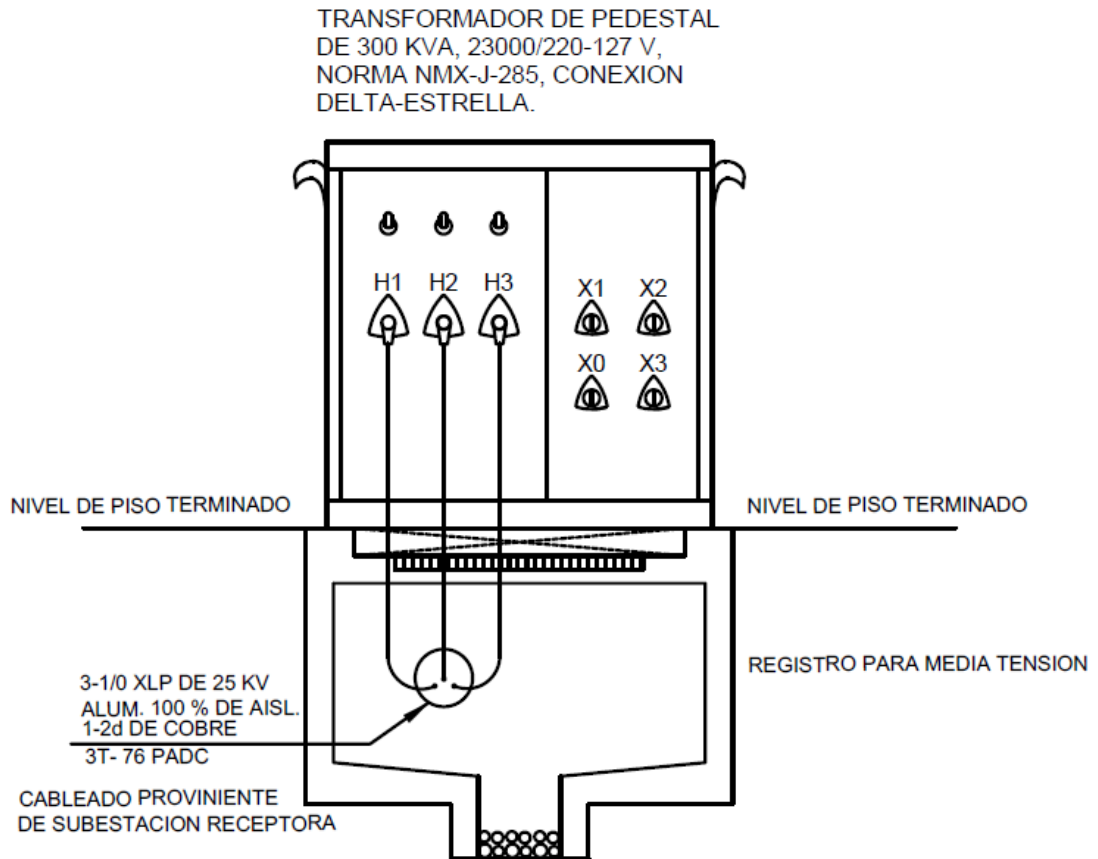


Figura 2.3 Detalle de conexión de transformador existente

En la figura 2.3 se muestra el detalle de la conexión del transformador existente de 300 kva, para lo cual se debe de modificar la trayectoria de su alimentación, para poder lograrlo se debe de colocar un conector múltiple o también llamada caja derivadora de 25 kv, 200 Amp., operación con carga de 4 vías, como se muestra en la siguiente figura:

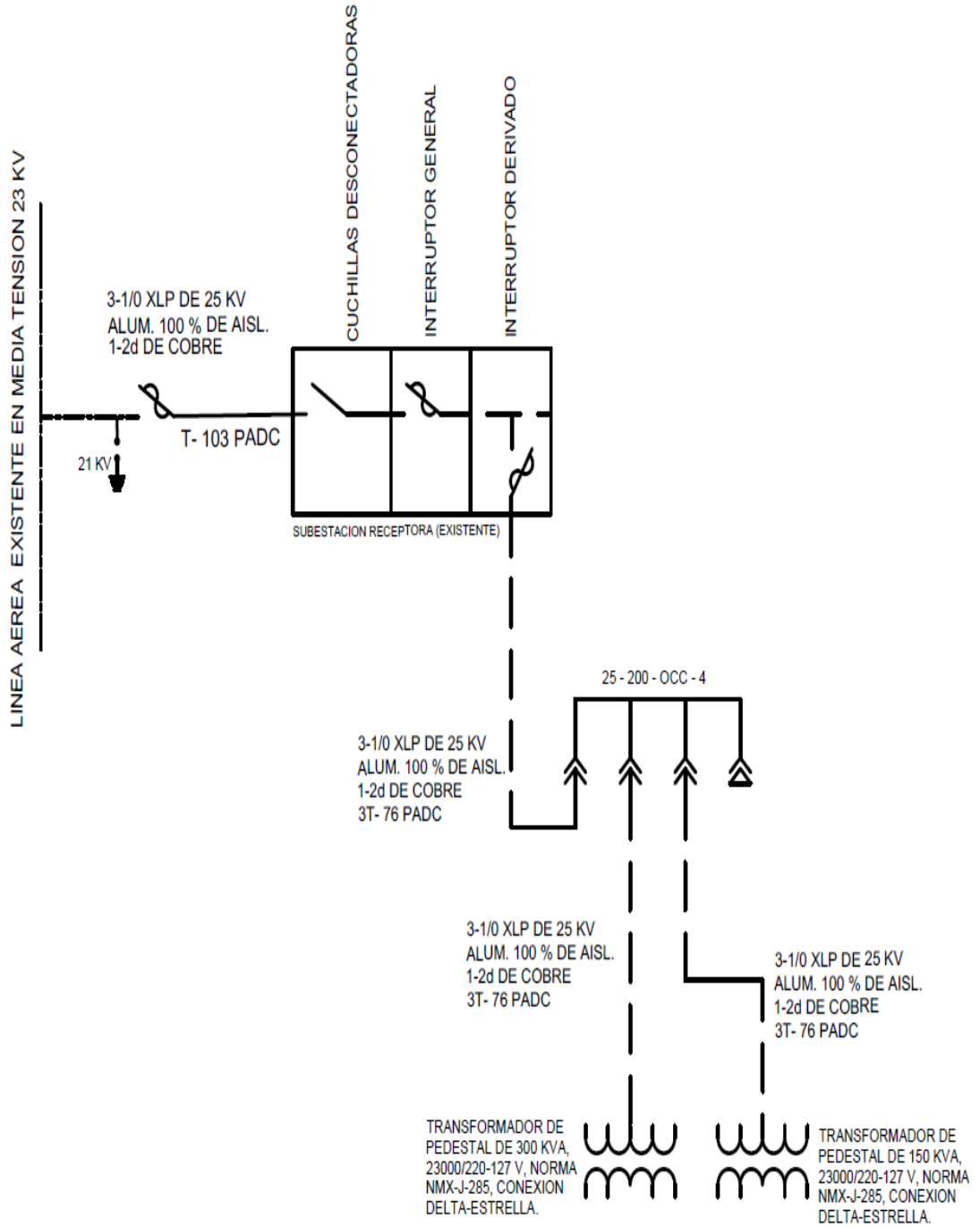


Figura 2.4 Diagrama unifilar con caja derivadora para conectar nuevo transformador

2.3 Datos y necesidades del proyecto

Carga total instalada en el edificio

Se tendrá una carga instalada de 98.700 kw con un factor de demanda del 80% repartida de la siguiente manera:

Para alumbrado será de 23.760 kw repartidos en la siguiente forma

202 luminarias con las siguientes especificaciones:

Luminaria fluorescente de suspender de 3 x 32watts, arranque instantáneo, con tubo T-8 de 4100°K, 3100 lúmenes, en gabinete de 122 x 60 cm, balastro electrónico de 3 x 32 watts, 127 volts, 1 fase 2 hilos, 60 Hertz (96 watts por cada luminaria)

84 luminarias de las siguientes especificaciones:

Luminaria fluorescente de empotrar de 2 x 26 watts, con 2 balastos electrónicos de 26 watts, 127 volts, 2 lámparas fluorescentes compactas de 26 watts blanco frio 4100°k.(52 watts por cada luminaria).

Haciendo referencia a lo que indica la norma oficial mexicana para instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2012 en su capítulo 2 artículo 220 sección 14(l) que menciona lo siguiente:

220-14. Otras cargas para todo tipo de construcciones. En todas las construcciones, la carga mínima de cada salida de contacto de uso general y salidas no utilizadas para alumbrado general, no debe ser menor a las calculadas en (a) hasta (l) siguientes, las cargas indicadas se basan en la tensión de los circuitos derivados:

a) Aparatos o cargas específicas. Una salida para un aparato específico u otra carga no incluida en 220-14 (b) hasta (l) se debe calcular con base en la corriente del aparato o carga conectada.

i) Salidas para contactos. Excepto como se establece en (j) y (k) siguientes, las salidas de contactos se deben considerar cuando menos de 180 voltamperes para cada contacto sencillo o múltiple instalado en el mismo yugo. Un contacto múltiple compuesto de cuatro o más contactos, se debe calcular con no menos de 90 voltamperes por cada contacto.

l) Otras salidas. Otras salidas no cubiertas en (a) hasta (k) de esta sección se deben calcular con base en 180 voltamperes por salida.

De acuerdo a lo anterior la carga para los contactos normales será de 22.320 kw repartida de la siguiente forma:

124 contactos monofásicos dúplex polarizados de 127 volts, 1 fase, 2 hilos, 15 Amp. (180 w cada uno) considerando un factor de potencia unitario.

La carga para motores trifásicos es de 33 kw y será repartida de la siguiente forma:

11 contactos trifásicos de media vuelta para motores instalados en tornos y fresadoras de 220 volts, 3 fases, 3 hilos, 20 Amp. (3000 watts cada uno)

Para contactos regulados será de 19.620 kw. Repartidos de la siguiente forma:

109 contactos monofásicos dúplex polarizados de 127 volts, 1 fase, 2 hilos, 15 Amp. (180 watts cada uno) considerando un factor de potencia unitario.

2.4 Cálculo y selección de transformador tipo pedestal

Para el cálculo del transformador tomaremos en cuenta los siguientes datos:

Alumbrado:

$$carga\ total = 202\ luminarias * 96\ watts\ (cada\ una) = 23,760\ watts$$

Contactos monofásicos normales:

$$carga\ total = 124\ contactos * 180\ watts\ (cada\ uno) = 22,320\ watts$$

Contactos trifásicos para motores:

$$carga\ total = 11\ contactos * 3000\ watts\ (cada\ uno) = 33,000\ watts$$

Contactos monofásicos regulados:

$$carga\ total = 109\ contactos * 180\ watts\ (cada\ uno) = 19,620\ watts$$

Carga de alumbrado 23.760 kw

Carga de contactos normales 22.320 kw

Carga de fuerza 33.00 kw

Carga de contactos regulados 19.620 kw

Carga total instalada 98.70 kw

Factor de demanda 80%

Factor de potencia del transformador de 0.8

Factor de crecimiento de 1.2%

Para calcular la carga demandada aplicaremos la siguiente formula:

$$carga\ demandada = carga\ total\ instalada\ kw (factor\ de\ demanda\ \%)$$

$$carga\ demandada = 98.70\ kw(0.80) = 78.96\ kw$$

$$carga\ demandada = 78.96\ kw$$

Para calcular la potencia del transformador aplicaremos la siguiente formula:

$$s = \frac{p}{f.p} * f.c.$$

Dónde:

S= Potencia aparente expresada en kva

P= Potencia real expresada en kw (carga demandada)

F.P.= Factor de potencia del sistema

F.C.= Factor de crecimiento expresado en %

$$s = \frac{78.96 \text{ kw}}{0.8} = 98.70 \text{ kva} * 1.2 = \mathbf{118.44 \text{ kva}}$$

Para la selección del transformador observamos las capacidades de los transformadores tipo PEDESTAL más comerciales en operación radial y tipo anillo para un voltaje de operación de 23 kv son los siguientes:

30 kva

45 kva

75 kva

112.5 kva

150 kva

225 kva

300 kva

500 kva

750 kva

1000 kva

1500 kva

2000 kva

De acuerdo a nuestro calculo, la potencia del transformador será de 150kva, con una alimentación en el primario de 23 kv y en el lado secundario de 220/127 volts con una conexión delta estrella tipo radial.

2.5 cálculo y selección del conductor de potencia para la acometida subterránea

Definición

Se considera como conductor para media tensión a todo aquel que tenga un aislamiento tal que le permita operar satisfactoriamente en condiciones de seguridad en tensiones superiores a las 1000 volts.

Seleccionaremos un conductor de aluminio con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XLP con un aislamiento al 100 %, en calibre 1/0. Ya que el calibre mínimo para distribución en media tensión es de calibre 1/0, de acuerdo a la norma (NOM-001-SEDE-2012)

Tensión nominal del conductor (volts)	Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre	
	Tamaño o designación			
	mm ²	AWG	mm ²	AWG
0-2 000	2.08	14	13.3	6
2 001-5 000	8.37	8	13.3	6
5 001-8 000	13.3	6	13.3	6
8 001-15 000	33.6	2	33.6	2
15 001-28 000	42.4	1	42.4	1
28 001-35 000	53.5	1/0	53.5	1/0

Figura 2.5 Tabla para selección de tamaño minino para conductores en media tensión

El conductor que seleccionamos soporta una corriente de 260 Amp. A una temperatura de 90° como lo muestra la siguiente tabla.

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310-104(c)]					
mm ₂	AWG o kcmil	Ampacidad para 2 001-5 000 volts		Ampacidad para 5 001-15 000 volts		Ampacidad para 15 001-35 000 volts	
		Temperatura de los conductores de media tensión en °C					
		90	105	90	105	90	105
8.37	8	83	93	—	—	—	—
13.3	6	110	120	110	125	—	—
21.2	4	145	160	150	165	—	—
33.6	2	190	215	195	215	—	—
42.4	1	225	250	225	250	225	250
53.5	1/0	260	290	260	290	260	290
67.4	2/0	300	330	300	335	300	330
85.0	3/0	345	385	345	385	345	380
107	4/0	400	445	400	445	395	445

Figura 2.6 Ampacidades de los conductores para media tensión

Para los circuitos de media tensión en condiciones normales de operación, el valor máximo de la caída de tensión no debe de exceder el 1% desde el punto de la transición hasta el punto de conexión del transformador.

Como hemos seleccionado un conductor calibre 1/0 ahora se tomaran los valores de resistencia, reactancia inductiva y reactancia capacitiva de este conductor para calcular la caída de tensión.

RESISTENCIA Y REACTANCIA INDUCTIVA PARA CABLES DS CON CONDUCTOR DE ALUMINIO				
Sección transversal mm ²	Resistencia a 90°C en C.A.	Reactancia inductiva en Ω/Km		
		1500V	25000V	35000V
33.6(2 AWG)	1.1	0.347		
53.5(1/0 AWG)	0.691	0.3267	0.3263	0.3262
67.5(2/0 AWG)	0.548	0.3181	0.3178	0.3176
85.0(3/0 AWG)	0.434	0.3095	0.3093	0.309

Figura 2.7 Tabla de valores de resistencia y reactancia

Los circuitos de media tensión subterráneos con longitudes menores a 15 km y con voltajes no mayores a 40 kv, se consideran como líneas de transmisión cortas. La capacitancia de este tipo de líneas generalmente se desprecia, por lo cual solo consideraremos los valores de resistencia y reactancia inductiva.

Datos a considerar

Conductor	cable de 1/0 AWG XLP 25 kv
Resistencia	0.691 Ω / km
Reactancia	0.3263 Ω / km
Voltaje	23,000 v
Longitud	80.56 mts

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

Donde

Z = Impedancia de la línea

R= Resistencia de la corriente alterna de la línea en Ohms / km.

X = Reactancia inductiva de la línea a la frecuencia de operación en Ohms / km.

$$Z = \sqrt{0.691^2 + 0.3263^2}$$

$$Z = 0.7641 \text{ } \Omega / \text{ km}$$

Calculo de corriente para un transformador de 150 kva

$$I = \frac{kva}{\sqrt{3} vf}$$

Donde

I = Corriente de línea en Amp.

Kva = Potencia del transformador

V_f = Voltaje entre fases

$$I = \frac{150 \text{ kva}}{\sqrt{3} * 23,000 \text{ v}} = 3.765 \text{ Amp.}$$

$$I = 3.765 \text{ Amp.}$$

Con los valores de la corriente y la impedancia podemos calcular la caída de tensión desde la transición hasta el punto de conexión del transformador utilizando la siguiente formula:

$$\Delta V = I * Z * 2L$$

Donde

ΔV = Caída de tensión

I = Corriente de línea

L = Longitud de la línea

$$\Delta V = (3.765 \text{ amp})(0.7461\Omega/km)(2 * 0.8056km)$$

$$\Delta V = 4.525 \text{ V}$$

ΔV = Caída de tensión en %

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_f} * 100$$

Donde

ΔV = Caída de tensión

V_f = Voltaje entre fases

$$\Delta V(\%) = \frac{4.525v}{23000v} \times 100$$

$$\Delta V(\%) = 0.0196\%$$

Como podemos observar el valor de la caída de tensión desde el punto de transición hasta el punto de conexión del transformador es de menos del 1%, por lo tanto estamos dentro del rango permitido según la norma vigente para alimentadores y comprobamos que nuestra selección de un conductor de calibre 1/0 es correcta.

2.6 Protecciones en líneas de transmisión

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema eléctrico pueden ser de dos tipos:

1. sobretensiones de tipo atmosférico.
2. Sobretensiones por fallas en el sistema.

En este punto se hará el análisis de las sobretensiones de tipo atmosférico. Las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y dañan al equipo si no se tiene protegido correctamente.

El apartarrayos, dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra. Las ondas que normalmente se presentan son de 1.2/50 micro seg. (Tiempo de frente de onda/ tiempo de cola). La función del apartarrayos es cortar su valor máximo de onda (aplanar la onda). Las sobretensiones originadas por descargas indirectas se deben a que se almacenan sobre las líneas cargas electrostáticas que al ocurrir la descarga se parten en dos y viajan en ambos sentidos de la línea a la velocidad de la luz. Cada apartarrayos se encuentra normalmente abierto y se encuentra calibrado para que a partir de cierta tensión entre línea y tierra se cierre automáticamente y filtre los frentes de onda.

Deben instalarse apartarrayos en plantas industriales, especialmente en lugares donde las tormentas son frecuentes y de gran intensidad. Su instalación, tanto para proteger al equipo de la subestación como al equipo de utilización, puede hacerse tanto en el exterior como en el interior del local que contiene al equipo que se va a proteger, tan cerca de éste como sea factible, tomando en cuenta que deben estar fuera de pasillos y alejados de otro equipo, así como de partes combustibles del edificio.

2.7 Calculo de apartarrayos

Cálculo y selección de apartarrayos

Condiciones:

Tensión nominal = 23 kv

Tensión máxima = 25.8 kv

Sistema con neutro a tierra

Parámetros:

Ke = Factor de conexión a tierra

1.4 para sistemas sólidamente aterrizados

1.73 para sistemas con neutro a tierra

Ko= Factor de diseño de apartarrayo

0.8 valor dado por el fabricante

Kt= Capacidad del Apartarrayos (depende del tiempo de duración de la sobre tensión temporal)

1.15 para 1 segundo

1.06 para 10 segundos

0.95 para 2 horas

COV = tensión continua de operación

TOV = sobre tensión temporal

Ro = sobre tensión continua de operación afectado por el factor de diseño

R = tensión nominal de Apartarrayos

Tensión máxima residual para impulsos = 1.15

$$COV = \frac{\text{tension maxima}}{\sqrt{3}}$$

$$COV = \frac{25.8 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 14.895 \text{ Kv.}$$

$$TOV = Ke * COV$$

$$TOV = 1.73 (14.895 \times 10^3) = 25.768 \text{ Kv.}$$

$$Ro = \frac{COV}{Ko}$$

$$Ro = \frac{14.895 \times 10^3}{0.8} = 18.618 \text{ Kv}$$

La tensión normalizada para el apartarrayos “R” resulta, tomando el valor de “Ro” y multiplicándolo por la tensión máxima residual para impulsos

$$R = 1.15 Ro$$

$$R = 1.15 (18.618 \times 10^3) = 21.410 \text{ Kv}$$

Se selecciona un Apartarrayos con tensión normalizada de 21 Kv.

2.8 Calculo del listón fusible para el corta circuito CCF (canillas)

Descripción General

Protege a las líneas de los sistemas y los diferentes equipos de tales líneas como:

Transformadores, bancos de capacitores, líneas primarias y ramales, etc.

Los cortacircuitos fusibles son usados en sistemas de distribución de 13,8, 23,0 y 34,5

Kv, proporcionan protección confiable para interrumpir fallas o sobrecargas de corriente mediante la fusión del elemento fusible, dentro de su intervalo de capacidad interruptiva.

Diseñados para servicio en exteriores y se suministran junto con cuernos de arqueo para herramienta portátil de apertura bajo carga.

El tubo porta fusible es fabricado con fibra de vidrio, resina epóxica y un revestimiento interno de fibra vulcanizada, lo que ayuda a la interrupción del arco durante fallas o condiciones excesivas de sobrecargas.

Como ya sabemos el cálculo de la protección contra sobre corriente para el lado primario del transformador del tipo pedestal se instala en la transición y se calcula de la siguiente manera:

Datos

Potencia del transformador =150 kva

Voltaje de operación del lado primario del transformador =23kv

Calculo de corriente para un transformador de 150 kva

$$I = \frac{kva}{\sqrt{3} * vf}$$

Donde

I= Corriente de línea en Amp.

Kva = Potencia del transformador

Vf = Voltaje entre fases

$$I = \frac{150 kva}{\sqrt{3} * 23,000 v}$$

I = 3.765 Amp.

Se seleccionan 3 listones fusibles comerciales de 4amp cada uno

2.9 Calculo de la corriente de corto circuito

Un corto circuito es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial se ponen en contacto entre sí, caracterizándose por elevadas corrientes circulantes hasta el punto de falla. Se puede decir que un corto circuito es también el establecimiento de un flujo de corriente eléctrica muy alta, debido a una conexión por un circuito de baja impedancia, que prácticamente siempre ocurren por accidente. La magnitud de la corriente de corto circuito es mucho mayor que la corriente nominal o de carga que circula por el mismo. Aún en las instalaciones con las protecciones más sofisticadas se producen fallas por corto circuito.

Partiendo del siguiente diagrama unifilar:

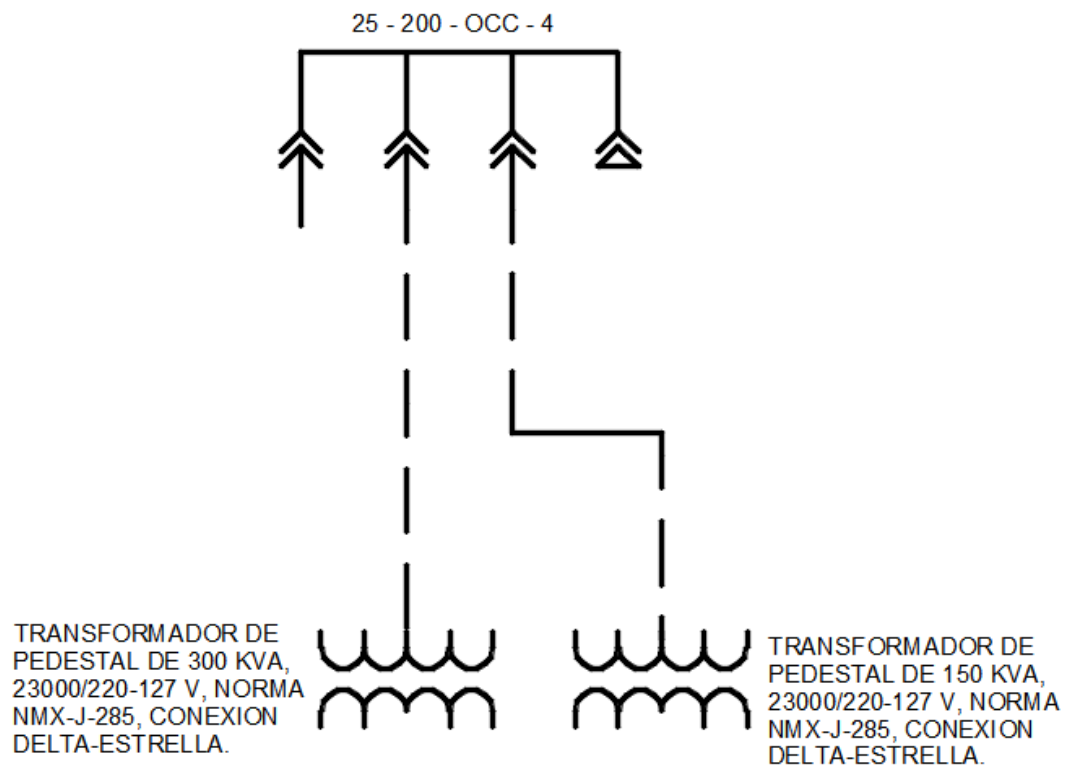


Figura 2.8 Diagrama unifilar general

Si redibujamos el diagrama unifilar y colocamos los puntos de falla que queremos analizar nos queda de la siguiente forma:

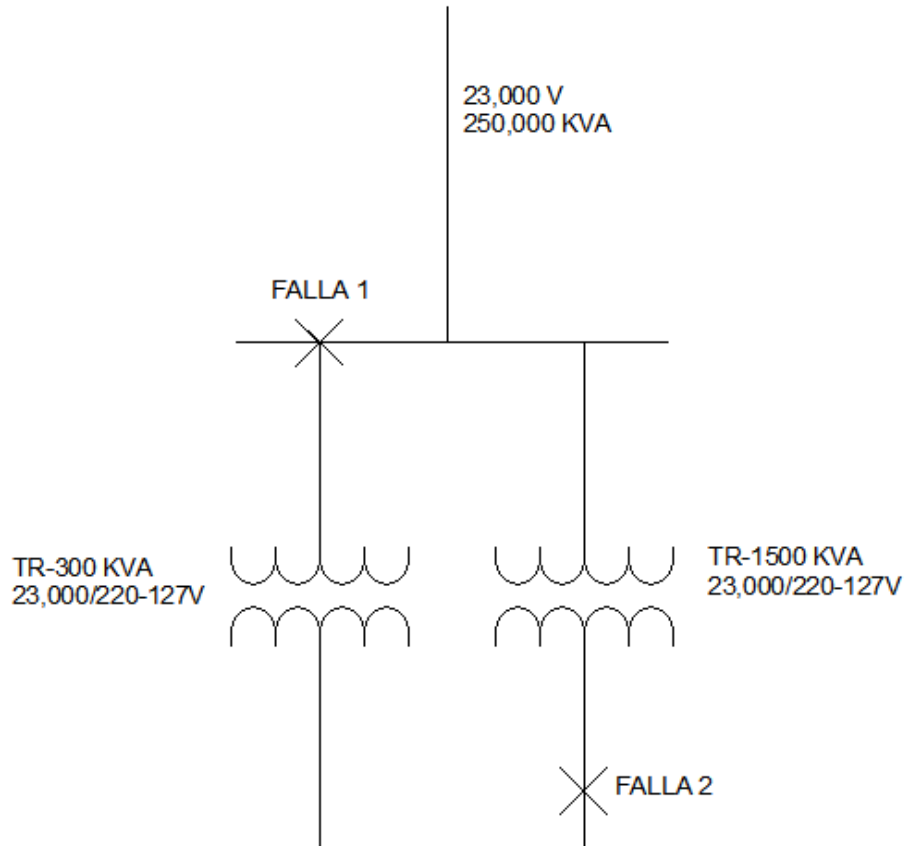


Figura 2.9 Diagrama unifilar con fallas a analizar

Como podemos observar en la figura 2.9 calcularemos la corriente de corto circuito en dos diferentes puntos, una falla del lado de media tensión (falla 1) y la otra falla del lado de baja tensión (falla 2).

Realizando el cálculo con el método de por unidad tenemos los siguientes datos:

Aportación del sistema por parte de cfe

$$kva_{base}=10,000 \text{ kva}$$

$$kva_{sitema}=250,000 \text{ kva}$$

$$Z_{pu} = Z_{sistema} \left[\frac{S_{base}}{S_{sistema}} \right] \left[\frac{V_{sistema}}{V_{base}} \right]^2$$

Dónde:

Z_{pu} = Impedancia en por unidad

$Z_{sistema}$ = Impedancia del sistema

S_{base} = Potencia base

$S_{sistema}$ = Potencia del sistema

V_{base} = Voltaje base

$V_{sistema}$ = Voltaje del sistema

Sustituyendo los valores tenemos:

$$Z_{pu} = Z_{sistema} \left[\frac{10,000_{kva}}{250,000_{kva}} \right] \left[\frac{23,000_{volts}}{23,000_{volts}} \right]^2$$

$$Z_{pu} = 0.04$$

$$Z_{pu} = Z_{sistema} \left[\frac{10,000_{kva}}{300,000_{kva}} \right] \left[\frac{23,000_{volts}}{23,000_{volts}} \right]^2$$

$$Z_{pu} = 1.34$$

$$Z_{pu} = Z_{sistema} \left[\frac{10,000_{kva}}{150,000_{kva}} \right] \left[\frac{23,000_{volts}}{23,000_{volts}} \right]^2$$

$$Z_{pu} = 2$$

Pasando de un diagrama unifilar simplificado a un diagrama general de impedancias nos queda de la siguiente manera:

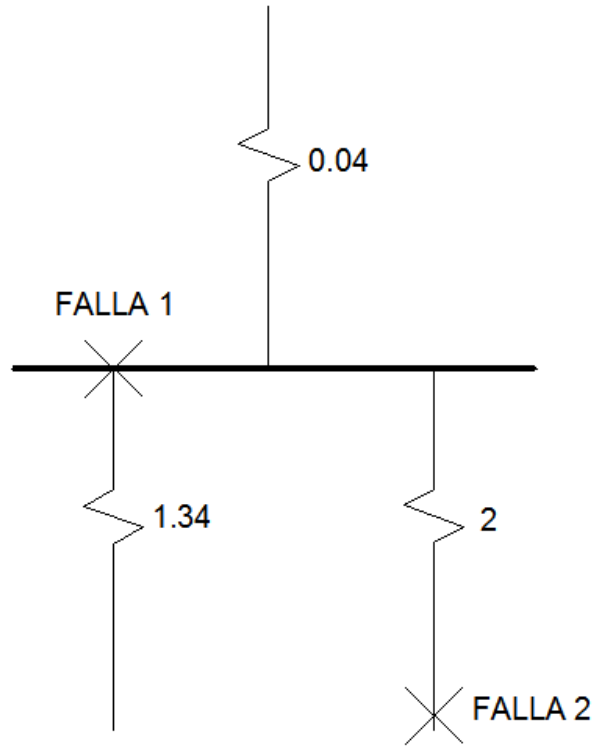


Figura 2.10 Diagrama general de impedancias

➤ Análisis de falla 1 en media tensión

Haciendo la impedancia equivalente tenemos que:

$$Z_{eq} = \frac{(1.34)(2)}{1.34 + 2}$$

$$Z_{eq} = 0.8024$$

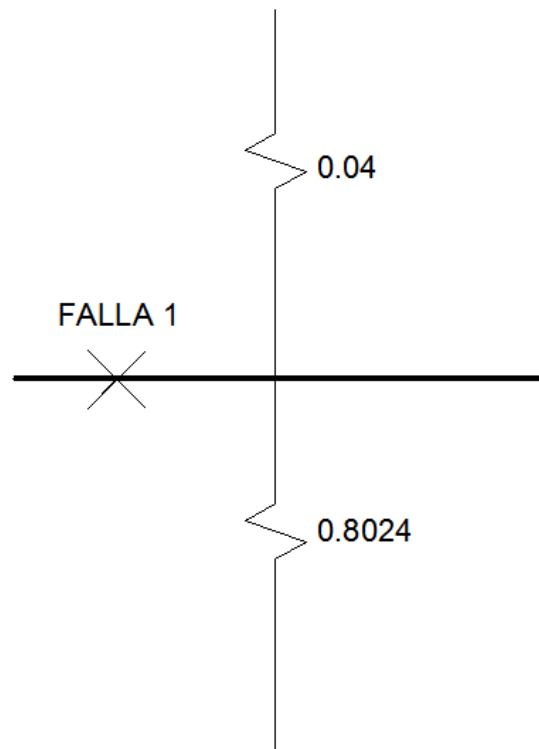


Figura 2.11 Diagrama de impedancias simplificado

Haciendo la impedancia total tenemos que:

$$Z_{total} = \frac{(0.04)(0.8024)}{0.04 + 0.8024}$$

$$Z_{total} = 0.0381$$

Con los datos obtenidos calculamos la corriente de cortocircuito en el lado de media tensión:

$$I_{cc} = \frac{KVA_{base}}{(\sqrt{3})(V_{sistema})(Z_{p.u})}$$

Dónde:

I_{cc} = Corriente de corto circuito

KVA_{base} = Potencia base

$V_{sistema}$ = Voltaje del sistema

$Z_{p.u}$ = Impedancia en por unidad

$$I_{cc} = \frac{10,000_{kva}}{(\sqrt{3})(23,000_{volts})(0.0381)}$$

$$I_{cc} = 6,588.50 \text{ Amp}$$

➤ Análisis de falla 2 en baja tensión

Haciendo la impedancia equivalente tenemos que:

$$Z_{eq} = \frac{(0.04)(1.34)}{0.04 + 1.34}$$

$$Z_{eq} = 0.0388$$

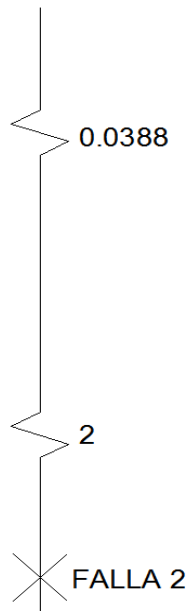


Figura 2.12 Diagrama de impedancias simplificado

Haciendo la impedancia total tenemos que:

$$Z_{total} = 0.0388 + 2$$

$$Z_{total} = 2.0388$$

Con los datos obtenidos calculamos la corriente de cortocircuito en el lado de media tensión:

$$I_{cc} = \frac{10,000_{kva}}{(\sqrt{3})(23,000_{volts})(2.0388)}$$

$$I_{cc} = 12,876.93 \text{ Amp}$$

2.10 Cálculo de conductor para el sistema de tierras

Un sistema de puesta a tierra se compone esencialmente de electrodos, que son los elementos que están en íntimo contacto con el suelo (enterrados) y de conductores, utilizados para enlazar a los electrodos entre sí y a estos con los gabinetes y equipos y demás instalaciones expuestas a corrientes nocivas y mantener una diferencia de potencial uniforme entre el neutro y la tierra y este debe de ser lo más bajo posible, el sistema de tierras debe de ofrecer una resistencia muy baja para la conducción de las corrientes de falla de corto circuito.

Sobre este tema la NOM-001-SEDE-2012 señala en su capítulo para subestaciones, que el área de la sección transversal mínima de los conductores para una malla de tierras es de 107.2 mm^2 que es el equivalente al calibre 4/0.

El desarrollo del siguiente cálculo está basado en la publicación IEEE for safety in ac substation grounding IEEE std 80-2000.

El calibre del conductor se calculara aplicando la formula simplificada número 42 de la página 43 de la publicación IEEE for safety in ac substation grounding IEEE std 80-2000.

$$Kc_{mil} = I * K_f * \sqrt{tc}$$

Dónde:

Kc_{mil} = Área del conductor en kcmil

I = Corriente de corto circuito

K_f = Es la constante para el material a varios valores de Temperatura y utilizando una temperatura ambiente de 40 ° C

Tc = Duración de la corriente de falla en segundos

Table 2—Material constants

Material	Conductivity (%)	T_m^a (°C)	K_f
Copper, annealed soft-drawn	100.0	1083	7.00
Copper, commercial hard-drawn	97.0	1084	7.06
Copper, commercial hard-drawn	97.0	250	11.78
Copper-clad steel wire	40.0	1084	10.45
Copper-clad steel wire	30.0	1084	12.06
Copper-clad steel rod	20.0	1084	14.64
Aluminum EC Grade	61.0	657	12.12
Aluminum 5005 Alloy	53.5	652	12.41
Aluminum 6201 Alloy	52.5	654	12.47
Aluminum-clad steel wire	20.3	657	17.20
Steel 1020	10.8	1510	15.95
Stainless clad steel rod	9.8	1400	14.72
Zinc-coated steel rod	8.6	419	28.96
Stainless steel 304	2.4	1400	30.05

Figura 2.13 Tabla de constantes de materiales

Sustituyendo los valores en la formula simplificada y teniendo en cuenta un conductor de cobre con una conductividad del 97% se tiene:

$$K_{cmil} = 12,876 \text{ Amp} * 7.06 * \sqrt{0.5 \text{ seg}}$$

$$K_{cmil} = 64,279 \text{ CM}$$

Convirtiendo Circular mil a mm^2

$$\text{Área} = 64,279 *$$

$$\text{Area} = 64,279_{CM} * 5.067 \times 10^{-4} \text{ mm}^2 / \text{CM}$$

$$\text{Area} = 32.57 \text{ mm}^2$$

Basándonos en el cálculo realizado se puede utilizar un calibre 2 que tiene una sección transversal de 33.6 mm^2 , pero de acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2012, señala en su capítulo para subestaciones, que el área de la sección transversal mínima de los conductores para una malla de tierra es de 107.2 mm^2 (4/0).

Por lo tanto se selecciona un conductor calibre 4/0

2.11 Cálculo de interruptor principal en baja tensión

Haciendo referencia a lo que indica la norma oficial mexicana para instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2012 en su capítulo 2 artículo 230 parte G “Equipo de acometida-Protección contra corriente” que menciona lo siguiente:

Este Artículo cubre a los conductores de acometida y equipos de recepción del suministro, dispositivos para el control, medición y protección de las acometidas así como de los requisitos para su instalación

a) *Conductores de fase. Dicha protección debe consistir en un dispositivo contra sobre corriente en serie con cada conductor de fase de acometida que tenga una capacidad o ajuste no mayor que la ampacidad del conductor.*

La protección contra sobre corriente para conductores y equipos se instala para que abra el circuito, si la corriente alcanza un valor que cause una temperatura excesiva en los conductores o en su aislamiento.

Se debe de calcular la capacidad del interruptor general tomando en cuenta que el transformador puede ser ocupado al 100 % de su capacidad por medio de la siguiente formula:

$$I_n = \frac{S * F.D}{\sqrt{3} * V_L * F.P}$$

Dónde:

I_n = Corriente nominal

S= Potencia del transformador

F.D.= Factor de demanda

V.L.= voltaje entre fases

F.P.= Factor de potencia

$$I_n = \frac{150 \text{ kva} * 0.8}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = \mathbf{349.90 \text{ amp.}}$$

Para la selección del interruptor observamos las capacidades de los interruptores en la siguiente tabla

Interruptores industriales en caja moldeada

Interruptores automáticos
Tablas de selección
Clase 660, 665, 735



LAL/LHL - 2 y 3 polos
225 - 400 A

400 amperes de Marco

Amperes	Disparo magnético amperes	Dos polos		Tres polos	Juego de zapatas
		No. catálogo	No. catálogo	No. catálogo	
LAL Capacidad interruptiva normal					
	Alto	Bajo	600 V~, 250 V c.d. m	600 V~, 250 V c.d. m	
225	1125	2250	LAL26225	LAL36225	AL400LA 1 - #1 - 600 kcmil ó 2 - #1 - 250 kcmil
250	1250	2500	LAL26250	LAL36250	
300	1500	3000	LAL26300	LAL36300	
350	1750	3500	LAL26350	LAL36350	
400	2000	4000	LAL26400	LAL36400	
LHL Capacidad interruptiva alta					
	Alto	Bajo	600 V~, 250 V c.d. m	600 V~, 250 V c.d. m	
225	1125	2250	LHL26225	LHL36225	AL400LA 1 - #1 - 600 kcmil ó 2 - #1 - 250 kcmil
250	1250	2500	LHL26250	LHL36250	
300	1500	3000	LHL26300	LHL36300	
350	1750	3500	LHL26350	LHL36350	
400	2000	4000	LHL26400	LHL36400	

Figura 2.14 Tabla para selección de interruptor termo magnético

De acuerdo al cálculo de la corriente se selecciona un interruptor termo magnético de 400 Amp. Cat. LAL36400 alojado en una caja moldeada cat. LA400SMX de la siguiente tabla de selección

Interruptores industriales en caja moldeada

Gabinetes
Tablas de selección
Clase 610



FA100S MX

Tablas de selección

NEMA Tipo 1 - Usos generales

NEMA Tipo 3R - A prueba de lluvia

Prefijo catálogo	Amperes (A)	Polos	Interruptor		
			Tipo 1 empotrar	Tipo 1 sobreponer	Tipo 3R
			Gabinete No. catálogo	Gabinete No. catálogo	Gabinete No. catálogo
FAL, FHL	15 - 100	1, 2, 3	FA100FMX	FA100SMX	FA100RB
KAL, KHL	70 - 225	2, 3	KA225FMX	KA225SMX	KA225RB
LAL, LHL	125 - 400	2, 3	LA400FMX	LA400SMX	LA400R
MAL, MHL	125 - 1000	2, 3	MA1000FMX	MA1000SMX	MA1000R

NEMA Tipo 4 - A prueba de agua y polvo

NEMA Tipo 4X - A prueba de agua, polvo y corrosión

NEMA Tipo 5 - A prueba de polvo

NEMA Tipo 12 - A prueba de polvo y goteo, sin discos removibles

NEMA Tipo 12 - A prueba de polvo y goteo, con discos removibles

Figura 2.15 Tabla para selección de caja moldeada

Capítulo 3

Generalidades de las instalaciones eléctricas en baja tensión

- 3.1 El concepto de instalación eléctrica
- 3.2 Clasificación de las instalaciones eléctricas
- 3.3 Elementos de una instalación eléctrica en baja tensión
- 3.4 Materiales utilizados en las instalaciones eléctricas en baja tensión
 - 3.4.1 Conductores
 - 3.4.2 Canalizaciones (tubos)
 - 3.4.3 Soportería para tubos
 - 3.4.4 Tableros de distribución
 - 3.4.5 Interruptores generales o principales
 - 3.4.6 Interruptores termomagnéticos derivados
 - 3.4.7 Cajas de conexiones
 - 3.4.8 Accesorios

3.1 El concepto de instalación eléctrica

Una instalación eléctrica es un conjunto de circuitos eléctricos que, colocados en un lugar específico, tienen como objetivo generar, transmitir y dotar de energía eléctrica a cualquier tipo de infraestructura. Incluye los equipos necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y la conexión con los aparatos eléctricos correspondientes.

3.2 Clasificación de las instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas suelen clasificarse según su voltaje de operación, es decir:

- Baja tensión, de 100 – 1000 volts
- Media tensión, de 1000 – 34.5 kv
- Alta tensión, de 34.5 kv hasta 230 kv
- Extra alta tensión, mayor de 230 kv hasta 400kv.

También las instalaciones eléctricas se pueden clasificar con base en el tipo de servicio para el cual estarán destinadas, estas pueden ser del tipo:

1. Residencial
2. Comercial
3. Industrial

Una instalación eléctrica debe ser:

1. Segura contra accidentes e incendios
2. Eficiente y económica
3. Accesible y de fácil mantenimiento
4. Cumplir con los requisitos técnicos que se fijan en los reglamentos de obras eléctricas (NOM-001-SEDE-2012). Utilización

3.3 Elementos de una instalación eléctrica en baja tensión

Elementos de conducción

Son aquellos conductores que transportan o conducen la electricidad desde la acometida hasta el aparato de consumo final, como por ejemplo los cables y los alambres ya sea de cobre o aluminio.

Elementos de consumo

Son aquellos aparatos eléctricos o electrónicos, lámparas y todo aquello que consuma electricidad.

Elementos de control

Son todos aquellos que nos ayudan a abrir o cerrar un circuito derivado para poder prender o apagar cualquier elemento de consumo, por ejemplo apagadores y pastillas termo magnéticas.

Elementos de protección

Son las protecciones que se colocan en la instalación para brindar seguridad al usuario y protección a la misma instalación como por ejemplo los fusibles y las pastillas termo magnéticas.

Elementos complementarios

Estos elementos pueden ser las cajas de conexión, la tubería ya sea visible u oculta, y todo el sistema de fijación o soportería para la instalación.

Acometida.

Se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador abastecedor del usuario. La acometida también se puede entender como la línea aérea o subterránea según sea el caso que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición.

Equipo de Medición

Por equipo de medición se entiende a aquél aparato, propiedad de la compañía suministradora, colocado entre la acometida y el interruptor principal con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato realizado con la compañía suministradora. Este equipo esta sellado y debe de ser protegido contra agentes externos, y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.

Interruptor de cuchillas

Un interruptor es un dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente y está dotado de fusibles para la protección del circuito

Interruptor general

Se le denomina interruptor general o principal al colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación y se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.

Centro de carga y tableros de distribución

El tablero es un gabinete metálico que normalmente va instalado en el interior donde se colocan interruptores derivados, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura confiable y ordenada

Interruptor derivado

Los interruptores derivados están colocados dentro del tablero de distribución, y su función principal es proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.

Interruptor termo magnético

Es uno de los interruptores más utilizados y que sirven para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortos circuitos. Se fabrica en gran cantidad de tamaños, su aplicación puede

ser como interruptor general. Tiene un elemento electrodinámico el cual ayuda a responder rápidamente ante la presencia de un corto circuito

Transformador

El transformador eléctrico es un equipo utilizado para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En las instalaciones grandes pueden necesitarse varios niveles de voltaje, se logra instalando varios transformadores (agrupados en subestaciones). Por otra parte pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo al de la acometida y por lo tanto no requieran de transformador.

Tablero general

El tablero general es aquel colocado inmediatamente después del equipo de medición y este se alimenta ya sea por un interruptor termo magnético que forma parte del mismo tablero o puede ser alimentado directamente a las zapatas principales del tablero, de este se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

Motores y equipos

Los motores se encuentran al final de las ramas de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica, cada motor debe tener su arrancador propio.

Salidas para alumbrado

Las salidas de alumbrado, al igual que los motores, están al final de las instalaciones y son consumidores los cuales transforman la energía eléctrica en energía luminosa.

Salidas para contactos

Estas sirven para alimentar diferentes equipos portátiles y van alojados en una caja de diferentes medidas donde termina la instalación.

Plantas de emergencia

Las plantas de emergencia constan de un motor de combustión interna acoplado a un generador de corriente alterna. El cálculo de la capacidad de una planta eléctrica se hace en función con las cargas que deben de operar permanentemente.

3.4 Materiales utilizados en las instalaciones eléctricas en baja tensión

Los materiales a utilizar para las instalaciones eléctricas en baja tensión son los siguientes:

- Conductores
- Canalizaciones (tubos)
- Soportería para tubos
- Tableros de distribución
- Interruptores generales o principales
- Interruptores termomagnéticos derivados
- Cajas de conexiones
- Accesorios

3.4.1 Conductores

Los conductores eléctricos son aquellos que ofrecen poca resistencia al paso de la corriente eléctrica, dadas sus propiedades específicas. La estructura atómica de los conductores eléctricos facilita el movimiento de los electrones a través de estos, con lo cual este tipo de elementos favorece la transmisión de electricidad.

También existen los conductores eléctricos unipolares o multipolares, los cuales son empleados generalmente para las instalaciones de circuitos eléctricos en ámbitos residenciales e industriales. Este tipo de conductor puede estar conformado en su interior por hilos de cobre u otro tipo de material como el aluminio, recubierto de una superficie aislante.

Para el tema que nos interesa que es el diseño de una instalación eléctrica en baja tensión vamos a considerar conductores de cobre monopolares con aislamientos thw, los cuales son fabricados en varios calibres para su uso ya sea en instalaciones residenciales o comerciales.



Figura 3.1 Cable de cobre aislado

3.4.2 Canalizaciones (tubos)

Las canalizaciones eléctricas o simplemente tubos en instalaciones eléctricas, son los elementos que se encargan de contener los conductores eléctricos. La función de las canalizaciones eléctricas son proteger a los conductores, ya sea de daños mecánicos, químicos, altas temperatura y humedad; también, distribuirlo de forma uniforme, acomodando el cableado eléctrico en la instalación.

Las canalizaciones eléctricas están fabricadas para adaptarse a cualquier ambiente donde se requiera llevar un cableado eléctrico. Es por eso, que se pueden encontrar empotradas (techos, suelo o paredes), en superficies, al aire libre, zonas vibratorias, zonas húmedas o lugares subterráneos.

Dependiendo del tipo de material que están fabricadas, estas se clasifican en: metálicas y no metálicas. Las no metálicas se fabrican de materiales termoplásticos, ya sea PVC o de polietileno; en el caso de las canalizaciones metálicas, se fabrican en acero, hierro o aluminio.

Tubos de PVC

El tubo de pvc es un material termoplástico, de esos derivados de los polímeros. Su denominación viene, por el compuesto policloruro de vinilo, de ahí su nombre "PVC". Este es resistente y rígido, puede estar en ambientes húmedos y soportar algunos químicos. Por las propiedades del termoplástico, es auto extingible a las llamas, no se corroen y son muy ligeros.



Figura 3.2 Tubo de pvc para instalaciones eléctricas

El accesorio complementario para la utilización de la tubería de PVC seria el conector, el cual es instalado al extremo del tubo para poder conectar a una caja o un tablero de distribución, ya que para poder acoplar dos tubos o más el mismo tubo cuenta con una campana en uno de sus extremos para poder acoplarse al siguiente tubo.



Figura 3.3 Conector para tubo de PVC

Aplicaciones para tubo de PVC

- Empotrados bajo concreto, en suelos, techos y paredes.
- En zonas húmedas.
- En superficies, considerando sus limitaciones térmicas y mecánicas

Tubos EMT conduit pared delgada

Por sus siglas en inglés, Electrical Metallic Tubing (EMT). Estos tubos son unos de los más versátiles utilizados en las instalaciones eléctricas comerciales e industriales, esto por ser moldeables a diferentes formas y ángulos, facilitando la trayectoria que se le quiera dar al cableado. Pasan por un proceso de galvanizado, este recubrimiento evita la corrosión, lográndose mayor durabilidad. Pueden venir en tamaños desde 1/2" hasta 2" de diámetro. No tienen sus extremos roscados, y utiliza accesorios especiales, para acoplamiento y enlace con cajas.



Figura 3.4 Tubo EMT conduit de pared delgada

Los accesorios para tubos EMT conduit pared delgada, los cuales van instalados en los extremos del tubo para poder acoplar a otro tubo o conectar a una caja o un tablero de distribución



Figura 3.5 Conector para tubo EMT
Conduit pared delgada

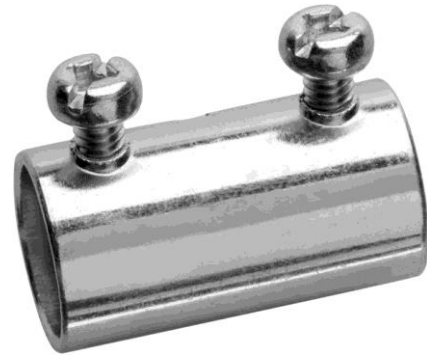


Figura 3.6 Cople para tubo EMT
Conduit pared delgada

Aplicaciones de tubo EMT conduit pared delgada

- Su mayor aplicación está para montarse en superficies (zonas visibles). Soportando leves daños mecánicos. Pueden estar directamente a la intemperie.
- Pueden ser empotrados o zonas ocultas; bajo concreto, ya sea en suelo, techo o paredes.

Tubos IMC conduit pared gruesa

Por sus siglas en ingles Intermediate Metal Conduit (IMC). Estos tubos son los más resistentes a los daños mecánicos. Debido al grosor de sus paredes, son más difíciles de trabajar que los EMT conduit pared delgada. En ambos extremos vienen con una rosca, pudiéndose enlazar con conectores roscados (coples o niples). También se le puede hacer la rosca de forma manual con una terraja, en este caso debe procurarse eliminar las rebabas para que no afecte en los conductores, al momento de ser instalados.

Para evitar la corrosión, estos son galvanizados internamente y externamente por un proceso de inmersión en caliente. Por su fabricación, son canalizaciones muy durables, y

son bien herméticas. Estando aptos para contener los cables sin que estos se estropeen o maltraten. Los tamaños en que se fabrican van desde 1/2" hasta 4" de diámetro.



Figura 3.7 Tubo IMC

Aplicaciones:

- Aunque se pueden utilizar en cualquier zona, estos son ampliamente usados para instalaciones eléctricas industriales, en zonas ocultas o visibles. Ya sea enterrados o empotrados, en el suelo o bajo concreto.
- Pueden estar a la intemperie, soportando la corrosión por su revestimiento galvánico.
- En lugares con riesgos de explosivos.

Tubos flexibles metálicos

Estas tuberías son fabricadas en acero, y pasan por un recubrimiento galvanizado. Su flexibilidad a la torsión y a la resistencia mecánica se debe a su forma engargolada (láminas distribuidas en forma helicoidal). Por su construcción (baja hermeticidad) no es recomendable que esté en lugares con alta humedad, vapores o gases. Sus dimensiones van desde 1/2" hasta 4" de diámetro.



Figura 3.8 Tubo metálico flexible

Los accesorios para tubos metálicos flexibles, son los conectores que se utilizan en cada extremo del tubo para interconectar las cajas de conexiones hacia las luminarias, motores o cualquier otro aparato eléctrico dentro de la misma instalación. Estos pueden ser rectos o curvos como se muestra en la siguiente figura.



Figura 3.9 Conector curvo para tubo Metálico flexible



Figura 3.10 Conector recto para tubo Metálico flexible

Aplicaciones:

- Su principal aplicación está en ambientes industriales.
- En zonas donde el cableado esté expuesto a vibraciones, torsión y daños mecánicos.
- Instalación en zonas visibles, donde el radio de curvatura del alambrado que se vaya a realizar es grande.
- Para el cableado de aparatos y máquinas eléctricas, motores y transformadores.

Tubos flexibles de plásticos

Estos se fabrican con materiales termoplásticos, generalmente con PVC de doble capa, haciéndolo más resistente y hermético. Se caracterizan por ser livianos, y por su superficie corrugada que lo hace flexible.



Figura 3.11 Tubo flexible de plástico

Aplicaciones:

- Instalación en lozas, muros de tabique para instalaciones ocultas

Este tipo de tubo flexible plástico no requiere de accesorios para inter conectarse a una caja o equipo eléctrico

Tubo Liquidtigh

Este se construye similar al tubo flexible metálico, la diferencia está en el recubrimiento de un material aislante termoplástico. Este acabado final, lo hace sólidamente hermético, resistente y flexible.



Figura 3.12 Tubo flexible Liquidtigh

Los accesorios para este tipo de tubo metálico flexible, son conectores que se utilizan en cada extremo del tubo para interconectar de tableros de distribución o interruptores hacia motores o equipos colocados en la intemperie. Estos pueden ser rectos o curvos como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 3.13 Conector recto
Para tubo liquidtigh



Figura 3.14 Conector curvo
Para tubo liquidtigh

Aplicaciones:

- Cableado de motores y maquinarias industriales.
- Zonas con alta vibración.
- Para lugares con mucho polvo.
- Lugares agresivos con alta humedad y presencia de aceites.

3.4.3 Soportería para tubos

Se entiende por soportería al conjunto de herrajes, taquetes de fijación, pijas, abrazaderas y todo lo necesario para soportar las canalizaciones y que estas queden fijas sin movimiento y sin riesgo de caer en algún equipo o en un usuario.

A continuación se muestran diferentes tipos de accesorios para soportar las canalizaciones

Perfil unicanal

El perfil unicanal es utilizado para ordenar tubos no importando el tipo de material del tubo, esto se hace para darle más estética al trabajo de entubado en la instalación, se fabrican normalmente en medidas de 4 x 2 cm y 4 x 4 cm en perfil sólido y perfil barrenado, su instalación se hace con varillas roscadas y taquetes de expansión en lozas o muros.



Figura 3.15 Perfil unicanal
4cm x 2 cm perforado



Figura 3.16 Perfil unicanal
4cm x 4cm solido

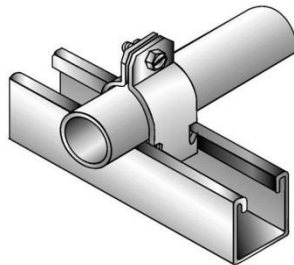


Figura 3.17 Perfil unicanal con un tubo conduit

3.4.4 Tableros de distribución

Definición:

Son elementos que sirven para controlar y dividir circuitos de una instalación eléctrica, en la cual también es posible alimentar y controlar diversos centros de carga, esta protección está controlada por interruptores termomagnéticos de uno, dos y tres polos. Los tableros van dirigidos a pequeños y grandes negocios, oficinas, centros comerciales donde se requiere dividir la instalación por zonas.

Tablero general tipo I LINE

Son tableros de distribución para instalaciones industriales o comerciales en rangos desde 100 hasta 1200 Amp. El tablero de distribución general tipo I LINE es ideal para distribuir alimentadores hacia otras zonas dentro de una industria o empresa, están diseñados para sistemas eléctricos trifásicos a 4 hilos a una tensión de operación máxima de 650 Vca. Y su conexión puede ser a zapatas principales con barras de 400 a 1200 Amp. O con interruptor principal que van desde los 100 hasta los 1200 Amp.

En este tipo de tableros su montaje solo es de sobre poner.



Figura 3.18 Tablero general tipo I LINE con interruptor principal y circuitos trifásicos derivados

Tablero de distribución tipo NQOD

Estos tableros son empleados para la alimentación de alumbrado y receptáculos en instalaciones eléctricas comerciales, industriales y de servicios. En general para distribuir los circuitos en toda la instalación. Están diseñados para sistemas monofásicos 1 fase 2 hilos, bifásicos 2 fases 3 hilos y trifásicos 3 fases 4 hilos, a una tensión de operación de 280 Vca. Y la conexión de su alimentador principal puede llegar a las zapatas principales con barras de 100 a 600 Amp. Dependiendo de las necesidades o aun interruptor termomagnético principal de que va de 100 a 400 Amp.

Este tipo de tableros se pueden instalar de las dos formas ya sea de empotrar o de sobreponer.



Figura 3.19 Tablero tipo NQOD de sobreponer con zapatas principales y circuitos monofásicos derivados

3.4.5 Interruptores generales o principales

El interruptor principal sirve para proteger los circuitos de alimentación de las instalaciones eléctricas. Se coloca después del medidor de energía eléctrica. Hasta hace algunos años era usual utilizar un interruptor de cuchillas, lo cual no es lo más recomendable, sobre todo si no estamos protegiendo los circuitos de las instalaciones con interruptores termomagnéticos.

Si sólo usamos el interruptor principal como protección, este debe ser preferentemente un interruptor termomagnético y además debe estar colocado en el interior de un gabinete a prueba de agua cuando se sitúe a la intemperie.

Un interruptor termomagnético podrá proteger la instalación tanto de un corto circuito como de una sobrecarga, pero el fusible de un interruptor de cuchillas sólo protegerá la instalación de un corto circuito de manera efectiva.

Otro argumento para no usar un interruptor de cuchillas es que éste permite que cualquier persona no calificada pueda tener acceso al cartucho y, en el peor de los casos, sustituya el listón fusible por un alambre poniendo en riesgo la integridad física de la instalación, y aumentando potencialmente la posibilidad de un incendio, donde estarían en juego los bienes y peor aún, la seguridad de las personas.



Figura 3.20 Interruptor de cuchillas



Figura 3.21 Interruptor termomagnético

3.4.6 Interruptores termomagnéticos derivados

El interruptor termomagnético es un dispositivo con la capacidad de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito en caso de sobrepasar sus valores máximos. Por otro lado, puede actuar en dos clases de eventos distintos, la parte térmica lo hace si se da una sobrecarga del circuito, mientras la magnética si se da un cortocircuito.

Es un dispositivo muy importante en cualquier instalación eléctrica y por esa razón se pueden encontrar en cualquier edificación. Hoy en día debido a su gran funcionalidad, su uso es obligatorio ya no sólo en algunos países, sino que en todas las edificaciones que contengan instalaciones eléctricas en el mundo.

El funcionamiento de un interruptor termomagnético se basa en los efectos magnéticos y térmicos que produce la electricidad al circular. Por lo tanto, este dispositivo consta de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica. En otras palabras, se centra en la dilatación de un metal por el calor y en las fuerzas que son de atracción, las cuales van a generar campos magnéticos.

Al circular la corriente por el electroimán, se crea una fuerza que produce un efecto mecánico que tiende a abrir el circuito cuando la intensidad de la corriente eléctrica sobrepasa ciertos valores o límites determinados. Estos valores se pueden configurar, y es por eso que vienen distintos interruptores termomagnéticos que cortan el circuito cuando la corriente sobrepasa valores diversos. Esta parte es la que protege contra cortocircuitos.

Por otro lado, la lámina bimetálica tiene la propiedad de calentarse y deformarse de forma tal que esta es capaz de abrir un circuito. Esta parte es utilizada para proteger los elementos eléctricos contra sobrecargas.



Figura 3.22 Interruptores termomagnéticos derivados
Para tableros tipo NQOD

3.4.7 Cajas de conexiones

Los registros son especialmente para hacer derivaciones, cambio de direcciones en trayectorias de tubería, cerrar conexiones. Las medidas pueden variar dependiendo de su uso y la tubería a instalar, el material en que se fabrican pueden ser galvanizadas o de pvc y las medidas van desde $\frac{1}{2}$ pulgada hasta 2 pulgadas en forma comercial, pero se pueden fabricar de la medida que el usuario la requiera.



Figura 3.23 Cajas registro para
Conexiones de medidas comerciales



Figura 3.24 Caja registro de pvc

3.4.8 Accesorios

Podemos definir como accesorio para una instalación eléctrica residencia o comercial a los apagadores y contactos.

Los apagadores se definen como interruptores pequeños de acción rápida, operación manual y de baja capacidad que se usan por lo general para el control de aparatos pequeños domésticos y comerciales así como unidades pequeñas de alumbrado. Debido a que la operación de los apagadores es manual, los voltajes nominales no deben exceder los 600 volts.

Existen diferentes tipos de apagadores. El más simple es el de una vía o apagador sencillo, con solo dos terminales que se ocupan para prender o apagar una luminaria desde un punto específico. Otro tipo de apagador muy común es el de tres vías, utilizado para prender y apagar una o un conjunto de luminarias desde dos puntos diferentes, este apagador cuenta con tres terminales estos apagadores se fabrican para una operación de corriente nominal de 15 Amp.

Los contactos o receptáculos son otros accesorios importantes en las instalaciones eléctricas tanto residenciales como comerciales e industriales, ya que estos son el punto final de cualquier instalación para poder conectar o enchufar cualquier aparato o electrodoméstico.

Los contactos son fabricados comúnmente para soportar 15 Amp. Con un voltaje de alimentación de 127v. Pero se puede encontrar en el mercado de más capacidad dependiendo que se quiera conectar a este. Los contactos pueden colocarse en la misma caja que van los apagadores o se pueden instalar de forma individual, cuando son contactos dúplex polarizados.



Figura 3.25 Apagador y contacto sencillo
Combinados en una caja



Figura 3.26 Contacto dúplex

En general podemos decir que los materiales a utilizar en una instalación eléctrica son muy variados, tanto en calidades como en tamaños, pero todos deben de estar normalizados, para poder hacer un buen diseño y que cumpla con las normas oficiales mexicanas (NOM-001-SEDE-2012) utilización que es el objetivo de este trabajo.

Capítulo 4

CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION BAJO LA NOM-001-SEDE-2012

4.1 Caso practico

4.2 Calculo del conductor para el alimentador general

4.3 Factores de corrección por temperatura y agrupamiento

4.4 Selección del conductor aislado para el alimentador general

(transformador a interruptor general)

4.5 Selección del conductor de puesta a tierra para el alimentador general

(transformador a interruptor general)

4.6 Selección del tablero general de distribución tipo I LINE

4.7 Alimentadores sub generales

4.8 Calculo del conductor sub general hacia tablero 1

4.9 Calculo del conductor sub general hacia tablero 2

4.10 Calculo del conductor sub general hacia tablero 3

4.10.1 Calculo del regulador

4.11 Selección de protecciones para tableros 1,2 y 3

4.12 Calculo de la caída de tensión para los sub alimentadores de los tableros
1,2 y 3

4.13 Diagrama unifilar

4.1 Caso práctico

La complejidad de los actuales edificios industriales, comerciales y en este caso el instituto tecnológico, pone de manifiesto la importancia de proyectar y calcular unas instalaciones eléctricas seguras, confiables y que resulten óptimas. Por lo que en este capítulo diseñaremos las instalaciones eléctricas en baja tensión de un edificio nuevo de un instituto tecnológico, este caso práctico nos ayudara a entender mejor como se diseña y calcula una instalación eléctrica.

4.2 Cálculo del conductor para el alimentador general

El alimentador general, se entiende para este caso el que sale del transformador tipo pedestal de lado de baja tensión hacia el tablero general tipo I LINE.

El alimentador lo calcularemos en base a la norma oficial mexicana vigente (NOM-001-SEDE-2012) utilización, que en el artículo 215 menciona lo siguiente:

Capacidad y tamaño mínimo del conductor.

Alimentadores hasta de 600v.

Los conductores de los alimentadores deben de tener una ampacidad no menor que la necesaria para suministrar energía a las cargas calculadas. El tamaño mínimo del conductor del circuito alimentador antes de la aplicación de cualquier ajuste o de factores de corrección, debe tener una ampacidad permisible no menor a la carga continua, más el 125 por ciento de la carga continua.

Debemos de considerar un factor llamado factor de demanda que es la relación entre la demanda máxima del sistema o parte de él, y la carga total instalada de todo el sistema o parte de él, y tendrá como valor máximo la unidad.

Teniendo en cuenta lo anterior procedemos a calcular el conductor del alimentador principal, tomando en cuenta la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{S (f.d)}{\sqrt{3}(v.f)(f.p)} * 1.25$$

Donde

I_n = Corriente nominal

S = Potencia en kva

$f.d$ = Factor de demanda

$v.f$ = Voltaje entre fases

$f.p$ = Factor de potencia

Datos

Potencia del transformador	150kva
Voltaje entre fases	220v
Voltaje entre fase y neutro	127v
Factor de demanda	80%
Factor de potencia	0.9

$$I_n = \frac{150,000(0.8)}{\sqrt{3}(220)(0.9)} * 1.25 = 437.38. \text{ Amp.}$$

4.3 Factores de corrección por temperatura y agrupamiento.

Una vez calculada la corriente nominal, estos factores decrementales deberán aplicarse a las ampacidades nominales de los mismos (Capacidad de conducción de corriente) que se encuentran en la tabla 310-15(b) (2) (a) descrita en la norma (NOM-001-SEDE-2012). El factor de corrección de temperatura (f_t) a considerar, es el correspondiente a la temperatura de cálculo recomendable para el verano del lugar donde se vaya a construir la instalación.

El factor decremental por agrupamiento se puede consultar en la Tabla 310-15(b) (3) (a) descrita en la norma (NOM-001-SEDE-2012). Una vez seleccionados los factores correspondientes, estos deberán aplicarse a la corriente nominal para poder seleccionar por ampacidad el calibre del conductor y el resultado verificarse, para determinar si puede

conducir la corriente de régimen y hacer operar con seguridad la protección correspondiente.

El procedimiento general para la corrección correspondiente por factor de corrección por agrupamiento (F_a). Los factores de corrección por agrupamiento se aplican multiplicando los valores nominales de conducción de corriente nominal por el respectivo factor decremental de la Tabla 310-15(b) (3) (a) según el número de conductores activos en un ducto eléctrico.

La fórmula quedara de la siguiente manera:

$$I_c = I_n * f_t * f_a$$

Dónde:

I_c = Corriente corregida

I_n = Corriente nominal

f_t = Factor de temperatura (tabla 4.1)

f_a = Factor de agrupamiento (tabla 4.2)

$$I_c = 437.38 * 1.00 * 0.8 = \mathbf{349.90 \text{ amp.}}$$

Tabla 310-15(b)(2)(a).- Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60	-	0.58	0.71
61-65	-	0.47	0.65
66-70	-	0.33	0.58
91-75	-	-	0.50
76-80	-	-	0.41
81-85	-	-	0.29

Figura 4.1 Tabla de factor de corrección por temperatura

Tabla 310-15(b)(3)(a).- Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

Número de conductores ¹	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

Figura 4.2 Tabla de factor por corrección de agrupamiento

4.4 Selección del conductor aislado para el alimentador general (transformador a interruptor general)

Con la corriente corregida podemos hacer selección del o de los conductores que nos convengan, de acuerdo a su ampacidad en la tabla 310-15 (b) (16) descrita en la norma (NOM-001-SEDE-2012). Cabe mencionar que los conductores que se elegirán trabajaran a una temperatura nominal de 90°C. Con aislamiento tipo THW y a una temperatura ambiente de 30°C.

Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW- LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18"	—	—	14	—	—	—
1.31	16"	—	—	18	—	—	—
2.08	14"	15	20	25	—	—	—
3.31	12"	20	25	30	—	—	—
5.26	10"	30	35	40	—	—	—
8.37	8"	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350

Figura 4.3 Tabla de ampacidades de los conductores

El resultado del cálculo nos arroja que necesitamos conducir 349.90 Amp. En este caso vamos a seleccionar 2 conductores por fase del calibre 3/0 y un conductor para el neutro calibre 3/0.

4.5 Selección del conductor desnudo de puesta a tierra para el alimentador general (transformador a interruptor general)

El conductor desnudo para puesta a tierra del tablero general tipo I LINE tiene que ir en función de la capacidad del interruptor principal que en nuestro caso es de 400 Amp. Por lo tanto seleccionaremos un conductor de cobre desnudo de calibre 2 awg como lo menciona la tabla 250-122 descrita en la norma (NOM-001-SEDE-2012).

Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

Figura 4.4 Tabla de selección de conductor para tierra física

4.6 Selección del tablero general de distribución tipo I LINE

Teniendo en cuenta que es el tablero de distribución general tenemos que seleccionarlo primero por la capacidad de conducción de las barras que debe de ser de 400 Amp. Que es lo que calculamos de corriente nominal, con un interruptor principal de 3 polos 400Amp.

Y con 6 circuitos derivados para poder alimentar a los demás tableros de distribución y aun así que nos puedan quedar por lo menos 2 espacios libres para instalaciones futuras.

Con las condiciones antes mencionadas seleccionaremos un tablero de distribución tipo I LINE de sobre poner marca SQUARE D y con numero de modelo LA400M61A con interruptor principal de 400 Amp.



Figura 4.5 Tablero I LINE LA400M61A

4.7 Alimentadores sub generales

Los alimentadores sub generales se entienden como los que salen del tablero general de distribución tipo I LINE de baja tensión ubicado en la subestación eléctrica y van hasta los tableros de distribución que se encuentran ubicados dentro del edificio

4.8 Cálculo del conductor alimentador sub general hacia tablero 1

Tablero “A” de distribución de alumbrado de 30 circuitos NQ304L100 con una carga instalada de 23.760 kw. Para el cálculo del conductor en sistemas trifásicos ocuparemos la siguiente formula:

$$I_n = \frac{P (f. d)}{\sqrt{3}(v. f)(f. p)}$$

Donde

I_n = Corriente nominal

P = Potencia en kw

$f.d$ = Factor de demanda

$v.f$ = Voltaje entre fases

$f.p$ = Factor de potencia

Datos

Potencia instalada	23.760 kw
Voltaje entre fases	220v
Voltaje entre fase y neutro	127v
Factor de demanda	100%
Factor de potencia	0.9

$$I_n = \frac{23760 (1)}{\sqrt{3}(220)(0.9)} = 69.22 \text{ Amp.}$$

De acuerdo a la tabla de la figura 4.3 el calibre a seleccionar para alimentar al tablero desde el tablero I LINE podría ser un conductor de calibre 4 que soporta una corriente de 95 Amp.

Pero quedaría solo con 25 Amp libres para ocuparlos a futuro así que mejor seleccionamos un calibre 2 que nos soporta 130 Amp. Y así podemos asegurar que si crece la instalación a futuro no tengamos que cambiar el calibre del alimentador

4.9 Cálculo del conductor alimentador sub general hacia tablero 2

Tablero “B” de distribución de contactos normales y fuerza de 30 circuitos NQ304AB225 con una carga instalada de 55.320 kw. Para el cálculo del conductor en sistemas trifásicos ocuparemos la siguiente formula:

$$I_n = \frac{P (f. d)}{\sqrt{3}(v. f)(f. p)}$$

Donde

I_n = Corriente nominal

P = Potencia en kw

f.d = Factor de demanda

v.f = Voltaje entre fases

f.p = Factor de potencia

Datos

Potencia instalada	55.320 kw
Voltaje entre fases	220v
Voltaje entre fase y neutro	127v
Factor de demanda	80%
Factor de potencia	0.9

$$I_n = \frac{55320 (0.8)}{\sqrt{3}(220)(0.9)} = 129.04 \text{ Amp.}$$

De acuerdo a la tabla de la figura 4.3 el calibre a seleccionar para alimentar al tablero desde el tablero I LINE podría ser un conductor de calibre 2 que soporta una corriente de 130 Amp.

Pero quedaría justo el conductor sin opción a meter más carga a futuro, así que vamos a seleccionar un conductor calibre 1/0 que nos soporta 170 Amp. Y así tendremos 40 Amp para instalar a futuro, por si crece la instalación.

4.10 Cálculo del conductor alimentador sub general hacia tablero 3

Tablero “R” de distribución de contactos regulados de 42 circuitos NQ424L225 con una carga instalada de 19.620 kw. Para el cálculo del conductor en sistemas trifásicos ocuparemos la siguiente formula:

$$I_n = \frac{P (f. d)}{\sqrt{3}(v. f)(f. p)}$$

Donde

I_n = Corriente nominal

P = Potencia en kw

$f.d$ = Factor de demanda

$v.f$ = Voltaje entre fases

$f.p$ = Factor de potencia

Datos

Potencia instalada	19.620 kw
Voltaje entre fases	220v
Voltaje entre fase y neutro	127v
Factor de demanda	100%
Factor de potencia	0.9

$$I_n = \frac{19620 (1)}{\sqrt{3}(220)(0.9)} = 57.21 \text{ Amp.}$$

4.10.1 Cálculo del regulador

Para poder tener un sistema regulado, para el funcionamiento del equipo electrónico sensible a las variaciones de voltaje como lo son los equipos de cómputo se tiene que instalar un regulador y este se tiene que dimensionar en base a la carga instalada, que es de 19.620 kw. Para calcular de que potencia se necesita instalar el regulador ocuparemos la siguiente formula:

$$S = \sqrt{3} * Vf * In$$

Donde

S = Potencia en kva

v.f = Voltaje entre fases

In = Corriente nominal

Datos

Potencia instalada	19.620 kw
Voltaje entre fases	220v
Voltaje entre fase y neutro	127v
Corriente nominal	57.21 Amp.

$$S = \sqrt{3} * 220 * 57.21 = 21.79 \text{ kva}$$

De acuerdo con nuestro calculo y para que el regulador trifásico opere a un 72% de su capacidad seleccionaremos el modelo LAN-330 de 30 Kva. Para lo cual debemos de considerar que el conductor alimentador debe de soportar la corriente que demande el regulador si se ocupa al 100%, dicho lo anterior ocuparemos la siguiente formula:

$$In = \frac{S (f. d)}{\sqrt{3}(v. f)(f. p)}$$

Donde

I_n = Corriente nominal

S = Potencia en kva

$f.d$ = Factor de demanda

$v.f$ = Voltaje entre fases

$f.p$ = Factor de potencia

Datos

Potencia del regulador	30 kva
Voltaje entre fases	220v
Voltaje entre fase y neutro	127v
Factor de demanda	100%
Factor de potencia	0.9

$$I_n = \frac{30000 (1)}{\sqrt{3}(220)(0.9)} = 87.47 \text{ Amp.}$$

De acuerdo a la tabla de la figura 4.3 el calibre a seleccionar para alimentar al regulador desde el tablero I LINE es un conductor de calibre 2 que soporta una corriente de 130 Amp.

4.11 Selección de protecciones para tableros 1,2 y 3

La protección que vamos a instalar para el tablero 1 (“TAB A”) va a ser una pastilla de 3 polos 100 Amp. Tanto en el tablero general tipo I LINE como en el mismo tablero de distribución colocándolo como interruptor principal.

La protección que vamos a instalar para el tablero 2 (“TAB B”) va a ser una pastilla de 3 polos 150 Amp. Tanto en el tablero general tipo I LINE como en el mismo tablero de distribución colocándolo como interruptor principal.

La protección que vamos a instalar para el tablero 3 (“TAB R”) va a ser una pastilla de 3 polos 100 Amp. Tanto en el tablero general tipo I LINE como en el mismo tablero de distribución colocándolo como interruptor principal.

4.12 Cálculo de la caída de tensión para los sub alimentadores de los tableros 1,2 y 3

La caída de voltaje de los circuitos alimentadores deberá ser como máximo del 5% entre la fuente principal de abastecimiento (Transformador o tablero de distribución) y el punto más lejano de la instalación, repartiéndola en forma equitativa entre el alimentador principal y los circuitos derivados en los edificios, sin que individualmente sobrepasen el 3% cada uno.

- **Cálculos para tablero 1**

Para lograr esto ocuparemos la siguiente fórmula para sistemas trifásicos:

$$e\% = \frac{2 (\sqrt{3})(L)(I_n)}{(v. f)(A)}$$

Dónde:

L= Longitud del alimentador

I_n= Corriente nominal

V.f= Voltaje entre fases

A= Área de la sección transversal del conductor en mm^2

Datos

Longitud	46 mts
Corriente nominal	69.22 Amp.
Voltaje entre fases	220v
Área del conductor	33.6 mm^2

$$e\% = \frac{2 (\sqrt{3})(46)(69.22)}{(220)(33.6)} = 1.49 \%$$

- **Cálculos para tablero 2**

Para lograr esto ocuparemos la siguiente fórmula para sistemas trifásicos:

$$e\% = \frac{2 (\sqrt{3})(L)(I_n)}{(v. f)(A)}$$

Dónde:

L= Longitud del alimentador

I_n= Corriente nominal

V.f= Voltaje entre fases

A= Área de la sección transversal del conductor en mm^2

Datos

Longitud	46 mts
Corriente nominal	129.04 Amp.
Voltaje entre fases	220v
Área del conductor	53.49 mm^2

$$e\% = \frac{2 (\sqrt{3})(46)(129.04)}{(220)(53.49)} = 1.74 \%$$

- **Cálculos para tablero 3**

Para lograr esto ocuparemos la siguiente fórmula para sistemas trifásicos:

$$e\% = \frac{2 (\sqrt{3})(L)(I_n)}{(v. f)(A)}$$

Dónde:

L= Longitud del alimentador

I_n= Corriente nominal

V.f= Voltaje entre fases

A= Área de la sección transversal del conductor en mm^2

Datos

Longitud	46 mts
Corriente nominal	87.47 Amp.
Voltaje entre fases	220v
Área del conductor	33.6 mm ²

$$e\% = \frac{2 (\sqrt{3})(46)(87.47)}{(220)(33.6)} = 1.88 \%$$

4.13 Diagrama unifilar

El diagrama unifilar es una representación gráfica de la instalación eléctrica o parte de ella, y en él se representan los aspectos más importantes de la instalación tales como tableros, conductores, protecciones, cargas conectadas, etc.

A continuación se muestra en la figura 4.6 el diagrama unifilar de la instalación eléctrica en baja tensión la cual fue la que diseñamos y calculamos.

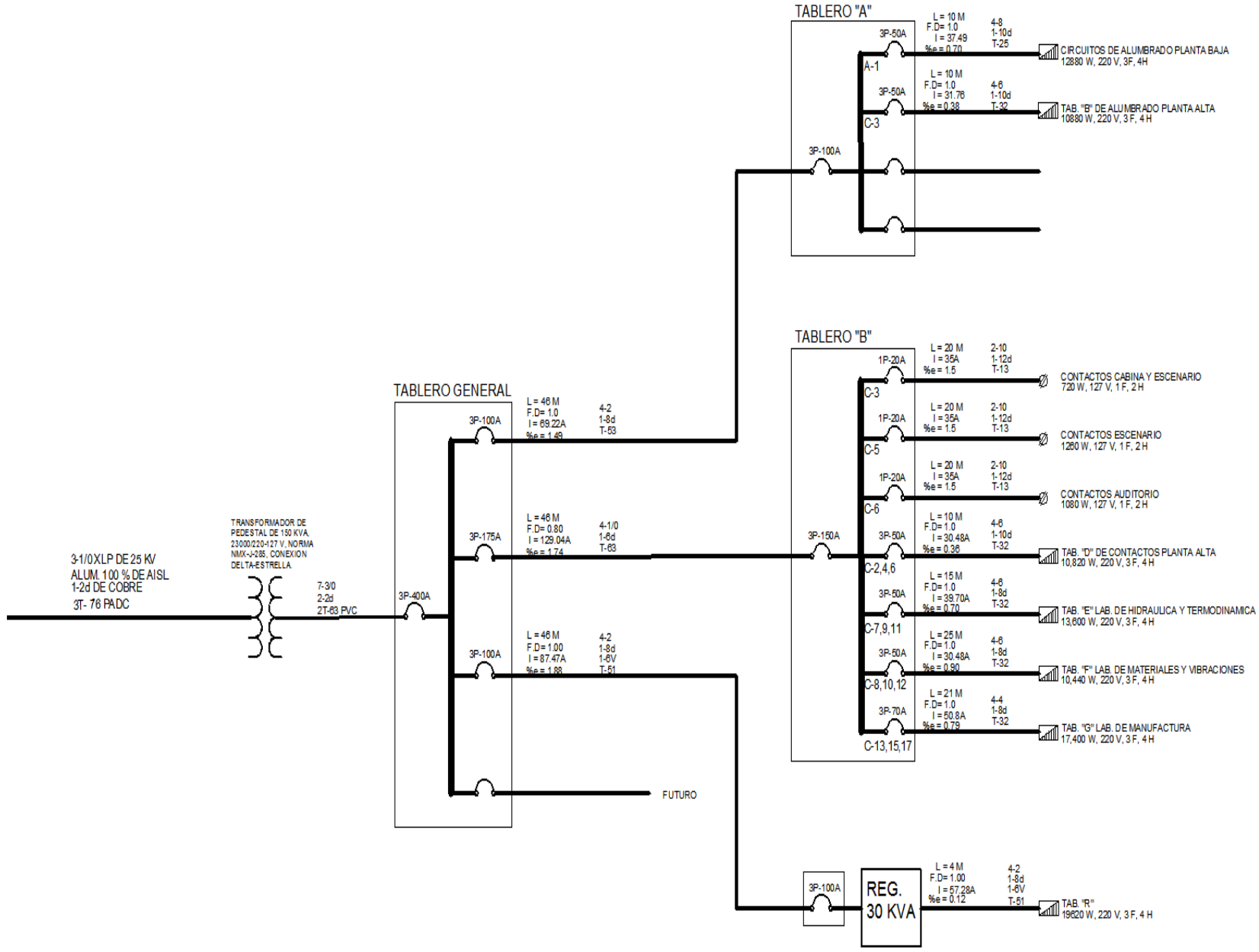


Figura 4.6 Diagrama unifilar de las instalaciones en baja tensión

Conclusión

En este trabajo se pudo observar cuales son los materiales que intervienen para poder diseñar una instalación eléctrica en media tensión, muy particularmente una transición aérea- subterránea.

En este caso particularmente se tuvo que hacer una derivación de una línea existente con una caja derivadora para alimentar un transformador nuevo, las bases de diseño que se establecieron aquí pueden usarse para poder diseñar y calcular cualquier instalación eléctrica en media tensión.

Aquí mismo podemos darnos cuenta que para poder diseñar y realizar una instalación eléctrica en baja tensión existen diferentes tipos de materiales para poder ejecutar una instalación eléctrica segura, confiable y sobre todo que cumpla con la norma NOM- 001-SEDE-2012 utilización.

Después de la elaboración de este trabajo puedo concluir que los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera me han ayudado a desempeñar mejor mi trabajo, como la realización de instalaciones y proyectos en media y baja tensión.

Bibliografía

“Elementos de diseño de subestaciones eléctricas”

Autor: Ing. Gilberto Enríquez Harper

Editorial Limusa

“Manual eléctrico viakon”

Tercera edición enero 2012

Conductores Monterrey

“El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales”

Autor: Ing. Gilberto Enríquez Harper

Editorial Limusa

NOM-001-SEDE-2012. (2012). Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas

CFE. (2013). Comisión Federal de Electricidad. Normas de distribución y construcción de instalaciones aéreas en media y baja tensión

Revista Electrónica Nova Scientia

Selección y Espaciamiento de Apartarrayos en Líneas de Distribución de 23 kV de la Zona Centro.

Cisneros-Villalobos¹, F. Aquino-Roblero¹, M. Tecpoyotl-Torres¹, J. Chillopa-Linares¹ y D. Martínez-Martínez

[http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/powersystems/resources/library/500_](http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/powersystems/resources/library/500_LoadbreakConnectors/500107EA.pdf)

[LoadbreakConnectors/500107EA.pdf](http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/powersystems/resources/library/500_LoadbreakConnectors/500107EA.pdf)

<http://www.cdeln.com/?q=aplicacion/distribucion-media-tension-subterranea>

<https://docplayer.es/21703989-Apartarrayos-de-oxidos-metalicos-para-subestaciones.html>

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000200339

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/801/A7.pdf>

<http://www.dee.ufrj.br/~acsl/grad/equipamentos/IEEE-std80.pdf>

http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5280607