

2017

Ingeniería eléctrica

Reporte de residencia profesional:

**CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITO DE MEDIA
TENSIÓN SUBTERRÁNEO 1C-3F/4H-13.2 KV
PARA ALIMENTAR LA PLAZA FASHION MALL
EN LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIERREZ,
CHIAPAS**

Asesor interno:

Ing. Luis Alberto Pérez Lozano

Asesor externo:

Ing. Iván A. Morales Estrada

Alumno:

Zutuj Moreno Elías Alexander

Comisión Federal de Electricidad

26 de junio del 2017



Glosario

KVA = Kilo Volt Ampere.

KV = kilovolts.

PVMT = Pozo de Visita de Media Tensión "A" arroyo o "B" banqueta.

CFE = Comisión Federal de Electricidad.

RMT = Registro de Media Tensión "A" arroyo o "B" banqueta.

PROCTOR = Grado de Compactación de un Terreno.

PAD = Polietileno de Alta Densidad liso.

PADC = Polietileno de Alta Densidad Corrugado.

RD19 o RD13.5 = Clasificación de tubería según su rango de presión de trabajo.

PHD = Perforación Horizontal Dirigida.

LAPEM = Laboratorio de Pruebas Equipos y Materiales.

M.T. = Media Tensión.

B.T. = Baja Tensión.

AMPACIDAD = Cantidad de corriente en un conductor.

AMPACIDAD PERMISIBLE = Máxima intensidad de corriente en un conductor.

ΔU_{III} = Caída de tensión de línea trifásica en voltios.

R = Resistencia de la línea en Ω .

X = Reactancia de la línea en Ω .

P = Potencia en vatios transportada por la línea.

UU1 = Tensión de la línea trifásica.

$\tan\phi$ = Tangente del ángulo correspondiente al factor de potencia de la carga.

R tca = Resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura θ .

R tcc = Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura θ .

R_{20cc} = Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C.

Y_s = Incremento de la resistencia debido al efecto piel (o efecto skin).

Y_p = Incremento de la resistencia debido al efecto proximidad.

α = Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura.

ρ_θ = Resistividad del conductor a la temperatura θ .

ρ_{20} = Resistividades del conductor a 20°C.

S = Sección del conductor en mm².

L = Longitud de la línea en m.

I_n = Corriente nominal.

V_f = Tensión nominal entre fases.

$P_3 \emptyset$ = potencia activa nominal.

F.P = Factor de potencia.

$S_3 \emptyset$ = Potencia aparente nominal.

F.A = Factor de agrupamiento.

F.T = Factor de temperatura.

IC = Corriente corregida.

I_{cc} = Corriente de cortocircuito, en amperes.

XLP = Polietileno reticulado.

W = Watts.

KW = Kilowatts.

VLF = Voltaje de Línea en baja Frecuencia.

AUTOCAD = computer assisted drawing.

DEPRORED = Desarrollador de Proyectos de Redes Eléctricas de Distribución.

Índice

Glosario. -----	Pág. 1
1.-Introducción.-----	Pág. 5
1.1.-Antecedentes. -----	Pág. 5
1.2.-Estado del arte. -----	Pág. 6
1.3.-Justificación. -----	Pág. 7
1.4.-Objetivos. -----	Pág. 7
1.5.-Metodología. -----	Pág. 8
2.-Fundamento teórico. -----	Pág. 9
2.1.-Redes de distribución subterránea en México. -----	Pág. 9
2.2.-Ventajas y desventajas de la distribución subterránea. -----	Pág. 9
2.3.-Tipos de líneas subterráneas. -----	Pág. 10
2.3.1.-Cables directamente enterrados. -----	Pág. 11
2.3.2.-Cables subterráneos en ductos. -----	Pág. 14
2.4.-Tipos de sistemas en instalaciones subterráneas. -----	Pág. 26
2.5.-Norma subterránea de CFE. -----	Pág. 29
2.5.1-Capítulo 3: construcción en media y baja tensión. -----	Pág. 29
2.5.1.1.-Obra civil. -----	Pág. 29
2.5.1.2.-Obra Electromecánica. -----	Pág. 33
2.6.-NOM001-SEDE-2012. -----	Pág. 38
2.6.1.-Artículo 923: Líneas subterráneas. -----	Pág. 38
2.6.2.-Artículo 310: Conductores para alambrado en general. -----	Pág. 40
2.7.-Selección de conductor para líneas subterráneas. -----	Pág. 43
2.8.-Empalmes para líneas subterráneas. -----	Pág. 49
3.-Desarrollo. -----	Pág. 53

3.1.-Procesos administrativos de la obra (licitaciones, permisos). ----	Pág. 53
3.2.-Levantamiento eléctrico. -----	Pág. 54
3.3.-Elaboración de plano proyecto. -----	Pág. 55
3.4.-Elaboración de catálogo de conceptos. -----	Pág. 55
3.5.-Demolición de concreto a cielo abierto (banqueta). -----	Pág. 59
3.6.-Demolición de concreto a cielo abierto (arroyo). -----	Pág. 60
3.7.-Excavación de zanja para registro (banqueta, arroyo). -----	Pág. 61
3.8.-Excavación de zanja para pozos de visita (Banqueta, arroyo). ----	Pág. 63
3.9.-Construcción de banco de ductos con PHD. -----	Pág. 64
3.10.-Instalación de registros y pozos de visita (arroyo, banqueta). ----	Pág. 66
3.11.-Excavación de canalización para banco de ductos. -----	Pág. 67
3.12.-Instalación de ductos PADC (arroyo y banqueta). -----	Pág. 68
3.13.-Reposición de pavimento de concreto y guarnición. -----	Pág. 70
3.14.-Instalación de tapa y aro 84A, 84B. -----	Pág. 71
3.15.-Instalación de cable de aluminio XLP calibre 500 MCM, 133% 15Kv por método manual (arroyo). -----	Pág. 72
3.16.-Instalación de cable de aluminio XLP calibre 500 MCM, 100% 15Kv por método manual (banqueta). -----	Pág. 75
3.17.-Instalación empalmes tipo “recto” en pozos de visita. -----	Pág. 76
3.18.-instalación de terminales tipo “T” y pruebas a cable XLP. -----	Pág. 78
3.19.-Elaboración de plano definitivo en programa DEPRORED. ----	Pág. 80
4.-Cálculos para selección de conductor. -----	Pág. 82
5.-Conclusión. -----	Pág. 88
5.1.-Referencias bibliográficas. -----	Pág. 89

1.- introducción.

1.1.- Antecedentes.

A principios de la década de 1890 se comenzaron a utilizar los primeros cables eléctricos subterráneos en México para la explotación de minas, textiles y otros usos, aunque en ese entonces fueron de escasa cuantía, lo que provocó que las redes de distribución subterránea no fueran tomadas de mucha importancia.

La evolución de las redes subterráneas en México inició a partir de los últimos 4 años del siglo XIX y principios del siglo XX para abastecer de energía a usuarios industriales y domésticos en la Ciudad de México, en la década de los 60 se inició en CFE la construcción de sistemas subterráneos de distribución; inicialmente se construyeron anillos subterráneos con transformadores tipo poste.

Los primeros transformadores pedestales eran de frente vivo. A partir de 1970 se introdujeron los transformadores tipo sumergible y pedestal de frente muerto, y con ellos conectores pre moldeados separables, en la década de los 80 los inversionistas tuvieron un gran interés de construir redes subterráneas en desarrollos turísticos, comerciales y residenciales de alto nivel.

Actualmente se siguen utilizando redes de distribución aérea para la alimentación de zonas urbanas, debido al pensamiento incorrecto de que este tipo de red es más barato, sin analizar las pérdidas que pueden generarse a largo plazo (cortes de suministro eléctrico en las zonas, choques de vehículos en las estructuras de media tensión, desastres naturales, pérdidas de vidas humanas, fallas de algún dispositivo de la estructura o independiente).

Al surgir problemas en las redes aéreas conllevan a gastos muy elevados que pueden ocasionar pérdidas para la empresa, esto no pasaría si el suministro de energía eléctrica fuera subterráneo. Al analizar estos sistemas a largo plazo demuestra que se pueden obtener menos pérdidas económicas, una mayor calidad y eficiencia de energía eléctrica, además de contribuir a menores pérdidas de vidas humanas y una menor contaminación visual.

El siguiente proyecto tiene como objetivo definir y describir paso a paso lo que conlleva una instalación eléctrica en media tensión subterránea, la obtención de los permisos que este implica para su correcta ejecución y puesta en servicio. Así también como el suministro de energía eléctrica a la “**plaza fashion mall**” ubicado en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. [\[Índice\]](#)

1.2.- Estado del arte.

Percy H. Thomas, presenta un nuevo método de interconexión de fuentes de energía. La idea central es la superposición de una red de alta tensión de líneas de distribución en un solo circuito a fin de suministrar un medio en el que la corriente pueda fluir en cualquier dirección general, similar a la red subterránea de las compañías de Edison. La energía en cualquier parte del distrito puede ser alimentada en la red y puede ser sacada en cualquier otro punto sin pérdida. [1]

Eric T. B. Gross, propone la utilización de relés de fuga a tierra para indicar la ubicación de fallas de tierras únicas si se utiliza bobinas de falla a tierra en sistemas de cabecera de alta tensión y redes de cables subterráneos. Explica la influencia de la resistencia de contacto en el punto del suelo, describe los relés de fuga a tierra en redes compensadas, su funcionamiento en redes radiales y malladas y los medios para determinar su correcto funcionamiento. [2]

H. Becker; J. Buter; W. Kiwit; D. Oending; E. Rumpft, presentan los resultados de la transmisión subterránea de alta potencia del estudio “Transmisión y distribución eléctrica de alta potencia en zonas densamente pobladas”, diseñan y comparan modelos para la transmisión de corriente alterna y continua en vista económica. Se presenta especial atención a las técnicas de cable y SF6 con refrigeración natural y forzada y a las técnicas de superconducción. [3]

Yu Xiang; Joseph F.G. Cobben, proponen un método para la localización de fallas en redes de media tensión con cables subterráneos utilizando el teorema de bayes, el enfoque propuesto considera varias incertidumbres importantes en una red de M.T, incluyendo errores de medición, resistencia a fallos de falla y las imprecisiones de parámetros de secuencia cero. [4]

Michael Seidel; Kanna Krishnan; Richard White; James Evans, presentan un nuevo método para el diagnóstico de la integridad de los cables neutros concéntricos en cables subterráneos de distribución de energía. El método consiste en la utilización de un chip de campo magnético anisotrópico (AMR) para la observación de picos en las corrientes neutras concéntricas individuales esto para el diagnóstico de roturas en neutrales concéntricos. [5]

Elías A. Zutuj Moreno, realiza el proyecto “**CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITO DE MEDIA TENSIÓN SUBTERRÁNEO 1C-3F/4H -13.2 KV PARA ALIMENTAR LA PLAZA FASHION MALL**” con la finalidad de obtener un transporte de energía eléctrica más óptima, segura, eficiente y con mayor calidad. [\[Índice\]](#)

1.3.-Justificación.

El conocimiento actual sobre las redes de distribución en México es muy poca, aunque actualmente existe un gran interés en el desarrollo de este tipo de proyectos subterráneos; principalmente en lugares donde se presenta muchos tipos de fenómenos atmosféricos y físicos que afectan gravemente a las líneas de distribución aéreas (principalmente en el cableado eléctrico), además de tener mejores cuestiones estéticas, menos contaminación visual y ambiental.

Aunque actualmente las líneas de distribución subterráneas son más costosas en cuanto a su construcción que las líneas de distribución aérea podemos notar mayores beneficios en este tipo de líneas de distribución ya que con este tipo de línea de distribución se puede reducir notablemente el riesgo que se genera a la población y podemos obtener un menor impacto visual negativo en las áreas con mucha densidad urbana.

Por estas y más cuestiones podemos aumentar la confiabilidad y seguridad, al mismo tiempo que estamos reduciendo el tiempo de interrupción al usuario. La necesidad de agilizar y distribuir el servicio eléctrico en las áreas rurales y urbanas ha permitido el avance de las redes subterráneas, debido a su calidad de planeación urbanística al contrario de las redes aéreas que se pueden complicar la planificación y ejecución de estas obras. [\[Índice\]](#)

1.4.- Objetivos.

Objetivo general:

“Construcción de circuito de media tensión subterráneo 1c -3F-4H, 13.2kv para alimentar la PLAZA FASHION MALL en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”

Objetivos específicos:

- 1.- Aplicar las normas para Construcción de Instalaciones Subterráneas para Distribución (NOM-001-SEDE-2012. Artículo 923 “instalaciones subterráneas”; normas cfe “redes de distribución subterránea”.
- 2.- Diseñar de manera correcta la línea de media tensión subterránea, bajo el régimen de las normas subterráneas de CFE (plano proyecto).
- 3.- Realizar la supervisión de la construcción subterránea mediante la gestión e inversión de CFE.
- 4.- Actualización del diseño de plano con base en trabajos ejecutados (plano definitivo).
- 5.- Puesta en servicio de la instalación subterránea.

[\[Índice\]](#)

1.5.- Metodología.

A continuación se puede observar el diagrama a bloques para la correcta ejecución de la obra “Construcción de circuito de media tensión subterráneo 3F-4H, 13.2kv para alimentar la PLAZA FASHION MALL”. [\[índice\]](#)

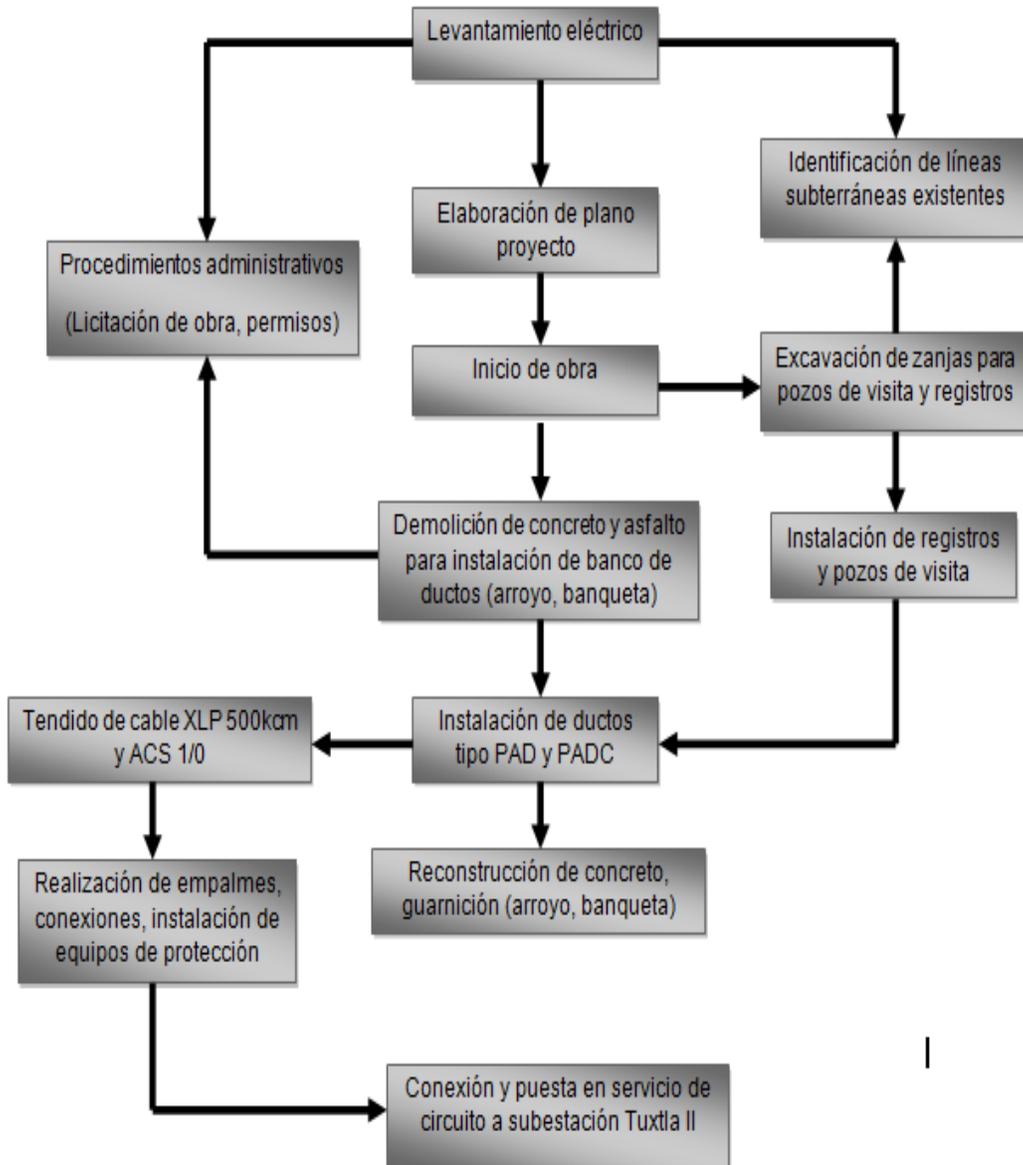


Figura 1.1- Diagrama a bloques de proyecto fashion mall.

2.-Fundamento teórico.

2.1.-Redes de distribución subterránea en México.

Los inicios de las redes de distribución en México se dan en el año de 1924 con la introducción de 3 alimentadores en forma radial con capacidad de 3000 V, poco después en los años de 1926 se instalaron 2 nuevos alimentadores en forma radial permitiendo que la capacidad aumentara el doble con 6000 V.

En los años de 1928 se instaló una red automática en la subestación Nonoalco con 3 alimentadores radiales que daban 6000 V. para el año de 1937 se tenía una carga instalada de 10400 KVA. Para el comienzo de 1940 nació la subestación “Jamaica” que contaba con una red automática de 3 alimentadores de 6000 V. Debido a la gran demanda se construye en 1950 la red automática de “Reforma” que constaba de 5 alimentadores de 6000 V.

Para la década de 1960 la demanda de consumo aumenta tal que se inicia con el proyecto de una red central que abastecería la gran demanda, esta nueva red contaría con una entrega de hasta 23 000 V (esta fue la tensión de distribución más alta en esa época en un sistema de red subterránea). Actualmente en la Ciudad de México los sistemas subterráneos están constituidos en las delegaciones miguel hidalgo, Cuauhtémoc y las colonias centro, Morelos.
[\[índice\]](#)

2.2-Ventajas y desventajas de la distribución subterránea

Aun en la actualidad el uso de las redes de distribución aérea son más comúnmente utilizados que las redes de distribución subterránea debido a varios factores que implican una clara ventaja en la otra, entre ellas esta principalmente el costo o inversión que se necesita para realizar el proyecto de una red subterránea (1.5 veces más caro que un proyecto aéreo), aunque bajo a algunas condiciones es más óptima y barata la realización de una red subterránea.

Esta se debe principalmente al tipo de terreno en el que se realizara el circuito ya que este nos indica si la tierra es fácil de cavar, si existen pocas rocas, si la tierra no tiene ningún obstáculo subterráneo (ductos de agua, cables telefónicos) con esto podríamos facilitar la instalación de cables subterráneos más rápidamente y por un costo menos a un aéreo.

En áreas urbanas demasiado pobladas los circuitos subterráneos serian una clara opción; debido al aumento de circuitos necesarios para abastecer o suministrar a la población, el espacio en el suelo que facilita su instalación. En algunas áreas rurales, el costo de los circuitos subterráneos son muy caros especialmente si la

distancia que existe entre la parte distribuidora y la parte consumidora de energía es muy larga y el consumo que se abastecerá es muy poca en comparación a un área urbano. Otro aspecto que se puede encontrar como variante entre estos dos tipos de distribución es la “estética”, debido a que en zonas urbanas, áreas residenciales, parques, áreas de fauna y áreas turísticas los circuitos aéreos se ven completamente horribles debido a su forma de construcción (postes, transformadores, cables).

Al mismo tiempo la existencia de circuitos existentes que están viejos o que fueron afectados por fenómenos naturales o artificiales dan un mal aspecto visual a la zona, en cambio un circuito subterráneo nos permite librarnos de todos esos problemas sin impactos visuales a la vista, los arboles sustituyen a los conductores aéreos, no existen postes que delimiten el tránsito de las personas (en aspecto de postes instalados sobre banqueta).

Otro aspecto que diferencia entre estos dos tipos de líneas es su “mantenimiento” esto debido a que en las líneas aéreas se pueden encontrar muchas fallas constantemente (averías en las líneas, caídas de tensión muy grandes, interrupciones de larga duración, transformadores dañados, caída de postes, etc.) en cambio en las líneas subterráneas se pueden encontrar pocas fallas pero cuando se genera una falla es más difícil la detección del punto de falla en esta.

La línea subterránea requiere menos mantenimiento periódico, de acuerdo a la CEA (Canadian Electricity Association) en un estudio realizado en 1992 se estimó que el mantenimiento requerido a un circuito subterráneo era en promedio un 2% de inversión del sistema mientras que en el circuito aéreo el promedio fue de 3 a 4 % de inversión lo que significaba un mayor aumento de costo en mantenimiento a estas líneas aéreas. [\[Índice\]](#)

2.3.-Tipos de líneas subterráneas.

Para poder determinar el tipo de línea subterránea más óptima es necesario tomar en cuenta aspectos que pueden influir en la selección de esta:

- 1.-Disposicion más adecuada y económica de la instalación
- 2.-Condiciones que afectan la instalación subterránea (humedad, temperatura, protecciones de la instalación)
- 3.-Características de la demanda de carga, densidad de carga, factor de crecimiento de carga.

Estos anteriores factores también influyen en la decisión de la ruta o trayectoria de los circuitos y los aspectos para ampliaciones eléctricas futuras. Todos estos

aspectos nos facilitan la selección del tipo de línea subterránea más apropiada. [\[índice\]](#)

2.3.1.-Cables directamente enterrados:

Este tipo de instalación es utilizado comúnmente en otros países (actualmente en México no se utiliza), este método es usado en lugares donde la excavación de zanja no ocasiona molestias, donde no se encuentran construcciones, donde exista la posibilidad de abrir zanjas posteriormente para cambio de dirección de cables, reparación o aumento de circuitos (jardines, parques, campos abiertos sin edificaciones existentes).

La ventaja principal de este tipo de instalación es que existe una menor exposición por dobleces excesivos, deformaciones presentes en la instalación, tensiones de cables muy grandes, la disipación térmica en este tipo de instalación es mayor, pues tiene entre 10 a 20 % más posibilidades de disipación que la instalación en ductos subterráneos, gracias a la instalación de cables directamente enterrados podemos obtener una máxima rapidez de instalación y seguridad además de que el costo de este tipo de obras se reduce notablemente en comparación a otro tipo de instalaciones.

La clara desventaja que se puede observar de este tipo de instalación es el tiempo de reparación de alguna falla o al aumentar el número de circuitos a futuro, estos factores reducen drásticamente el uso de este tipo de instalación.

Para poder comenzar con el trazado de la trayectoria de nuestra instalación debemos tomar en cuenta si existen edificaciones (casas, edificios) las condiciones topográficas del lugar (tipo de terreno, deslaves), existencia de otras construcciones subterráneas (acueductos, gasoductos, alcantarillados, fibra óptica, etc.) todo estos factores son necesarios para poder generar una trayectoria subterránea lo mas rectilínea posible ya que esto nos genera un menor consumo de cables eléctricos y la prevención de daños a futuro por las excavaciones.

Cuando se tenga que disponer de trayectorias curvas, se debe cuidar que el radio de curvatura o abertura de los cables sean de más de 90° para evitar el daño de estos durante la instalación, al momento de trazar nuestra trayectoria debemos conocer la existencia de instalaciones subterráneas, puesto que nuestros cables no deben quedar directamente arriba o abajo de las líneas subterráneas existentes. Se requiere evitar que nuestra trayectoria atraviese terrenos inestables o altamente corrosivos ya que estas pueden afectar gravemente a nuestros cables al momento de la instalación o subsecuentemente a futuro de su instalación.

a).-Tipos de instalación de cables directamente enterrados.

Existen diferentes tipos de configuración de instalación de cables que nos permite ampliamente seleccionar el tipo de configuración más óptima y segura, todo esto acorde a nuestra necesidad de instalación.

1.-Instalacion de cables monoplares en forma horizontal.

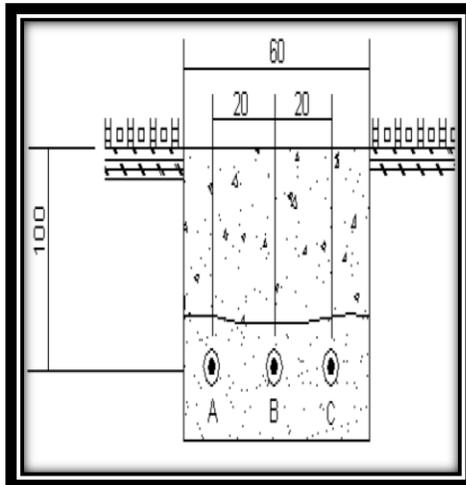


Figura 2.1.-Formacion horizontal.

2.-Instalacion de cables monoplares en forma trébol de un solo circuito.

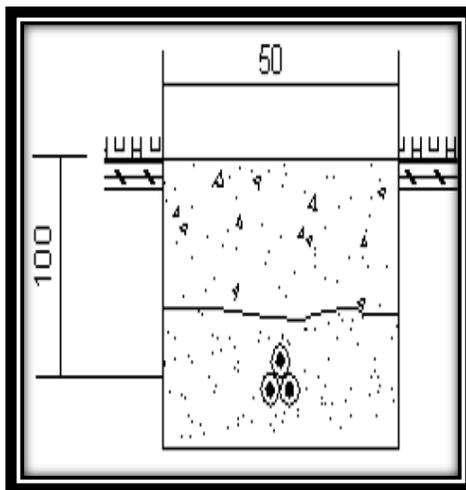


Figura 2.2.-Formación trébol.

b).-Excavación de zanjas.

La ejecución de excavación de las zanjas debe siempre estar ligada a la ejecución del tendido del cable y por lo consiguiente los trabajos de excavación se deben ejecutar al mismo tiempo de la preparación del tendido del cable. Estos trabajos se hacen en lugares donde los terrenos son flojos y las zanjas se azolven fácilmente, en lugares urbanos o densamente transitados, lo que limita el tiempo de excavación e instalación en estos lugares.

La ejecución de excavación en zanja con algún equipo mecanizado en aéreas industriales o urbanas se limitan a una profundidad de 40 cm, esto para evitar daños a instalaciones subterráneas existentes en esa zona , después de la excavación de 40cm con equipo mecánico se procede a la excavación con pura herramienta manual, esto hasta la profundidad deseada o escogida para la instalación del cable, al igual que la excavación con herramienta mecánica se debe tener cuidado de no dañar alguna instalación existente al momento de continuar la excavación con herramienta manual.

La profundidad mínima que se puede excavar para la instalación de “cables directamente enterrados” es de 60 mcm (el ancho de la excavación varía de acuerdo con el numero de cables o circuitos que se instalaran en la zanja). Si el trayecto de los cables pasa por calles o en cruces con alto índice de tráfico es necesaria la colocación de ductos de cemento-asbesto o pvc, en conjunto con la colocación de lozas de concreto armado, esto sobre todo el trayecto afectado para no afectar a futuro estos cables.

Terminando correctamente con la excavación observando que la profundidad de la zanja ha sido correctamente ejecutada, se pasara rápidamente a limpiar el fondo de la zanja, procurando dejar libre de productos que puedan dañar notablemente a los cables que se instalaran durante el relleno y compactación final (palos, piedras, clavos, etc.) al mismo tiempo se realizara el correcto nivelado y compactado del lecho de la zanja con herramienta mecánica, si es necesario se podrá colocar una capa de arena convencional o de baja resistividad térmica que servirá como colchón y mejoramiento de disposición térmica para nuestros cables. [\[índice\]](#)

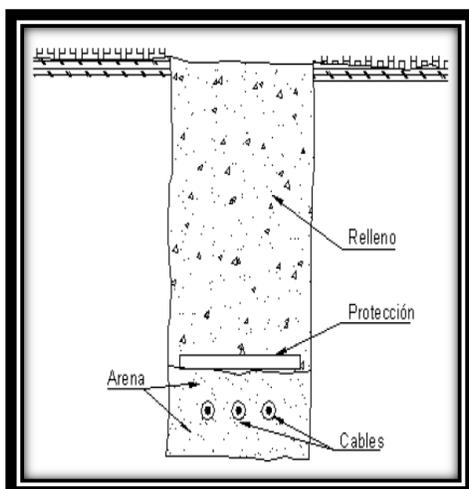


Figura 2.3.-Instalacion de cable directamente enterrado.

2.3.2.-Cables subterráneos en ductos:

Este tipo de instalación subterránea es la más utilizada, mayormente utilizado en industrias, sistemas de distribución comercial y en lugares donde se requiera una red flexible (cambios de dirección, reparaciones, ampliaciones), donde sea necesario atravesar zonas construidas, caminos de máximo flujo de tránsito, donde no es posible abrir zanjas para cambio de cables o para aumentar los circuitos constantemente. En las zonas urbanas es más común la construcción de banco de ductos para dar suministro de energía eléctrica a los usuarios.

Este tipo de instalación subterránea debe seguir lo más conveniente una trayectoria recta entre los extremos. Si al momento de la realización de la trayectoria de la instalación se encuentran estructuras subterráneas que están paralelas a esta; entonces los cables no deben instalar directamente arriba o abajo de estas líneas existentes. Se debe evitar completamente que los ductos subterráneos a instalar atraviesen terrenos inestable o altamente corrosivos.

Si por algún motivo critico se cambia totalmente en algunas direcciones, estos cambios se harán por medio de pozos de visita (PVMTA o PVMTB tipos "P, L, T") que serán de dimensiones especificadas con forme a las necesidades de la instalación.

Para poder seleccionar el ducto correcto para nuestro banco de ductos debemos tomar en cuenta las características de nuestro cable seleccionado para el suministro de energía, además también afecta en nuestra selección el tipo de terreno, el tamaño (ancho y profundidad) y la ruta o trayectoria que llevara el banco de ductos; aunque, debido a que no en todas las trayectorias se pueden observar las mismas características de terreno o asegurar que no existen líneas

subterráneas existentes no es posible ejecutar la obra tal y como el diseñador lo plasmó en los “planos proyecto” realizados.

Los parámetros que se deben considerar para la selección correcta del tamaño de ductos son:

➤ **Relleno del ducto:**

Este parámetro es muy importante ya que está relacionado principalmente con la disipación de calor, esto quiere decir, que entre más relleno en los bancos de ductos se genera un mayor sobrecalentamiento en los cables, lo que puede provocar una mayor pérdida en el sistema eléctrico.

$$\% \text{ Relleno} = \frac{\sum \text{Área de los cables}}{\text{Área del ducto}} \leq 40\%$$

Figura 2.4.-Formula en porcentaje para relleno de ductos.

➤ **Acuñamiento:**

Este efecto se presenta cuando 3 o más cables se jalan los en un ducto con curva o cuando el cable se tuerce impidiendo el paso continuo del cable en los ductos, por este motivo debemos observar la relación que existe entre el diámetro interior de un ducto y el diámetro exterior del cable. Si el diámetro interior del ducto es siempre mayor al diámetro exterior de nuestro cable entonces las posibilidades de que se genere un Acuñamiento es mínimo. [\[índice\]](#)

A.-Ductos:

Para poder obtener la correcta dimensión de los ductos es necesario conocer la cantidad de cables que se alojaron dentro del ducto, al igual que el diámetro externo de cada cable. Las empresas de energía (CFE) son las encargadas de normalizar las características y dimensiones de los ductos y a su vez del banco de ductos, estas normas deben ser respetadas al 100% por las empresas dedicadas a obras eléctricas subterráneas.

El número de ductos que se colocaran en el banco de ductos depende de la necesidad de carga de suministro, o de la empresa a la que se le requiera suministrar (en instalaciones subterráneas públicas se deberá dejar uno o dos ductos adicionales para reserva a futuro).

Los ductos que se utilizan para las instalaciones subterráneas deben estar echas de un material resistente a ciertos factores que pueden afectarlos como: esfuerzos mecánicos, humedad, químicos corrosivos, etc. El material de construcción de los

ductos debe seleccionarse y diseñarse de tal manera que cuando exista una falla en un cable en cualquier ducto no sea capaz de extenderse a los ductos adyacentes. El concreto que se usara y la resistencia de la misma dependerán sobre todo de la carga que se impondrá sobre los ductos, en los cruces de calles o en lugares con alto índice de tráfico se debe colocar una losa de concreto armado sobre el banco de ductos.

El cambio de dirección de la trayectoria de los ductos ya sea vertical u horizontal se aran por medio de registros y pozos, la distancia entre estos registros en un tramo recto no debe ser mayor a 100 m, esto debido a problemas que se puedan ocasionar al momento de la instalación del cable. La pendiente mínima que se puede tolerar para un banco de ductos es de 1%, para evitar que los ductos se llenen de agua, facilitando de esta agua se drene a los pozos de visita.

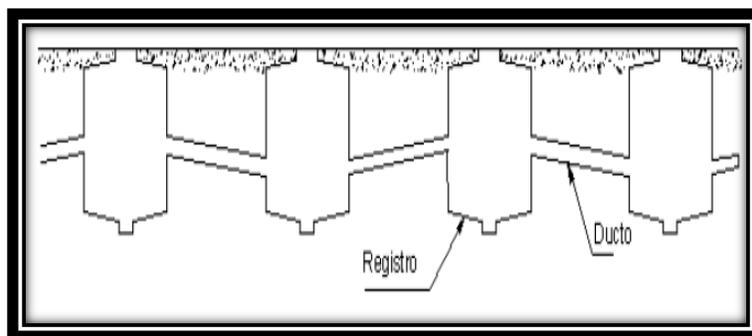


Figura 2.5.-Tipos de pendientes para banco de ductos.

Los bordes de los extremos de los ductos dentro de pozos, registros, bóvedas y cualquier otro recinto deben tener los bordes redondeados y bien abocinados (emboquillados), esto para evitar daño a los cables al momento de instalarlos. Los ductos deben quedar en un terreno bien compactado o quedar soportados adecuadamente para evitar esfuerzos cortantes en ellos. Se deberán evitar en todo momento curvas en el ducto entre los tramos de un registro a otro o de un pozo a otro; si no se puede evitar estas curvas se verificara que el radio de curvatura sea lo más grande posible para evitar una mayor resistencia al instalar los cables en los ductos (a menor radio de curvatura mayor tensión de jalón).

B.-Excavación de zanja para cables:

Terminado el trazo de trayectoria donde se instalara los cables, tomando siempre encuentra la existencia de obstáculos que podrían generar problemas a la hora de instalarlos (instalaciones subterráneas existentes, edificios), se comienzan con los trabajos de excavación de zanjas o canalización para la instalación de nuestro banco de ductos, tomando siempre las correctas medidas de seguridad y señalización adecuadas en las zonas de trabajo, esto con la finalidad de evitar la interrupción de peatones o principalmente de vehículos.

Para los puntos de excavación de zanjas donde existe muy alto nivel de tráfico vehicular o peatonal es recomendable cubrir la zanja con una plancha de acero, para excavaciones en banqueta el uso de tarimas de madera o barreras limitadoras en el área de trabajo, esto para evitar lo máximo de daños. Durante la etapa nocturna se debe colocar señalizaciones de precaución luminosas que indiquen el peligro que existe en esta área de trabajo.

Las dimensiones de la zanja, dependerán del número de ductos y cables que se alojaran en la zanja, así también como las tensiones de operación que se produzcan. La excavación de las zanjas pueden ser realizadas por métodos manual, mecanizado o ambas, esto dependerá del tipo de terreno en el que se realizara y el tipo de obstáculos que se encuentren en el tramo de excavación (tubos de agua y gas, drenaje, fibra óptica, cables eléctricos subterráneos).

Si en algún caso la excavación de zanja se realiza con método mecánico y se encuentran obstáculos o servicios subterráneos que no fueron contemplados en la trayectoria, entonces será necesario interrumpir la excavación con herramienta mecánica y continuar esta misma con herramienta manual (pala, pico) para no dañar estos servicios. Si en dado caso no existiese ningún tipo de servicios subterráneos en la trayectoria se considerara el uso de equipo mecanizado para dicho tramo, reduciendo con esto los costos económicos (mayor número de persona y herramienta manual) y de tiempo (tiempo en el que se realiza la excavación). [\[índice\]](#)

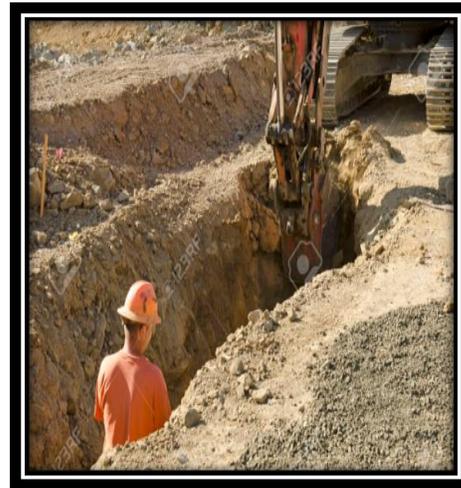


Figura 2.6.-Excavacion manual. **Figura 2.7.-**Excavacion con maquinaria.

C.-Tipos de instalación de ductos y cables en zanja:

1.-Dos circuitos en ductos separados.

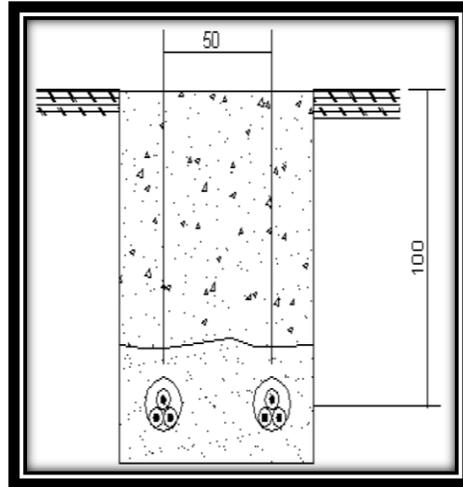


Figura 2.8.-Cables en formación trébol en ductos.

2.-Un circuito de tres cables en ductos separados.

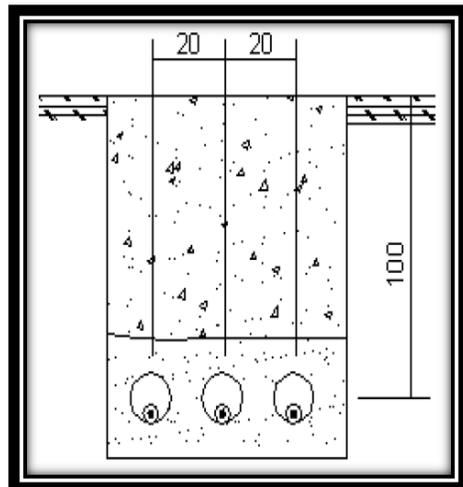


Figura 2.9.-Cables en formación horizontal en ductos.

D.-Pozos de visita:

El pozo de visita es un elemento de infraestructura utilizado más comúnmente en las áreas urbanas, estos pozos permiten un acceso, desde la superficie a diversas instalaciones subterráneas de servicio público (en este caso eléctrico), este permite la óptima función de facilitar el acceso necesario para realizar labores de inspección, mantenimiento y reparación de infraestructuras subterráneas, ventilación, esto para evitar la acumulación de gases o agua en los ductos. El

acceso está protegido por una tapa de registro, esta tapa esta echa de hierro fundido, hormigón o plástico reforzado con vidrio.

En un sistema de banco de ductos se debe colocar pozos de visita en cada cambio de dirección, al igual que, en trayectorias rectas (cuando el trayecto sea mayor de 100 m). Cuando un pozo de visita tenga como fin la realización de un empalme, en este deberá tener espacio suficiente para estos, además del espacio para poder maniobrar estos empalmes, las bocas de los ductos deben estar correctamente emboquilladas y pulidas, estos pozos deben estar construidos con suficiente resistencia para soportar cargas o esfuerzos muy grandes, se deben colocar soportes y ménsulas que funcionaran como soportes para la coca de cable y/o empalme, con el objetivo de que se puedan mover libremente para hacer una inspección minuciosa o un mantenimiento del cable y/o empalme. El pozo de visita debe tener la facilidad para drenar el agua que se pueda acumular por motivos de lluvias o daños en tuberías de agua, cuando el pozo albergue equipos de medición o protección y/o empalmes se deberá colocar una varilla de tierra en el interior de este pozo, esto para fines de aterrizamiento de las estructuras metálicas y las pantallas de los cables. [\[Índice\]](#)

E.-Tipos de pozo de visita para media tensión:

1.-Pozo de visita para media tensión en banqueta tipo “P” (PVMTB-P).

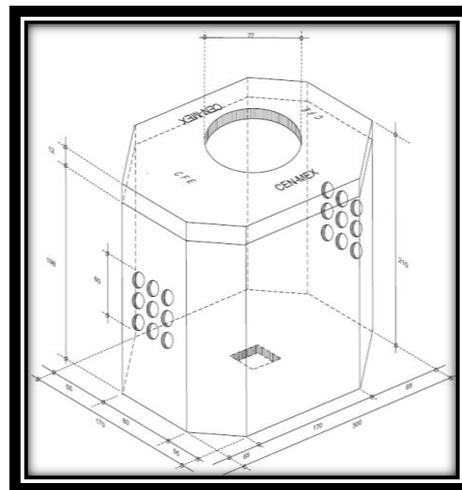


Figura 2.10.-Pozo tipo “P” banqueta. **Figura 2.11.-**Dimensiones físicas de pozo.

Especificaciones:

- 1.-ECHO de concreto $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$
- 2.-Refuerzo de malla electrosoldada $4 \times 4 \text{ } 4/4 \text{ } Fy = 6000 \text{ Kg/cm}^2$
- 3.-Espesor de muros de 10 cm con acabado de cemento pulido
- 4.-Aplicación de membrana de curado para concreto
- 5.-Concreto elaborado con impermeabilizante integral dosificado

- 6.-Concreto con acabado aparente en el interior y común en el exterior
- 7.-Peso aproximado = 5,400 Kg

2.-Pozo de visita para media tensión en arroyo tipo "P" (PVMTA-P).

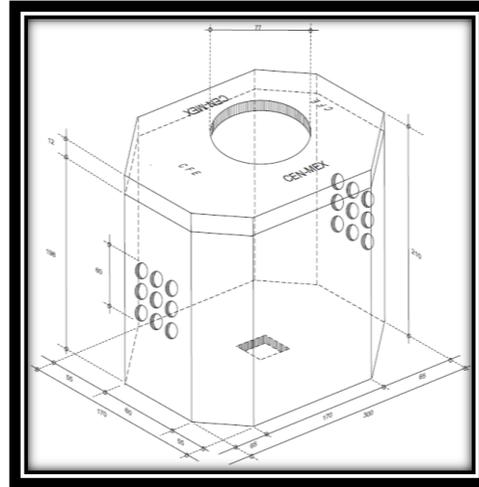


Figura 2.12.-Pozo tipo "P" arroyo.

Figura 2.13.-Dimensiones físicas de pozo.

Especificaciones:

- 1.-ECHO de concreto $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.
- 2.-Refuerzo de varilla de acero $\frac{1}{2}$ " $Fy = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$.
- 3.-Espesor de muros de 10 cm con acabado de cemento pulido.
- 4.-Aplicación de membrana de curado para concreto.
- 5.-Concreto elaborado con impermeabilizante integral dosificado.
- 6.-Peso aproximado = 6,180 Kg.

3.-Pozo de visita para media tensión en banqueta tipo "L" (PVMTB-L).

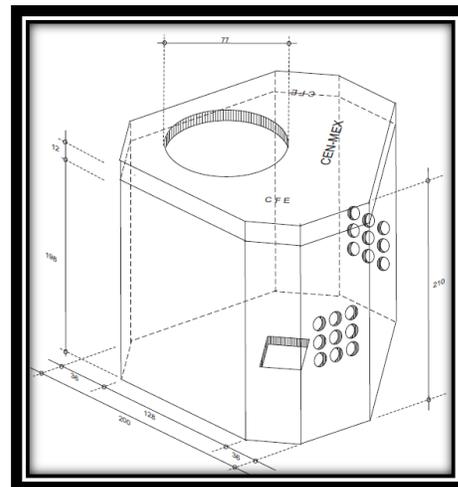


Figura 2.14.-Pozo tipo "L" banqueta.

Figura 2.15.-Dimensiones físicas de pozo.

Empalmes (no recomendado por la norma de CFE), derivaciones eléctricas tanto en media como en baja tensión o instalación de equipos eléctricos de medición. Estos registros pueden ser usados cuando la distancia para nuestro cableado eléctrico es mayor a 40 metros longitudinales y cuando se requiere la inspección del cableado.

El tipo de registro que se utilizara para media y baja tensión en nuestra trayectoria eléctrica depende principalmente del área en el que se ara el cableado eléctrico si es en área de arroyo o en área de banqueta ya que de esto dependerán las características del registro que se utilizara.

G) Registros en media tensión.

1.-Registro de media tensión en banqueta tipo "4" (RMTB-4)

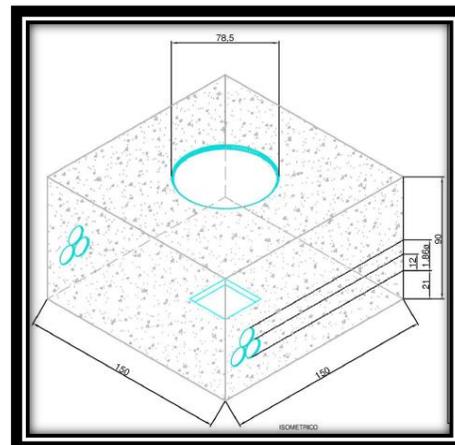


Figura 2.18.-Registro tipo "4" banqueta. **Figura 2.19.-**Dimensiones físicas.

Especificaciones:

- 1.-Echo de concreto $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.
- 2.-Refuerzo de malla electrosoldada $4 \times 4 \text{ } 4/4 \text{ } f'y = 6000 \text{ Kg/cm}^2$.
- 3.-Espesor de muros de 8 cm con acabado de cemento pulido.
- 4.-Aplicación de membrana de curado de concreto.
- 5.-Registro con piso.
- 6.-Peso aproximado = 1,895 Kg.

4.-Registro de media tensión en arroyo tipo "4" (RMTA-4)



Figura 2.20.-Registro tipo "4" arroyo.

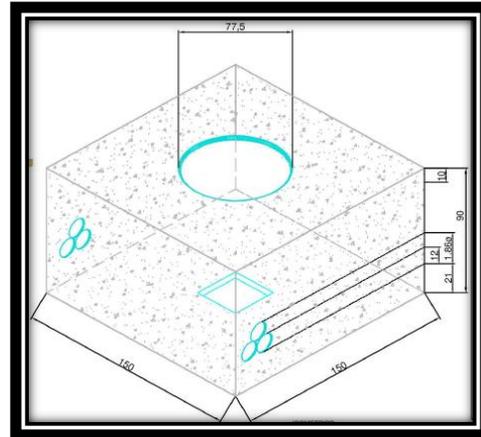


Figura 2.21.-Dimensiones físicas.

Especificaciones:

- 1.-ECHO de concreto $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.
- 2.-Refuerzo de malla electrosoldada 4x4 4/4 $f'y = 6000 \text{ Kg/cm}^2$.
- 3.-Espesor de muros de 12 cm con acabado de cemento pulido.
- 4.-Peso aproximado = 2,570 Kg.

H).-Soportería (correderas y ménsulas) en registros y pozos de visita:

Los accesorios que se utilizan para registros y pozos de visita en media y alta tensión son las correderas, ménsulas y soporte el conjunto de estas nos sirven para el soporte de las cocas que se realiza en cada registro o pozo de visita, esto dependiendo de la cantidad de fases del circuito y la cantidad de coca que se desee dejar en el caso de futuras derivaciones de circuitos. [\[Índice\]](#)



Figura 2.22.-Cables con Soportería.



Figura 2.23.-Soporte y ménsulas.

I).-Tendido de cable.

Terminado con la correcta excavación de zanja se efectúa una inspección minuciosa, comprobando que la trayectoria de la zanja este en buenas condiciones para la instalación de los cables. Una vez comprobado que todo este correcto se procederá a seleccionar la longitud del cable en el carrete, para determinar en qué lugar quedara instalado cada uno de estos cables; este dependerá de los obstáculos y cruces que se tengan en el trazo de la trayectoria, para evitar el máximo de empalmes y determinando el tipo de instalación de los cables (forma trébol, horizontalmente).

Los tipos de instalación más comunes para los cables son:

1.-Metodo de cable directamente sobre zanja.

Este tipo de instalación se ejecuta mediante un vehículo en movimiento, esto si no existen problemas como cruces en construcciones u otros obstáculos en el área de tendido que afecten el desplazamiento del vehículo a lo largo de la trayectoria, si es así se tendrá que instalar el cable con otro método.

El carrete se instala en una base desenrolladora, el tendido se comienza desenrollando el cable a mano, estando un personal controlando la velocidad en el carrete y otros guiando y depositando el cable en la zanja.

2.-Metodo de poleas o rodillos.

Para este tipo de método es necesario seguir una secuencia de instalación:

- Colocar el carrete en un desenrollador, de tal manera que se pueda girar libremente el cable.
- Colocar el equipo de tracción en el extremo opuesto al desenrollador.
- Instalar los rodillos a lo largo de la trayectoria de la zanja, procurando tener una separación (esto con la finalidad de que el cable no se arrastre por el suelo al momento del generar tensión de tendido).
- Troquelado de curvas en los cambios de dirección.
- Se jala el cable del equipo de tracción hasta hacerlo llegar al carrete.
- Se prepara la punta del cable con un tornillo de tracción, esto para acoplarlo con un destorcedor que servirá para absorber la torsión del cable en el momento de aplicar la tensión.

- Se dispondrá de uno o más personas en el área del carrete para ayudar a que gire el cable (esto si el peso del cable así lo requiera).
- Se debe disponer de equipos de comunicación tanto en el área de carrete como en el área de tracción.
- El supervisor dirigirá las maniobras de instalación y si es necesario dispondrá de personal para vigilar las partes críticas de la instalación (cruces, curvas).
- Se comienza con la instalación, el supervisor dirigirá al operador del equipo de tracción, esto para indicar si debe disminuir la velocidad al momento de una curva o cruce.
- El tendido se realizara suavemente esto para evitar jalones bruscos; y en caso necesario se verificara la tensión con un dinamómetro.
- Llegado el cable al punto final o de conexión se procede a quitar los rodillos y se acomodara según la disposición seleccionada.

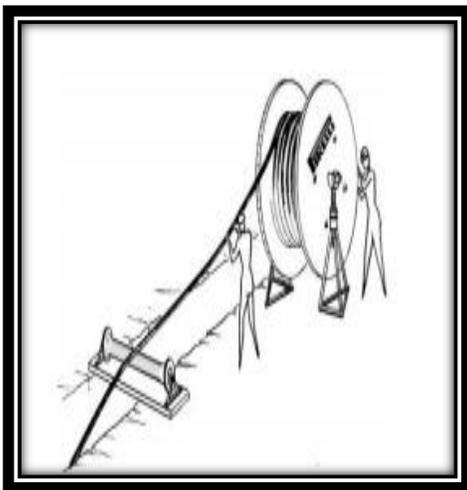


Figura 2.24.-Metodo de poleas y rodillos. **Figura 2.25.-**Rodillo para cable.

2.-Metodo manual.

Normalmente este tipo de método solo se efectúa cuando se necesita instalar un tramo completo de cable o la distancia y peso del mismo son tantas que rebasan los límites permisibles. El tendido se ejecuta por medio de personal distribuido en todo el largo del tramo siendo supervisada por una persona capacitada y responsable. Una vez realizado el tendido del cable, se debe observar que el cable no esté tenso formando curvas a lo largo de la trayectoria, esto para compensar los movimientos del cable por contracción o dilatación durante los ciclos de operación y absorber posibles asentamientos. [\[índice\]](#)

2.4.-Tipos de sistemas en instalaciones subterráneas.

A).-Configuración radial:

El sistema radial es aquel que tiene una sola trayectoria entre la fuente y la carga o servicio de suministro. Este sistema radial tiene una trayectoria sin retorno, esto ofrece un control sencillo del flujo ya que es realizado exclusivamente desde el centro de alimentación.

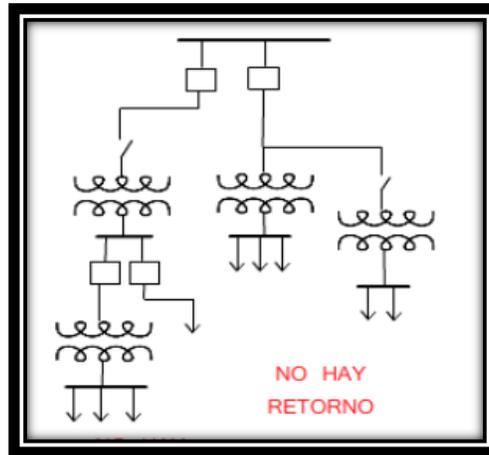


Figura 2.26.-Diagrama eléctrico configuración radial.

Este tipo de sistema tiene como característica principal que está conectado únicamente a una fuente o a un juego de barras. La potencia principal se envía a un punto central y desde allí se divide en circuitos o ramificaciones en serie para suministrar servicios a clientes individuales.

Este tipo de sistema subterráneo se usa mayormente en zonas urbanas de donde la densidad de carga sea media o alta. Estos sistemas radiales subterráneos tienen la ventaja de estar expuestos a menores probabilidades de falla que los sistemas radiales aéreos, pero cuando se produce alguna falla en este sistema se complica su localización y reparación de esta misma dejando sin energía a los servicios o puntos de alimentación de esta. Para poder evitar estas fallas y poder obtener una mayor flexibilidad en su suministro y operación se colocan “seccionadores” que permiten pasar la carga de un alimentador primario a otro, estos seccionadores también permiten conectar los circuitos secundarios de un transformador a otro en dado caso de alguna falla o desconexión en estos. [\[índice\]](#)

B).-Configuración en anillo:

La configuración en anillo es aquel que cuenta con más de una trayectoria entre la fuente o las fuentes y la carga o servicio eléctrico a suministrar, este sistema inicia

desde la estación central o suministradora y realiza un ciclo completo por el área donde abastecerá y regresa al punto de partida inicial, esto provoca que el área sea abastecida desde ambos extremos y permite aislar secciones en caso de alguna falla para su correcta reparación sin interrumpir el suministro eléctrico.

El sistema en anillo es el más utilizado para la abastecer grandes demandas de carga, pequeñas, medianas y grandes plantas industriales o construcciones comerciales donde es importante un continuo suministro de gran carga eléctrica.

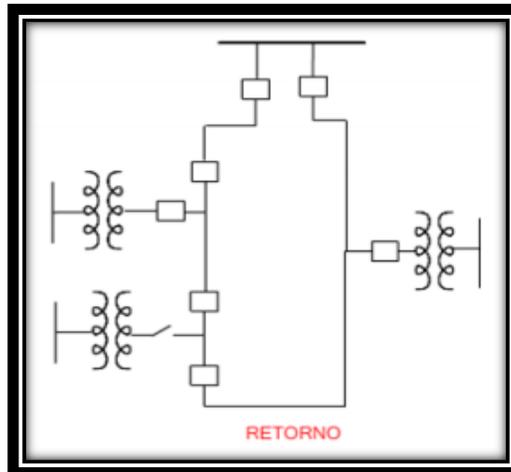


Figura 2.27.-Diagrama eléctrico configuración en anillo.

Normalmente los sistemas en anillo proveen de dos caminos de alimentación a los transformadores de distribución o subestaciones secundarias, esto permite ofrecer una mejor calidad de servicio que el que se puede proporcionar con el sistema radial. La principal desventaja que nos ofrece el sistema “anillo” es el costo económico que implica, además del aumento de dos nuevos circuitos por cada nueva subestación secundaria a instalar para la correcta conexión dentro del anillo. Las ventajas más comunes de estos sistemas son:

- Mayor confiabilidad debido a que la carga a suministrar se puede alimentar por dos circuitos o trayectorias diferentes.
- Mejor continuidad en el servicio.
- Al existir alguna falla se abren los interruptores adyacentes, se cierran los interruptores de enlace permitiendo restablecer el servicio eléctrico al instante.
- Al realizar el mantenimiento a interruptores normalmente cerrados, al desenergizarlo, la carga de suministros respectiva de este se transfiere al circuito vecino.

1.-Configuración en anillo operación radial con una fuente de alimentación.

Es aquella configuración en anillo que cuenta con una sola fuente de alimentación. Opera en forma radial con un punto de enlace normalmente abierto en el centro de la carga.

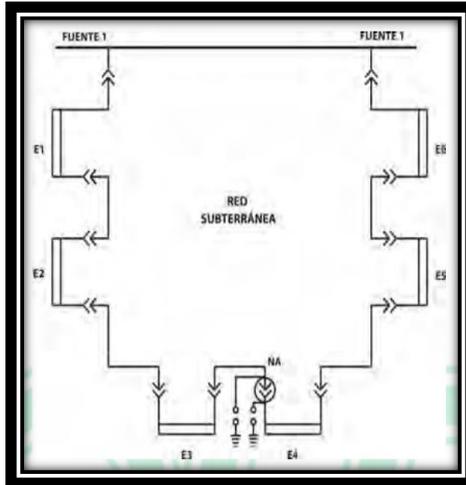


Figura 2.28.-Operación radial con una fuente de alimentación.

2.-Configuración en anillo operación radial con dos fuentes de alimentación.

Es aquella configuración que cuenta con dos fuentes de alimentación y opera en forma radial con un punto de enlace normalmente abierto en el centro de carga.

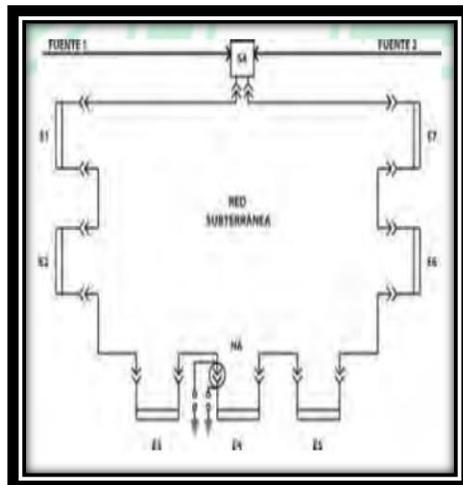


Figura 2.29.-Operación radial con dos fuentes de alimentación.

[\[índice\]](#)

2.5.-Norma subterránea de CFE.

2.5.1-Capítulo 3: construcción en media y baja tensión.

2.5.1.1.-Obra civil:

Desde el inicio y durante todo el proceso de construcción de la Obra Civil se deberá observar el Procedimiento para la revisión de proyectos y supervisión de la construcción de Redes Subterráneas, contando para ello con los permisos de construcción de las autoridades competentes y Tránsito Municipal.

1.-Canalización a cielo abierto (trazo):

El trazo debe realizarse conforme a Planos de Proyecto e indicaciones de la supervisión de obra de la CFE, debe hacerse con equipo topográfico, evitando en lo posible interferencias y cruzamientos con otras instalaciones existentes. En caso de encontrarse con otra instalación de servicio, ya sea teléfonos, agua potable, drenaje o alumbrado, se debe coordinar con la supervisión de la CFE a fin de determinar una solución a la intersección. Para lugares donde se detecte la presencia de registros telefónicos, agua, etc., y no se cuente con información que permita conocer su trayectoria y características, se recomienda efectuar tres sondeos máximos por cuadra preferentemente donde se construirán los registros, con el fin de planear el nuevo trazo si fuese necesario.

2.-Señalización y protecciones:

Antes de iniciar los trabajos de excavación, se debe contar con la señalización necesaria a través de avisos de precaución para proteger las áreas de trabajo, principalmente en zonas peatonales y pasos vehiculares, procurando no entorpecer la circulación, instalando tarimas y placas de acero respectivamente sobre las zanjas. Durante la noche se debe contar con señalización luminosa a una distancia adecuada, así como con barreras, que podrán hacerse de madera y cinta indicadora de peligro, limitando la zona de trabajo en áreas peatonales.

3.-Excavación en zanja:

La excavación se puede realizar completamente por medios manuales, principalmente en donde se presenten materiales sueltos como arena o de aglomerado como tepetate, arcilla, etc. La excavación por medios mecánicos no es muy recomendable en lugares donde existan otras instalaciones de servicio tales como: teléfono, agua potable, drenaje, alumbrado público, gas, etc. ya que existe la posibilidad de ocasionar algún daño. Las dimensiones de la zanja dependen del tipo de banco de ductos a instalar, de acuerdo a las Normas de Distribución, Construcción de Líneas Subterráneas. En los casos donde la zanja

tenga que ser profunda y el terreno no sea estable, se debe ampliar hasta encontrar el ángulo de reposo del material o en caso contrario ademar, para evitar derrumbes y accidentes. La zanja debe estar limpia, libre de basura y derrumbes, la plantilla nivelada y compactada al 90% PROCTOR.

4.-Banco de ductos:

Se emplearán ductos de polietileno de alta densidad lisos (PAD) o corrugados (PADC). Los ductos de PADC deben suministrarse con campana integrada o con cople debiendo garantizar una unión hermética conforme a la NRF- 057-CFE. En los Planos de Proyecto de Obra Civil, se indicará el diámetro, número de ductos y profundidad conforme a las Normas.

Cuando se utilicen ductos de PAD deben ser de una pieza entre registros y su instalación será conforme a las Normas. En forma excepcional se aceptarán uniones por termo fusión o coples especiales para ductos de PAD que cumplan con la NRF-057-CFE. Los bancos de ductos se deben colocar directamente enterrados, toda vez que haya sido afinado y compactado el fondo de la cepa, dejando las separaciones y profundidades indicadas en los croquis constructivos, utilizando una cinta de advertencia en la parte superior del banco, respetando los grados de compactación indicados en las Especificaciones.

Para el caso de instalar ductos PAD se utilizará sólo una RD 19, excepto cuando se emplee el método de perforación horizontal dirigida en cuyo caso se empleará una RD 13.5. La unión entre los bancos de ductos y los registros debe ser hermética. En terrenos con nivel freático muy alto, se utilizarán ductos de PAD o PADC en tramos continuos entre registro y registro. En casos excepcionales se permitirá el uso de coples herméticos que cumplan con la NRF- 057-CFE o uniones termo fusionadas. En terrenos rocosos, se aumentarán 5 cm de excavación con la intención de instalar una cama de arena a fin de colocar el banco de ductos sobre una superficie plana y compacta. El relleno y compactado en este tipo de terreno se debe realizar con material de banco, respetando los grados de compactación indicados en las Especificaciones.

5.-Relleno, compactado y nivelado:

El relleno debe efectuarse en capas no mayores de 15 cm de espesor, con la humedad óptima para obtener una compactación del 90% PROCTOR en áreas de banquetas. En arroyo de calle el grado de compactación será como sigue: Se compactará al 95% PROCTOR, la capa de 15 cm de espesor adyacente a la carpeta de rodamiento, este relleno estará sustentado en un relleno previamente compactado al 90% PROCTOR, cuidando de evitar la ruptura de los ductos o cualquier otra instalación. Podrá efectuarse por medios manuales o mecánicos, este último debe ser autorizado por la supervisión quedando bajo responsabilidad del contratista todos los daños que pudiese ocasionar.

Los resultados deben entregarse por escrito a la brevedad posible a la supervisión, si las pruebas de compactación cumplen con la especificación, la supervisión dará su autorización para que se continúen las siguientes etapas de construcción, quedando asentado en la bitácora.

6.-Instalación de neutro corrido:

El neutro corrido debe instalarse directamente enterrado excepto en terrenos corrosivos con alto contenido de sales y sulfatos utilizando los cárcamos para el ingreso a los registros. En terrenos con nivel freático alto se utilizará el ducto dispuesto para este fin en la pared del registro. [\[Índice\]](#)

7.-Perforación horizontal dirigida:

Actualmente la más moderna tecnología para la instalación de ductos y tuberías es el sistema de Perforación Horizontal Dirigida (PHD). Este sistema ofrece todas las ventajas que nuestras obras necesitan: rapidez, limpieza y seguridad, sin causar un impacto ambiental y sin interrumpir el tráfico vehicular y peatonal.

Condiciones de terreno:

El tipo de suelo se puede clasificar en dos categorías generales: materiales gruesos y finos. Los suelos gruesos consisten en arenas y gravas, los finos son arcillas. El tipo de terreno determina las características de un fluido de perforación, la función del fluido es proveer la refrigeración necesaria a la cabeza de perforación y a la sonda direccionable, permitir la lubricación adecuada en el proceso de inmersión de los ductos y estabilizar los túneles impidiendo que se derrumben. El principal componente de un fluido de perforación es el agua, pero en raras veces se puede utilizar el agua sola para perforar. En el mercado existen numerosos productos que adicionados al agua optimizan su funcionamiento, el uso de estos aditivos dependen de las condiciones del terreno.

Perforación:

El proceso de perforación se logra maniobrando una cabeza de perforación con una herramienta de corte en la punta que puede direccionarse en cualquier sentido. El ángulo de perforación y la profundidad se captan electrónicamente en la superficie y las provee una sonda alojada dentro de la cabeza. Para perforar, la cabeza gira desbastando el terreno, utilizando un fluido de perforación adecuado para enfriar y lubricar la cabeza.

Ampliación en retroceso:

El proceso de ampliación en retroceso, mejor conocido como jalado, está determinado por la habilidad de escoger el ampliador adecuado y la cantidad de fluido que cree un lodo que se pueda desplazar hasta la apertura de entrada. Este proceso es crítico y determina el rendimiento de la máquina. No solamente es necesario usar los fluidos apropiados, también es importante determinar la cantidad de fluido. Es importante no apresurar el proceso de jalado ya que la ampliación necesita tiempo para forjar el túnel y crear una mezcla adecuada de lodos. La capacidad del tanque de lodos de la máquina, la potencia, el tipo de terreno y el diámetro del túnel determinan la velocidad de jalado.

Los trabajos para la elaboración de las excavaciones inicial y final de cada tramo deben de ser hechos por el contratista de acuerdo con el proyecto o las indicaciones de la supervisión. Los trabajos adicionales que el constructor requiera por las condiciones de trabajo, daños a instalaciones y/o su proceso constructivo los hará por su cuenta, en el entendimiento que debe dejar la superficie en la condición original, el contratista debe proceder a las reposiciones de banquetas y pavimentos por daños ocasionados por las actividades.

8.-Seguridad:

La señalización para seguridad del personal del contratista se referirá, principalmente, al equipo que es obligatorio portar: casco, botas duras o de hule, impermeables, guantes, mascarillas, caretas y el equipo especial para evitar un choque eléctrico a los operadores del equipo perforador. Debe existir señalización para seguridad contra terceros, colocando las señales en sitios visibles y de buen tamaño, con colores llamativos y letras visibles a distancia adecuada, tanto para peatones como vehículos, ya sea para circulación o para indicar áreas de peligro. Esta señalización debe ser visible y de color especial en cada área de trabajo. El incumplimiento de estas indicaciones es motivo para impedir que el contratista realice sus trabajos hasta que las mismas sean atendidas completamente.

Señalización del banco de ductos:

En bancos de ductos construidos bajo arroyo o banqueta debe indicarse la trayectoria mediante un marcado con placas de hierro dúctil instaladas.

9.-Registros, pozos de visita, bases para equipo y murete de conectadores múltiples de media tensión:

A) Registros prefabricados tipo RMTB3, RMTA3, RMTB4 y RMTA4:

En los lugares que se indica en los Planos de Proyecto y con el visto bueno de la supervisión de la CFE, se colocarán registros de tipo RMT3 o RMT4 prefabricados, de concreto armado. La colocación de los registros prefabricados

debe ser sobre una cama de grava-arena de 10 cm de espesor y agregado máximo de 19 mm (3/4 pulgada), acompasada con un compactador mecánico; quedando debidamente nivelado de acuerdo al perfil del piso terminado de la banquetta o arroyo.

Una vez instalado el registro se debe cuidar la conexión con el ducto, tanto en el interior como en su exterior, para que quede perfectamente sellada con pasta cemento-arena incluyendo un adhesivo de concreto, redondeando todas las aristas para evitar daños al cable dejando un abocinado, cuidando que el ducto continúe taponado hasta la instalación del cable. Una vez instalado el registro, se debe cuidar el sellado en las preparaciones para recibir los bancos de ductos. Se aceptará el uso de registros prefabricados de otro material diferente al concreto siempre y cuando cuenten con la aprobación del LAPEM.

B) Pozos de visita prefabricados:

En los lugares que se indican en los Planos de Proyecto y con el visto bueno de la supervisión de la CFE, se colocarán pozos de visita de concreto armado. Se recomienda instalar este tipo de pozo de visita prefabricado, en avenidas o calles transitadas. Se aceptará el uso de pozos de visita prefabricados de otro material diferente al concreto siempre y cuando cuenten con la aceptación del LAPEM. Para su instalación se hacen las siguientes observaciones:

- La excavación debe estar perfectamente nivelada y compactada al 90% PROCTOR mínimo en el piso.
- Construir una plantilla de grava-arena de 10 cm de espesor y agregado máximo de 19mm (3/4 pulgada), acompasada con un compactador mecánico; 10 cm mayor al perímetro de pozo de visita.
- En caso de que el pozo de visita no cuente con la losa superior, ésta debe colarse cuidando el nivel de piso terminado de banquetta y arroyo de calle.
- Se debe cuidar el sellado de las ventanas donde se alojan los bancos de ductos con un mortero cemento-arena adicionándole un impermeabilizante integral. [\[índice\]](#)

2.5.1.2.-Obra Electromecánica.

Desde el inicio y durante todo el proceso de construcción de la Obra Electromecánica se debe observar el Procedimiento para la revisión de proyectos supervisión de la construcción de Redes Subterráneas. Terminada la Obra Civil y antes de iniciar la instalación del cable, se señalarán los ductos en las paredes

de cada registro indicando sobre las mismas y de acuerdo al proyecto, la fase que le corresponderá a cada ducto, igualmente en el interior de cada registro de M.T. y B.T, se marcará el número consecutivo que le corresponde de acuerdo a la normativa, con letras de pintura especificación en el concreto o placas de aluminio con números permanentes sujetas con taquetes a las paredes. Verificar que, tanto el cable como los carretes que lo contienen son recibidos en perfectas condiciones, revisar que el cable recibido corresponda al especificado en el proyecto y que además cuente con el Vo.Bo. Del LAPEM y que esté sellado en ambos extremos por un tapón polimérico. Antes de indicar la instalación del cable debe instalarse la Soportería necesaria de acuerdo a lo indicado en los planos constructivos.

1.-Almacenaje:

En el caso que los cables no se vayan a instalar en forma inmediata se debe conservar su empaque original y cuidar la forma de almacenarlos. Se debe vigilar que las puntas se encuentren bien amarradas para que no se afloje el cable en el carrete, además de que las puntas deben estar perfectamente selladas. Los carretes se deben colocar verticalmente, nunca acostarse, porque las vueltas se caen y se puede enredar. Se debe almacenar en lugares techados con suelo de concreto, si no fuera el caso, se deben de calzar con polines o tarimas para que no se humedezca la parte inferior. Además, debe evitarse que se ubiquen cerca del tránsito de vehículos que pudieran golpearlos o de cualquier otra cosa que los pueda dañar mecánicamente.

2.-Revisión del cable de potencia en el campo:

Antes de iniciar el tendido del conductor es conveniente cortar un tramo de 40 cm de cable, sellar nuevamente la punta del carrete, y verificar en el tramo cortado lo siguiente.

A) Presencia de humedad:

Para verificar la presencia de humedad en los cables, se observarán los hilos de cobre de la pantalla metálica, si están brillantes significa que no hay humedad pero si están manchados o verdes, es señal inequívoca que existe humedad por la corrosión presente, en tal caso deberá rechazarse no permitiéndose la instalación.

B) Verificar que el cable de potencia corresponda al del proyecto aprobado:

Debe verificarse en la cubierta del cable, si sus características corresponden al del cable aprobado en el proyecto. Se revisará que el diámetro sobre el aislamiento esté dentro de los rangos especificados, así como también confirmar que las características en general estén dentro de los límites que señala la especificación,

como son: calibre del conductor, pantalla metálica con número de hilos y calibre correcto, espesor de cubierta, color, barreras bloqueadoras contra ingreso de humedad, en caso de que alguna de las características del cable no cumpla con la especificación o se encuentre maltratado o deteriorado físicamente no se permitirá su instalación.

3.-Requisitos, equipos y herramientas necesarias para el cableado:

Los tramos de cable entre equipos pedestales y sumergibles, y conectores múltiples de media tensión, derivadores, etc. deben ser de una sola pieza sin empalmes, en caso necesario se podrán emplear empalmes del tipo premoldeado, termocontráctil o contráctil en frío, los cuales deberán alojarse en registros o pozos de visita, por lo que es recomendable que una vez autorizado el proyecto, el fraccionador o el encargado de la Oficina de Distribución Subterránea tomen las medidas de cada tramo, se consideren los desperdicios y la instalación de los accesorios, solamente se dejará excedente de cable en donde se ubiquen equipos y accesorios, dejando un excedente de cable de 1.0 m, después de haberse instalado en los soportes y presentado para la elaboración del accesorio.

También se debe dejar excedente de cable de 1.0 m en el registro de paso aledaño a la base de un equipo cuando no se utilice registro en esta. No debe dejarse excedente del cable de cobre que se utiliza como neutro corrido, ya que por el valor del material, es causa de vandalismo. Los circuitos deben seguir la trayectoria que indique el proyecto aprobado.

Una vez concluida la instalación de la Soportería, limpieza de ductos, registros y verificando que el cable se haya fabricado de acuerdo a la especificación, se podrá iniciar con el tendido. La instalación del cable normalmente se realiza en forma manual, ya que los cables de secciones transversales normalizadas de aluminio no son pesados.

El tendido del conductor se debe supervisar con especial cuidado, ya que una mala instalación podría dañarlo, provocando fallas, ya sea en la puesta en servicio o posteriormente durante su operación, tomando en cuenta que lo que no se vea durante la instalación, quedará oculto en los ductos hasta el momento de la falla. En base a lo anterior, es importante que, quien vaya a ejecutar la obra, cuente con todos los elementos necesarios para realizar los trabajos adecuadamente. [\[Índice\]](#)

4.-Instalación del cable.

El cable se puede instalar manualmente o con un medio motorizado.

A) Instalación del cable por medio manual:

Una vez que se cuente con todo el equipo y herramienta para el cableado, se colocará el carrete en el registro que por trayectoria se tenga la menor tensión de jalado. Se debe ubicar al personal necesario en el carrete para desenrollar el cable o frenar el carrete, entre el registro y el carrete y dentro de los registros o pozos de visita, por donde pasará el cable. El grupo de trabajo debe contar con un coordinador quien será el que organice la instalación, verificando y coordinando a las demás personas para que el jalado sea parejo en todo el trayecto aplicando las medidas de seguridad correspondientes.

Cada persona debe cuidar que el cable no sufra dobleces ni torceduras. Para facilitar la instalación se debe utilizar un lubricante con base agua evitando la utilización de lubricantes orgánicos. La aplicación de estos productos se realizará en cada registro o pozo de visita por donde pase el cable.

Una vez terminado el cableado se procederá a cortar el cable, vigilando dejar el excedente de cable necesario y a sellar las puntas perfectamente con un tapón polimérico, debiendo dejarlas amarradas en alto en tanto no se instalen los accesorios, para que en caso de lluvia no estén en contacto con el agua.

Inmediatamente después de la instalación del cable, es importante sellar tanto los ductos de reserva, como los que contienen cables, con sello-ductos que garanticen la hermeticidad en forma permanente durante la vida útil de la instalación, debe ser expandible y no inflamable, para evitar que se azolven con las lluvias. Si las fases o troncales son más de una, se deben identificar para evitar problemas durante su conexión.

B) Instalación del cable con malacate:

Se colocará el carrete del cable en el registro o pozo de visita previamente escogido de acuerdo a los cálculos de tensión de jalado. El carrete con el cable de potencia se debe colocar de tal forma, que al estarse desenrollando durante su instalación, no sufra más de una deflexión antes de entrar al ducto de alojamiento.

Es recomendable el ubicar el malacate un registro más adelante de la terminación del tramo a cablear, teniendo cuidado de anclar perfectamente el equipo para soportar la tensión de jalado. Si se tiene una guía de nylon muy delgada, debe jalarse con ella una guía de polipropileno de 12.7 mm para con ella jalar el cable de acero del malacate.

Si existen cambios de dirección en el tramo, es necesario instalar poleas o rodillos que permitan al cable absorber con suavidad ese cambio de dirección, manteniendo el radio de curvatura dentro del valor permisible. La curvatura

permisible no debe ser menor al diámetro del carrete original. Estas personas deberán ir lubricando el cable en cada punto donde se encuentren.

Al finalizar el cableado es necesario llevar la punta del cable lo más alejado posible del registro, con objeto de cortar la parte que se hubiese dañado en el punto de tracción y confirmar que se tiene la suficiente longitud para la instalación de la terminal o empalme. Por último, los cables deben ser acomodados correctamente en la Soportería previamente instalada en cada registro, cuidando que sus extremos queden perfectamente sellados con tapones poliméricos, para protegerlos del ingreso de humedad, además de identificar los cables para no tener errores durante su conexión. [\[índice\]](#)

5.-Instalación de accesorios.

Antes de proceder a la instalación de empalmes, terminales o accesorios, se debe verificar lo siguiente:

- Que se cuente con el equipo, material, herramientas e instructivo de elaboración del accesorio a instalar.
- Que los empalmes, terminales y accesorios correspondan a la tensión de operación del sistema donde se van a instalar, así también que sus dimensiones sean correctas respecto al diámetro sobre el aislamiento del conductor.

6.-Requisitos de preparación de cables de potencia para instalar empalmes, terminales y accesorios:

- Al retirar la cubierta y la pantalla metálica no se debe dañar la pantalla semiconductora.
- La limpieza del aislamiento del cable de potencia se debe realizar cuidando de no contaminarlo con material semiconductor.
- Al retirar la pantalla semiconductora, no se debe dañar el aislamiento, retirando los residuos que hayan quedado impregnados con una lija suave no metálica y el solvente adecuado, recomendado por el fabricante.
- Verificar la distancia del conductor desnudo antes de instalar el conector de compresión, cepille el conductor antes de introducirlo en el conector, el cual debe tener suficiente grasa inhibidora.
- La herramienta de compresión que se utilice, debe ser la recomendada por el fabricante del conector, aplicando el número de compresiones y posición que se indiquen.

- Antes de introducir los accesorios premoldeados como son: adaptadores de tierra, adaptadores de cable, codos, etc., en el cable, se debe lubricar el aislamiento con grasa silicón.
- La instalación de accesorios debe realizarse con el máximo de limpieza y el mejor de los cuidados, utilizando herramientas adecuadas recomendadas por el fabricante y ajustándose al instructivo de cada accesorio, ya que esta fase es la más delicada de la obra electromecánica. [\[Índice\]](#)

2.6.-NOM001-SEDE-2012.

2.6.1.- Artículo 923: líneas subterráneas.

(923-1)Objetivo y Campo de aplicación.

Este Artículo contiene requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones subterráneas para redes eléctricas de comunicación y sus equipos asociados, para salvaguardar a las instalaciones y a las personas durante la instalación, operación y mantenimiento, conservando o mejorando el entorno ecológico del lugar donde se lleven a cabo.

(923-3)Cables subterráneos.

Los requisitos mínimos que deben satisfacer los cables subterráneos en vía pública son los siguientes:

A).-Diseño y construcción:

El diseño, construcción y materiales de los cables subterráneos deben estar de acuerdo con la tensión, intensidad de corriente, corriente de cortocircuito, elevación de temperatura y condiciones mecánicas y ambientales a que se sometan durante su instalación y operación.

Cuando los cables estén expuestos a ambientes húmedos y corrosivos es conveniente que sean diseñados y se usen con cubiertas protectoras.

Cuando técnicamente el diseño lo permita, debe evitarse el uso de materiales en las pantallas y cubiertas de los cables que, en contacto directo o como resultado de su combustión, sean dañinos para la salud de los seres vivos.

B).-Pantallas sobre el aislamiento:

Los cables que operen a una tensión de 5 kilovolts entre fases o mayor, deben tener una pantalla semiconductor en contacto con el aislamiento y una pantalla metálica no magnética en contacto con dicha pantalla semiconductor.

C.-Instalación de cables en canalizaciones subterráneas:

- 1) Todos los cables deben instalarse en ductos, a excepción al conductor de puesta a tierra, el cual puede instalarse directamente enterrado.
- 2) Debe evitarse que los cables sean doblados con radios menores al mínimo señalado por el fabricante (En ningún caso este radio debe ser menor que 12 veces el diámetro externo del cable) durante su manejo, Instalación y operación.
- 3) Las tensiones de jalado y las presiones sobre las paredes que se presenten durante la instalación de los cables, no deben alcanzar valores que puedan dañar a los mismos. Deben limitarse a los valores recomendados por el fabricante.
- 4) Los ductos deben limpiarse previamente a la instalación de los cables.
- 5) Cuando se use lubricante durante el jalado de los cables, éste no debe afectar a los cables ni a los ductos.
- 6) En instalaciones verticales o con pendientes, los cables deben soportarse adecuadamente para evitar deslizamientos y deformaciones debido a su masa.
- 7) Los cables eléctricos y de comunicación no deben instalarse dentro del mismo conducto.
- 8) Cuando en un banco se instale más de un circuito debe analizarse la ampacidad, con el objeto de reducir las pérdidas de energía por agrupamiento de conductores. [\[Índice\]](#)

D).-Instalación de cables en registros, pozos y bóvedas:

1) Soportes:

A. Los cables dentro de los registros, pozos o bóvedas deben quedar fácilmente accesibles y soportados de forma que no sufran daño debido a su propia masa, curvaturas o movimientos durante su operación.

B. Los soportes de los cables deben estar diseñados para resistir la masa de los propios cables y de cargas dinámicas; mantenerlos separados en claros específicos y ser adecuados al medio ambiente.

c. Los cables deben quedar soportados cuando menos 10 centímetros arriba del piso, o estar adecuadamente protegidos.

d. La instalación debe permitir el movimiento del cable sin que haya concentración de esfuerzos destructivos.

E).-Puesta a tierra y conexiones:

1.-Las pantallas de aislamiento del cable y empalmes deben ser puestos a tierra.

2.- Las cubiertas y pantallas que estén puestas a tierra en los pozos y bóvedas deben ser conectadas a una tierra común.

3.- Los cables de conexión y de puesta a tierra deben ser de material resistente a la corrosión y adecuados al ambiente o bien estar protegidos de éste.

(923-6) Empalmes y accesorios para cables en vía pública.

1.-Deben soportar los esfuerzos mecánicos, térmicos, eléctricos y del medio ambiente a que estén expuestos durante su operación.

2.-Deben ser compatibles al tipo de cable y a las condiciones del medio ambiente, para evitar efectos dañinos en sus componentes.

3.- Deben soportar sin dañarse la magnitud y duración de corrientes eléctricas de falla que se presenten durante su operación, instalándose de tal manera que cuando uno falle no afecte a las otras instalaciones.

4.- Deben evitar la penetración de humedad dentro de los cables.

5.- Deben quedar localizados dentro de los registros, pozos, bóvedas y envolventes. [\[índice\]](#)

2.6.2.- Artículo 310: Conductores para alambrado en general.

(310-15) Ampacidad para conductores

Ningún conductor se debe utilizar de modo que su temperatura de operación supere la temperatura del aislamiento para la cual se diseña el tipo de conductor aislado al que pertenezca. En ningún caso se deben unir los conductores de modo que, con respecto al tipo de circuito, al método de alambrado aplicado o al número de conductores, se supere el límite de temperatura de alguno de los conductores.

A).-Factor de corrección por temperatura:

El valor nominal de temperatura de un conductor es la temperatura máxima, en cualquier punto de su longitud, que puede soportar el aislamiento del conductor durante un prolongado periodo de tiempo sin que se produzcan daños. Las Tablas de los factores de corrección de temperatura ambiente ofrecen orientación para coordinar el tipo, tamaño, ampacidad permisible, ampacidad, temperatura ambiente y número de conductores asociados.

Los principales determinantes de la temperatura de operación son:

1.-Temperatura ambiente. La temperatura ambiente puede variar a lo largo del conductor y con el tiempo.

2.- El calor generado interiormente en el conductor por el flujo de la corriente, incluidas las corrientes fundamental y sus armónicos.

3.- El valor nominal de disipación del calor generado en el medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre o rodea a los conductores afecta el valor nominal de disipación del calor.

4.- Los conductores adyacentes portadores de corriente. Los conductores adyacentes tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente e impedir la disipación de calor.

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 2.30.-Tabla 310-15.-“Factores de corrección a temperatura ambiente.

B).-Factores de ajuste:

Más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable. Cuando el número de conductores portadores de corriente en una canalización o cable es mayor de tres, o cuando los conductores individuales o cables multiconductores se instalan sin conservar su separación en una longitud continua mayor de 60 centímetros y no están instalados en canalizaciones, la ampacidad permisible de cada conductor se debe reducir cada conductor portador de corriente de un grupo de conductores en paralelo se debe contar como un conductor portador de corriente.

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 2.31.-Tabla 310-16 “Factores de ajuste para más de tres conductores”.

Los factores de ajuste no se deben aplicar a conductores subterráneos que entran o salgan de una zanja exterior, si están protegidos físicamente por tubo conduit metálico pesado, tubo conduit metálico semipesado, tubo conduit rígido de policloruro de vinilo tipo “PVC” o tubo conduits de resina termofija reforzada” RTRC” en una longitud no mayor a 3.00 metros, y si el número de conductores no pasa de cuatro.

1.-No se deben aplicar factores de ajuste a cables de tipo AC o de tipo MC bajo las siguientes condiciones:

A.-Los cables no tienen cubierta exterior total.

B.-Cada cable no tiene más de tres conductores portadores de corriente.

C.-Los conductores de tamaño 3.31 mm² (12 AWG) d. No más de 20 conductores de fase son instalados sin conservar la separación, están apilados o apoyados en anillos de retención.

2.-Se debe aplicar un factor de ajuste del 60 por ciento a los cables tipo AC o tipo MC bajo las siguientes condiciones:

A.-Los cables no tienen cubierta exterior total.

B.-El número de conductores portadores de corriente exceden de 20.

C.-Los cables están amontonados o agrupados en una longitud de más de 60 centímetros sin conservar la separación.

D.-Más de un tubo conduit, tubo o canalización. Se debe mantener la separación entre tubos conduits, tubos o canalizaciones.

C.-Profundidad de enterramiento de circuitos subterráneos:

Cuando se modifica la profundidad de enterramiento, de circuitos directamente enterrados o de bancos de ductos eléctricos, se permitirá modificar las ampacidades tal como se indica:

1.-Cuando la profundidad de enterramiento se aumenta en parte de un tramo del ducto eléctrico, no es necesario reducir la ampacidad de los conductores, siempre y cuando la longitud total de las partes del tendido del ducto en que se aumenta la profundidad sea menos del 25 por ciento de la longitud total del tendido.

2.-Cuando las profundidades de enterramiento son mayores a las presentadas en una tabla o figura específica de ampacidad en instalaciones subterráneas, se permitirá un factor de corrección de la ampacidad del 6 % por cada 30 centímetros de aumento en la profundidad para todos los valores de resistividad térmica.

No es necesario un cambio en el valor de la ampacidad cuando se reduzca la profundidad de enterramiento. [\[Índice\]](#)

2.7.- selección de conductor para líneas subterráneas.

1.-Por caída de tensión:

La selección de un conductor por caída de tensión consiste en el cálculo de la sección mínima normalizada que debe satisfacer ciertas condiciones para que este cálculo sea correcto:

1.-Intensidad máxima admisible:

La temperatura de un conductor, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no debe superar bajo cualquier circunstancia su temperatura máxima admisible asignada del material de aislamiento de un conductor. Estas temperaturas están especificadas por el fabricante (90 C° para cables con aislamiento termoestables y 70 C° para aislamientos termoplásticos.

2.-Caída de tensión:

La corriente que constantemente circula en el conductor genera una pérdida de potencia transportada por el cable, y una diferencia de tensión en el origen y extremo de la canalización. Esta diferencia de tensión debe ser siempre inferior a los límites marcados por el reglamento, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los cables.

3.-Intensidad de cortocircuito:

La temperatura máxima que puede alcanzar un conductor, como consecuencia de un cortocircuito o sobrecorriente de corta duración, esta sobrecorriente no debe sobre pasar la temperatura máxima admisible de corta duración asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del conductor. Esta temperatura suele ser de 250 C° para cables con aislamientos termoestables y 160 C° para cables con aislamiento termoplástico.

A).-Cálculo:

La expresión que se utiliza para el cálculo de la caída de tensión que se produce en una línea se obtiene considerando el circuito equivalente de una línea corta junto con un diagrama vectorial.

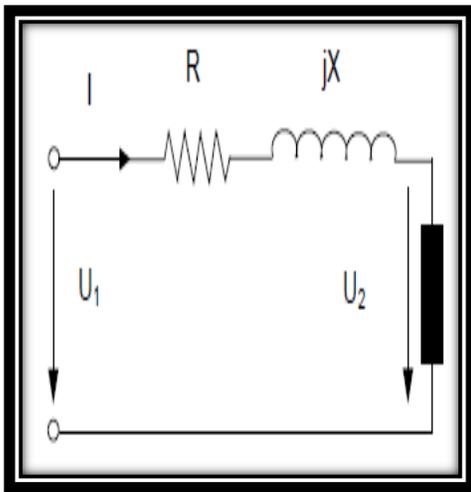


Figura 2.32.-Circuito equivalente.

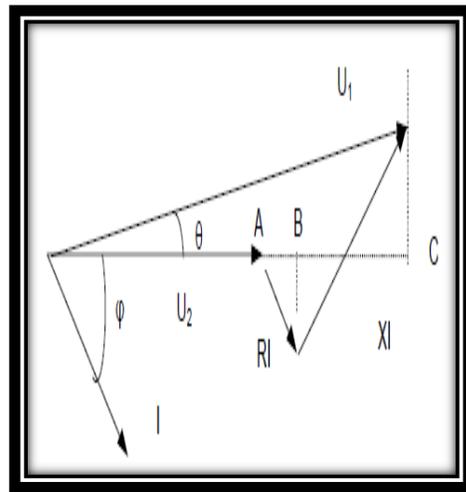


Figura 2.33.-Diagrama vectorial.

Debido al pequeño valor del ángulo θ entre las tensiones en el origen y extremo de la línea, se puede asumir sin cometer prácticamente ningún error, que el vector U_1 es igual a su proyección horizontal, siendo por tanto el valor de la caída de tensión será la siguiente (ecuación 1):

$$\Delta U = U_1 - U_2 \cong u_{AB} + BC = RI \cos \varphi + XI \operatorname{sen} \varphi$$

Como la potencia trifásica transportada por la línea es (ecuación 2):

$$P = \sqrt{3} U_1 I \cos \varphi$$

Se sustituye la intensidad calculada en función de la potencia en la ecuación 1, hay que tener en cuenta que en un sistema trifásico la caída de tensión de línea será raíz de tres veces la caída de tensión de fase calculada (ecuación 3). Y que

en monofásico habrá que multiplicarla por un factor de dos para tener en cuenta tanto el conductor de ida como el de retorno.

$$\Delta U_{III} = (R + X \tan \varphi) (P / U_{u1})$$

Dónde:

ΔU_{III} = Caída de tensión de línea trifásica en voltios.

R = Resistencia de la línea en Ω .

X = Reactancia de la línea en Ω .

P = Potencia en vatios transportada por la línea.

U_{u1} = Tensión de la línea trifásica.

$\tan \varphi$ = Tangente del ángulo correspondiente al factor de potencia de la carga.

La reactancia "X" de los conductores varía según el diámetro y la separación entre los conductores. En el caso de redes de distribución aéreas trenzadas es sensiblemente constante al estar los conductores reunidos en haz, siendo del orden de $X = 0,1 \Omega / \text{km}$, valor que se puede utilizar para los cálculos sin error apreciable. En el caso de redes de distribución subterráneas, aunque se suelen obtener valores del mismo orden, es posible su cálculo en función de la separación entre conductores.

Sección	Reactancia inductiva (X)
$S \leq 120 \text{ mm}^2$	$X \cong 0$
$S = 150 \text{ mm}^2$	$X \cong 0.15 R$
$S = 185 \text{ mm}^2$	$X \cong 0.20 R$
$S = 240 \text{ mm}^2$	$X \cong 0.25 R$

Figura 2.34.-Tabla de valores aproximados de las reactancias.

Se puede observar en la imagen que para secciones menores o iguales de 120 mm^2 , como es lo habitual tanto en instalaciones de enlace como en instalaciones interiores, la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia, y por lo tanto en la ecuación 3 podemos simplificarlo de la siguiente manera (ecuación 4):

$$\Delta U_{III} = \frac{RP}{U_{u1}}$$

Si tomamos en cuenta que el valor de la resistencia de un cable se calcula como:

$$R = R_{tca} = R_{tcc} (1 + Y_s + Y_p) = c R_{tcc} \quad (\text{ecuación 5})$$

$$R_{tcc} = R_{20cc} [1 + \alpha (\theta - 20)] = \rho \theta L / S \quad (\text{ecuación 6})$$

$$R_{20cc} = \theta_{20} L / S \quad (\text{ecuación 7})$$

$$\rho_{\theta} = \rho_{20} [1 + \alpha (\theta - 20)] \quad (\text{ecuacion 8})$$

Dónde:

R_{tca} = Resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura θ .

R_{tcc} = Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura θ .

R_{20cc} = Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C.

Y_s = Incremento de la resistencia debido al efecto piel (o efecto skin)

Y_p = Incremento de la resistencia debido al efecto proximidad.

α = Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C-1.

ρ_{θ} = Resistividad del conductor a la temperatura θ .

ρ_{20} = Resistividades del conductor a 20°C.

S = Sección del conductor en mm².

L = Longitud de la línea en m.

Combinando las ecuaciones 5 y 6 se obtiene (ecuación 9):

$$R = \frac{c \rho_{\theta} L}{S}$$

Sustituyendo la ecuación 9 en la ecuación 4 podremos despejar el valor de la sección mínima de un conductor por caída de tensión para una línea trifásica es (ecuación 10):

$$S = \frac{c \rho_{\theta} P L}{\Delta U_{III} U_1}$$

Dónde:

S = Sección calculada según el criterio de la caída de tensión máxima admisible en mm².

c = Incremento de la resistencia en alterna. (Se puede tomar $c = 1,02$).

ρ_{θ} = Resistividad del conductor a la temperatura de servicio prevista para el conductor ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$).

P = Potencia activa prevista para la línea, en vatios.

L = Longitud de la línea en m.

ΔU_{III} = Caída de tensión máxima admisible en voltios en líneas trifásicas.

U_1 = Tensión nominal de la línea. [\[Índice\]](#)

2.- Por corriente:

Para poder seleccionar correctamente el calibre de un conductor por corriente es indispensable tener como dato principal la carga que se le suministrara a la instalación eléctrica y el tipo de sistema que se utilizara para el suministro de la

misma (monofásico, bifásico, trifásico), una vez obtenido estos datos se procede a calcular la corriente nominal con la siguiente formula (ecuación 1):

$$I_n = \frac{s3\emptyset}{\sqrt{3}V_f}$$

Donde.

I_n = Corriente nominal de las cargas a alimentar.

V_f = Tensión nominal entre fases.

$S3\emptyset$ = Potencia aparente nominal de la carga a alimentar.

Comúnmente en cualquier instalación eléctrica se conoce únicamente la potencia real o activa que se suministrara, por ende se procede a hacer uso de la siguiente formula (ecuación 2):

$$I_n = \frac{P3\emptyset}{\sqrt{3}V_f \times F.P}$$

Donde

I_n = Corriente nominal de las cargas a alimentar.

V_f = Tensión nominal entre fases.

$P3\emptyset$ = Potencia activa nominal del circuito derivado.

F.P = Factor de potencia.

En caso de que se desconozca el factor de potencia, se debe considerar de un valor entre 0.8 y 0.9. Una vez habiendo calculado la corriente nominal, se aplica un factor de corrección IC1 (artículo 220-22 NOM-001), de acuerdo con la siguiente formula (ecuación 3):

$$I_{c1} = 1.25 \times I_n$$

Después de esto, se aplica un segundo factor de corrección por temperatura y agrupamiento, denominamos esta corriente corregida IC2 (ecuación 4):

$$I_n = \frac{I_{c1}}{F.A \times F.T}$$

Donde

F.A = Factor de agrupamiento.

F.T = Factor de temperatura.

Los valores que se utilizan para el factor de corrección están proporcionadas las tablas 310-15 y 310-16, respectivamente. Cabe aclarar que será necesario aplicar el factor de agrupamiento únicamente en caso de que el número de conductores en la canalización sea mayor a tres. Una vez que se ha calculado el valor de la corriente corregida por factor de agrupamiento y temperatura IC2, se recurre a la tabla 310-16 para buscar el calibre del conductor cuya capacidad de conducción de corriente sea la inmediata superior a la calculada. [\[índice\]](#)

3.- Por cortocircuito.

Este cálculo se realiza para determinar la máxima sollicitación térmica a que se ve sometido un conductor durante la evolución de las corrientes de falla. Existirá entonces una sección transversal que será función de la potencia de cortocircuito en el circuito de alimentación, el conductor evaluado y su protección automática asociada. La siguiente ecuación expresa la relación existente entre la corriente, la sección del conductor, el tiempo de operación de la protección contra cortocircuito y la temperatura.

La fórmula para el cálculo en cortocircuito para conductores de cobre es la siguiente (ecuación 1):

$$\left[\frac{I_{cc}}{S}\right]^2 t = 0.0297 \text{ Log} \frac{T2 + 234.5}{T1 + 234.5}$$

Mientras que para conductores de aluminio la formula está dada por (ecuación 2):

$$\left[\frac{I_{cc}}{S}\right]^2 t = 0.0297 \text{ Log} \frac{T2 + 228}{T1 + 228}$$

Dónde:

Icc = Valor eficaz de la corriente de cortocircuito, en amperes.

S = Sección transversal del conductor (en circular mil) 1 MCM = 1000 MC.

t = Tiempo de operación de la protección contra corto circuito, en segundos.

T2 = Temperatura alcanzada al finalizar el cortocircuito (se considera que alcanza los 250 C°).

T1 = Temperatura del conductor en condición normal de operación en C°. [\[Índice\]](#)

2.8.-Empalmes para líneas subterráneas.

Generalmente cuando se realiza una instalación eléctrica aérea o subterránea, hay necesidad de efectuar conexiones entre los conductores componentes de dicha instalación, a esta operación se le llama “Empalmes entre conductores”. Un empalme es la conexión entre conductores (alambres o cables), ya sea para prolongar o derivar líneas en todo tipo de instalaciones eléctricas.

Tipos de empalmes:

En instalaciones subterráneas existen tres tipos específicos de empalmes en función del material a emplear para el aislamiento externo:

1.-Empalmes Premoldeados.

Este tipo de empalmes están hechos de materiales aislantes y semiconductores a altas tensiones, el tipo de conexión entre los conductores puede ser a compresión o atornillado. Este tipo de empalme tiene excelentes características eléctricas, mecánicas y térmicas; su cubierta asegura una perfecta protección del empalme.

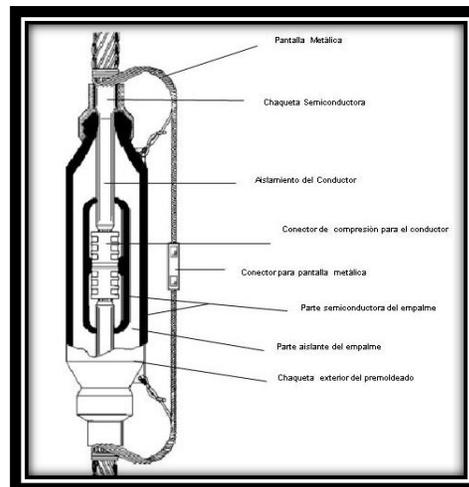


Figura 2.35.-Empalme premoldeado. Figura 2.36.-Componentes internos.

Estos empalmes pueden ser con pantalla interrumpida o sin pantalla interrumpida. La selección de éstos depende del tipo de conexión de pantallas que se vaya a instalar.

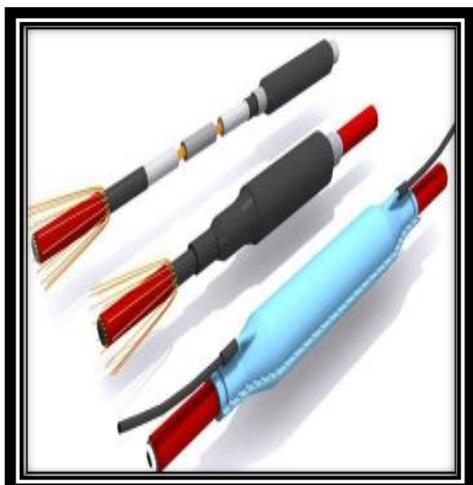


Figura 2.37.-Con pantalla interrumpida. **Figura 2.38.-**Sin pantalla interrumpida.

2.-Empalmes termocontráctiles:

En este tipo de empalme, los elementos reconstitutos de la pantalla semiconductora sobre conductor, del aislamiento y de la pantalla semiconductora sobre aislamiento se aplican mediante el proceso conocido como termocontracción. Posteriormente se restituye la pantalla metálica y se aplica mediante termocontracción el elemento que reconstruye la cubierta exterior del cable.

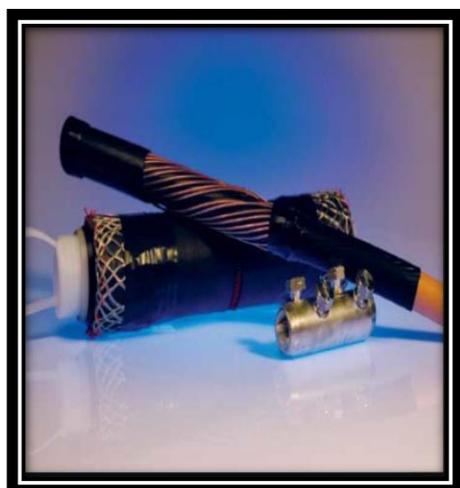


Figura 2.39.-Empalme termocontráctil. **Figura 2.40.-**Componentes internos.

3.-Empalme termocontráctil en frío:

Estos empalmes restituyen la pantalla semiconductora sobre conductor, el aislamiento y la pantalla semiconductora sobre el aislamiento, aplicando los elementos reconstitutos al retirar del cuerpo del empalme previamente

expandido en fábrica, el alma, usualmente de plástico en forma de cintas, lo que hará que el mismo se reduzca hasta el diámetro de los elementos a reconstruir.



Figura 2.41.-Empalme termocontráctil en frío.

La fácil instalación de estos empalmes termorretráctiles es la principal característica por la cual es el más comúnmente utilizado en líneas subterráneas, ya que tienden a ser fácilmente instalados en cualquier situación sin más que aportar calor para la unión de estos cables.

En el procedimiento de ejecución de estos empalmes, únicamente hay que colocar el material en la posición a empalmar y aportarle calor, hasta conseguir una perfecta contracción moviendo constantemente la fuente de calor para que no se produzca sobrecalentamiento y enfocándola de forma que se precaliente la zona próxima a contraer. El sistema de estos empalmes se basa en un tubo co-extruido con dos capas, una de ellas de material elastomérico pretensado (aislamiento) y la otra de material termorretráctil (semiconductor). [\[índice\]](#)

Terminales:

Una terminal es un dispositivo adaptado en el extremo de un cable para asegurar la conexión eléctrica con otras partes del sistema y para mantener el aislamiento hasta el punto de conexión. Se pueden encontrar dos tipos de terminales para los cables:

1.-Terminales para exterior: diseñados para ser instalados en el exterior de subestaciones o en apoyos o torres cuando los cables subterráneos se han de conectar a líneas aéreas. Consta de un aislante de porcelana o de material compuesto instalado en un cuerpo de fundición de aluminio. El cuerpo se compone, parcialmente de material aislante, lo que proporciona el aislamiento de la instalación.

2.- Terminal inmerso en aceite: los terminales inmersos en aceite se usan en los transformadores donde se requiere que el cable finalice en un tanque montado al lado del transformador.

También se pueden encontrar otro tipo de terminales las cuales son “enchufables”, estas terminales son mayormente aplicadas en cabinas de los centros de transformación. Este sistema enchufable es de diseño compacto y no incrementa la longitud total de la terminal. Las características que presentan este tipo de terminales son:

1.-Posibilidad de instalación en interior y exterior, así como en cualquier ángulo de dirección.

2.-Para su montaje no son necesarias herramientas especiales ni encintado ni materiales de relleno.

3.-No se precisa mantener distancias mínimas entre fases.

4.-La conexión se puede poner en tensión inmediatamente después del montaje. Los terminales pueden aplicarse sobre cables de cualquier tipo, como: polietileno, polietileno reticulado, etileno-propileno y cables de papel impregnado.

De estas terminales enchufables podemos clasificarlas en:

B).- Terminales tipo codo:

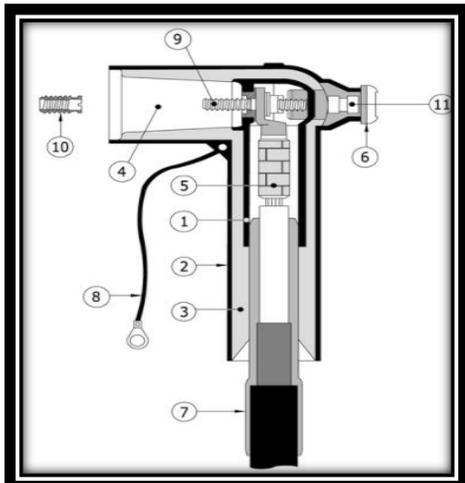


Figura 2.42.-Componentes internos.



Figura 2.43.-Terminal tipo codo.

Terminales tipo T:



Figura 2.44.-Terminal tipo "T".
[\[índice\]](#)

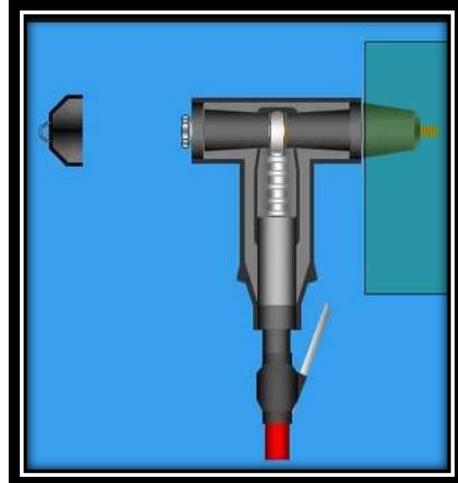


Figura 2.45.-Componentes internos.

3.-Desarrollo.

3.1.-Procesos administrativos de la obra (licitaciones, permisos).

Para poder iniciar la obra de la construcción de la red subterránea se tuvo que partir desde el área de administración, para poder comenzar con la obra el área de administración deberá establecer los sistemas necesarios para poder apoyar al área de campo en la gestión y tramitación de documentos normativos que necesiten estas mismas (compras, adquisiciones, aspectos legales, laborales, estimaciones).

El área administrativa tiene por responsabilidad el cuidado de que se hagan en tiempo y forma los tratos comerciales (compra de materiales y equipos) para que no cause retrasos durante la ejecución de dicha obra. El área de campo es el encargado de la ejecución de la obra, así también, del seguimiento administrativo que esta conlleva (rentas, contratación de personal,) así como todo lo que se presente durante la obra a ejecutar.

Todos estos procesos administrativos están especificados en la norma subterránea de CFE y los pasos a seguir para su correcta ejecución (sección "construcción baja y media tensión", subsección 3.2 "requisitos para inicio de obra"). [\[índice\]](#)

3.2.- Levantamiento eléctrico.

Una vez obtenida toda la correcta documentación para la obra se comenzó el levantamiento eléctrico, este levantamiento consistía en tomar los puntos de referencia por el cual la línea de media tensión subterránea se proyectaría, en este caso el trazado de puntos comenzó desde la subestación Tuxtla II, cruzando la calzada “Serra rojas”, pasando el libramiento sur oriente y terminando en la plaza “fashion mall”.

El levantamiento eléctrico debía ser ejecutada correctamente bajo las estrictas normas de CFE, tomando en cuenta si existían o se proyectarían a futuro otras líneas subterráneas en este trayecto (TELMEX, SMAPA, CFE) para poder dar una solución sencilla y correcta, junto con la correcta colaboración de SMAPA notamos que se tenía varios trayectos de ductos en este sitio.

Pudimos observar varios detalles que podrían afectar al trazado de nuestro plano proyecto, debido a que la empresa tenía diferente tamaño de ductos (6”, 3”, 2”) con diferentes medidas de profundidad, con todos estos detalles expuestos debíamos analizar y tomar una correcta y eficiente solución del trazado de la línea subterránea sin afectar tanto a la empresa como al municipio.



Figura 3.1-Boveda existente “Telmex”. **Figura 3.2-**Tubería existente “smapa”.

Una vez analizado junto con SMAPA estos ciertos detalles y obteniendo una solución satisfactoria mutua para ambas partes en cuestión se tomó la decisión de llevar el diseño de la línea subterránea por banqueta o por arroyo en ciertas partes de la trayectoria. [\[Índice\]](#)

3.3.- Elaboración de plano proyecto

Una vez concluido correctamente el levantamiento eléctrico se procedió al diseño del plano civil y electromecánico tomando en cuenta todo los detalles que se implicó en el levantamiento eléctrico (ductos subterráneos existentes o en proyecto) para poder trazar correctamente en el plano la línea de media tensión subterránea, pozos de visita y registros que se ubicarían en esta trayectoria, sin tener ninguna complicación durante la obra (norma subterránea CFE, sección 5, subsección 5.3 “obra civil”, punto 5.3.1 “consideraciones para el trazo de ductos”) .

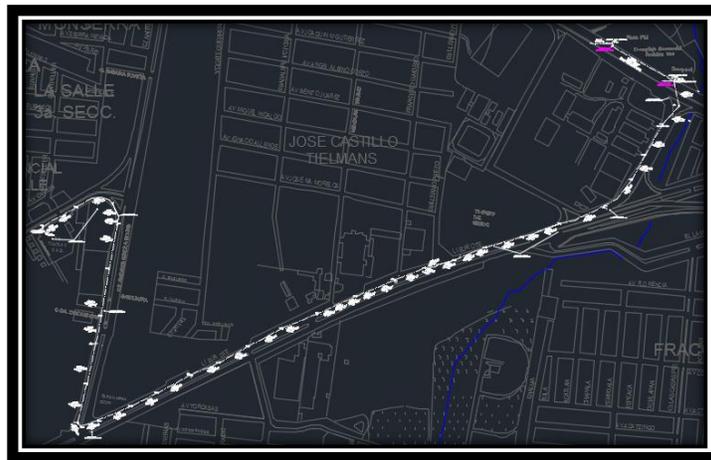


Figura 3.3-Diseño de la red subterránea en programa AutoCAD.

Una vez terminado el diseño del trazado (civil, electromecánica) de la línea de media tensión subterránea tomando en cuenta todos los puntos que se obtuvieron durante el levantamiento se procedió a la elaboración de un catálogo de conceptos en el cual abarcaría los materiales, equipos y mano de obra que se necesitarían para la ejecución de la obra. [\[Índice\]](#)

***Nota:** El diseño de plano subterráneo mostrado anteriormente solo es un plano proyectó que se realizó con la finalidad de mostrar la trayectoria que tendría la línea de media tensión subterránea, esto para su correcta licitación, tomando en cuenta los criterios antes vistos, cualquier cambio reflejado durante la obra (registros, pozos, canalizaciones, desvíos de alimentación) se representaran al finalizar la obra en un plano definitivo donde se mostraran todas estas modificaciones.

3.4.- Elaboración de catálogo de conceptos.

Concluido el diseño del plano proyecto se procedió al análisis y realización de un catálogo de conceptos, en este catálogo se toma en cuenta todos los materiales, dispositivos, equipos y mano de obra que se utilizarían para poder ejecutar esta obra, así también, incluyendo el análisis de cualquier tipo de afectación o daño que se pudieran suscitar en la vía pública durante esta misma.

Se comenzó a realizar un presupuesto en el cual se abarcaría todos estos conceptos, tomando en cuenta en este “catálogo de conceptos” la obra civil y electromecánica.

 COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD	LICITACIÓN No.		ANEXO				
	PARA: CONSTRUCCIÓN DE 1C-3F/4H-13.2 KV-2+120KM-500HCM-AL-XLP-100% N-3/0 CU Y CONSTRUCCIÓN DE UN 1C-3F/4H-13.2 KV-0+500KM-500HCM-AL-XLP-100% N-3/0 CU PARA ALIMENTAR LA PLAZA FASHION MALL EN LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS						
DEPARTAMENTO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL	NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL LICITANTE		FIRMA DEL LICITANTE				
OCTUBRE DE 2018							
CATALOGO DE CONCEPTOS							
No.	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA PARTIDA, SUBPARTIDA O CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO		IMPORTE PESOS
					CON NÚMERO	CON LETRA	
10	PRE060	DEMOLICION DE 50 CM DE ANCHO DE ELEMENTOS DE CONCRETO SIMPLE Y/O ARMADO DE 10 CM. DE ESPESOR INCLUYE: MANO DE OBRA, MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTA NECESARIA PARA SU CORRECTA EJECUCION.	459.5	M2			
20	PRE060-10A	DEMOLICION DE 50 CM DE ANCHO DE ELEMENTOS DE ASFALTO DE 10 CM. DE ESPESOR INCLUYE: MANO DE OBRA, MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTA NECESARIA PARA SU CORRECTA EJECUCION.	241.5	M2			
30	PRE060-15C	DEMOLICION DE 50 CM DE ANCHO DE ELEMENTOS DE CONCRETO SIMPLE Y/O ARMADO DE 15 CM. DE ESPESOR INCLUYE: MANO DE OBRA, MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTA NECESARIA PARA SU CORRECTA EJECUCION.	99.5	M2			
40	PRE060-40C	DEMOLICION DE 50 CM DE ANCHO DE ELEMENTOS DE CONCRETO SIMPLE Y/O ARMADO DE 40 CM. DE ESPESOR INCLUYE: MANO DE OBRA, MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTA NECESARIA PARA SU CORRECTA EJECUCION.	214.8	M2			
50	09-1019	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO Fc = 200 KG/CM2 DE 10 CM DE ESPESOR, REFORZADO CON MALLA ELECTROSOLDADA 6-6 / 10-10, CONSTRUIDA Y ACABADO ACORDE A LO EXISTENTE EN EL SITIO DE LA OBRA. INCLUYE: JUNTAS DE CONTRACCIÓN, EXPANSIÓN Y AISLAMIENTO (SEGÚN SE INDIQUE EN EL PROYECTO), AFINE Y COMPACTACIÓN DEL SUSTRATO AL 90% DE SU PVSM, PRUEBAS DE LABORATORIO, CIMBRA, DESCIMBRA, CURADOS, MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIOS PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	459.5	M2			
60	09-1019-15	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO Fc = 200 KG/CM2 DE 15 CM DE ESPESOR, REFORZADO CON MALLA ELECTROSOLDADA 6-6 / 10-10, CONSTRUIDA Y ACABADO ACORDE A LO EXISTENTE EN EL SITIO DE LA OBRA. INCLUYE: JUNTAS DE CONTRACCIÓN, EXPANSIÓN Y AISLAMIENTO (SEGÚN SE INDIQUE EN EL PROYECTO), AFINE Y COMPACTACIÓN DEL SUSTRATO AL 90% DE SU PVSM, PRUEBAS DE LABORATORIO, CIMBRA, DESCIMBRA, CURADOS, MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIOS PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	341.0	M2			
70	09-1019-40	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO Fc = 200 KG/CM2 DE 40 CM DE ESPESOR, REFORZADO CON MALLA ELECTROSOLDADA 6-6 / 10-10, CONSTRUIDA Y ACABADO ACORDE A LO EXISTENTE EN EL SITIO DE LA OBRA. INCLUYE: JUNTAS DE CONTRACCIÓN, EXPANSIÓN Y AISLAMIENTO (SEGÚN SE INDIQUE EN EL PROYECTO), AFINE Y COMPACTACIÓN DEL SUSTRATO AL 90% DE SU PVSM, PRUEBAS DE LABORATORIO, CIMBRA, DESCIMBRA, CURADOS, MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIOS PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	214.8	M2			

80	48-1530	CONSTRUCCIÓN DE GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO FC= 150 KG/CM ³ , AGREGADO MÁXIMO DE 3/4", JUNTA DE EXPANSIÓN @ 2.50 M. CON CARTÓN ASFÁLTICO, ARISTA EXPUESTA ACHAFLANADA. INCLUYE: EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN, CIMBRA, DESCIMBRA, CURADOS, SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA VIA COLOR O SIMILAR EN COLOR AMARILLO REFLEJANTE EN SUS CARAS EXPUESTAS, MATERIAL, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	8.5	ML
90	RSOC02	SUMINISTRO E INSTALACION DE POZO DE VISITA PREFABRICADO DE MEDIA TENSION EN BANQUETA, TIPO P. SEGÚN MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LAS NORMA CFE-PVMTRP.	2.0	PZA
100	RSOC03-A	SUMINISTRO E INSTALACION DE POZO DE VISITA PREFABRICADO DE MEDIA TENSION EN ARROYO, TIPO P. SEGÚN MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LAS NORMA CFE-PVMTRP.	2.0	PZA
110	RDS04-A	SUMINISTRO E INSTALACION DE POZO DE VISITA PREFABRICADO DE MEDIA TENSION, EN ARROYO, TIPO L. SEGÚN MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LAS NORMA CFE-PVMTRP.	2.0	PZA
120	RSOC05	SUMINISTRO E INSTALACION DE REGISTRO PREFABRICADO DE MEDIA TENSION, EN BANQUETA TIPO 4. SEGÚN MEDIDAS DE ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LAS NORMA CFE-RMTB-4.	14.0	PZA
130	RSOC06	SUMINISTRO E INSTALACION DE REGISTRO PREFABRICADO DE MEDIA TENSION, EN ARROYO TIPO 4. SEGÚN MEDIDAS DE ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LAS NORMA CFE-RMTA-4.	11.0	PZA
140	RSOC08	SUMINISTRO Y COLOCACION DE JUEGO DE ARO Y TAPA DE HIERRO FUNDIDO TIPO 84A EN REGISTRO DE MEDIA TENSION, SEGÚN MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS (CFE 2000-37) INCLUYE: TRABAJOS DE ADAPTACION, COLOCACION Y REPARACION EN REGISTRO PARA RECIBIR LA TAPA, MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	15.0	PZA
150	RSOC09	SUMINISTRO Y COLOCACION DE JUEGO DE ARO Y TAPA DE HIERRO FUNDIDO TIPO 84B EN REGISTRO DE MEDIA TENSION, SEGÚN MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS (CFE 2000-04) INCLUYE: TRABAJOS DE ADAPTACION, COLOCACION Y REPARACION EN REGISTRO PARA RECIBIR LA TAPA, MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	18.0	PZA
160	RSOE13-A	SUMINISTRO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE DUCTOS 6 VÍAS TIPO PAD DE 2", EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN ARROYO, DE ACUERDO A LAS NORMAS VIGENTES.	1111.5	M
170	RSOC13	SUMINISTRO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE DUCTOS 6 VÍAS TIPO PAD DE 2" DE DIÁMETRO, EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN BANQUETA, DE ACUERDO A LAS NORMAS VIGENTES.	919.0	M
180	RSOE21	SUMINISTRO E INSTALACION DE NOMENCLATURA, MEDIANTE PLACA DE ACRILICO DE 6 X 10 CM COLOR AMARILLO Y GRABADO EN BAJO RELIEVE CON LETRAS NEGRAS DE 1.2 CM DE ALTO, PARA IDENTIFICACION DE LOS CONDUCTORES, INCLUYE: CINCHOS DE PLASTICO, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	219.0	PZA

190	RSOE-P02	ROTULADO DE NOMENCLATURA DE MURETES, BASES, REGISTRO, POZO DE VISITA, TRANSICIONES Y EQUIPO ELECTRICO. INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA SU EJECUCION.	38.0	PZA
200	MC-03	CONSTRUCCION DE MURETE DE TRANSICION HECHO A BASE DE CONCRETO ARMADO F _{cm} = 200 KG/CM ² DE SECCION 0.25 x 0.80 M. Y 3.50 M. DE ALTURA, ARMADO CON 8 VARILLAS DEL No. 3 Y ESTRIBOS DEL No. 2 @ 20 CM.	1.0	PZA
210	BPOC-10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BASE PREFABRICADA PARA TRANSFORMADOR TRIFASICO Y/O SECCIONALIZADOR CON REGISTRO RMTB4 EN BANQUETA SEGÚN MEDIDAS DE ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LAS NORMA CFE-873FRMTB4	2.0	PZA
10	RSOE15	INSTALACIÓN DE CABLE DE ENERGÍA TIPO XLP15, CAL 500 KCM, DE 15 KV, EN DUCTO DE PAD, UN CONDUCTOR POR DUCTO, DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y NORMAS VIGENTES.	7098.0	ML
20	RSOE16	INSTALACIÓN DE CABLE DESNUDO DE ACERO CON RECUBRIMIENTO DE COBRE DIRECTAMENTE ENTERRADO Y SUJETADO AL BANCO DE DUCTOS.	2134.0	ML
30	RSOE18	INSTALACIÓN DE ELECTRODO DE TIERRA EN POZO DE VISITA Y/O REGISTRO DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS Y EQUIPO NECESARIO PARA EL CLAVADO DEL ELECTRODO EN EL INTERIOR EL REGISTRO, CARGAS Y MOLDES PARA EMPALMES CON SOLDADURA EXOTÉRMICA NUMERO 90 PARA CONEXIÓN DEL NEUTRO AL ELECTRODO DE TIERRA.	33.0	PZA
40	RSOE19	SUMINISTRO E INSTALACION DE EMPALME TERMOCONTRACTIL PARA CABLE DE POTENCIA TIPO XLP-15 KV CALIBRE 500 KCM	12.0	PZA
50	RSOE20	SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE CUERPO EN "T" COMPLETO (CUERPO EN "T" CON PUNTO DE PRUEBA, ADAPTADOR DE CABLE, ZAPATA BIMETÁLICA DE 2 BARRENOS CALIBRE 500 MCM, CAPUCHÓN Y TAPÓN) DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	9.0	PZA
60	RSOE22	INVENTARIC FISICO Y PLANO DEFINITIVO EN AUTOCAD Y EN DEPRORER, GEOREFERENCIADOS, INCLUYE IMPRESIÓN DE PLANOS DE OBRA CIVIL Y ELECTRICA SUBTERRANEA, ENTREGA DE INFORMACIÓN EN CD-ROM.	1.0	PZA
70	RSOE23	DEVOLUCION DE MATERIALES A LA BODEGA DE CFE, INCLUYE CARGA Y DESCARGA	1.0	TON
80	RDS-07	SUMINISTRO, PREPARACION, MONTAJE E INSTALACION DE TERMINAL TERMOCONTRACTIL PARA CABLE DE POTENCIA TIPO XLP-15 KV CALIBRE 500 KCM PARA CONEXIÓN DE TRANSICIÓN AEREA-SUBTERRANEA, INCLUYE: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOTA TERMOCONTRACTIL DE 3 VIA EN TUBO PAD DE TRANSICIÓN.	3.0	PZA
90	OES-3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE INDICADOR DE FALLA DE 600 A, DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, INCLUYE: LA CONEXIÓN A DISPOSITIVO Y SUJECIÓN A LA PARED DEL REGISTRO, BÓVEDA O GABINETE.	12.0	PZA

Figura 3.4.-Catálogo completo de conceptos.

Los conceptos exhibidos anteriormente fueron elaborados bajo criterios muy estrictos, si hubiese algún cambio en cuestiones de material, equipos, dispositivos mano de obra, o por alguna razón de fuerza mayor se deberá notificar a las oficina y al correspondiente supervisor de la obra para su correcto seguimiento que este mismo implique. [\[índice\]](#)

3.5.-Demolición de concreto a cielo abierto (banqueta).

Para poder comenzar con la demolición de concreto en banqueta (50 cm de ancho 10 cm de espesor) se tomaron en cuenta algunas normas que se implicaban para la correcta ejecución de la obra civil, en el apartado de la norma oficial subterránea de CFE (sección 5, subsección 5.3 “obra civil”, punto 5.3.3 “diferentes tipos de terreno”) podemos observar los diferentes tipos de terreno con las que se pueden topar al momento de terminar la demolición de concreto.

Tipo de terreno	Consideraciones para la construcción de la obra civil
I.- Terreno blando y normal	Se puede utilizar como relleno, retirando únicamente las capas con contenido orgánico para evitar la expansión del relleno.
II.- Duro y rocoso	Para utilizar este material como relleno, es necesario eliminar las rocas con tamaños mayores a 3/4 de pulgada, y eliminar las capas con contenido orgánico.
III.- Piedra	Este material no se debe utilizar como relleno, a menos que la excavación se efectúe con zanjadora, la cual deja un material de grano fino propicio para la compactación, en caso contrario se utiliza material de banco para los rellenos.
IV.- Con alto nivel freático	Se puede utilizar producto de excavación que no contenga piedra en tamaños mayores a 3/4 de pulgada de diámetro y libre de contenido orgánico.
V.- Nivel freático muy alto	Se considera terreno con nivel freático muy alto donde el agua esté a 85 cm del nivel de piso o menos.
VI.- Terrenos inestables	Se debe excavar hasta encontrar estratos donde se tenga la firmeza de terreno suficiente para poder compactar, se utiliza material de banco para rellenar y compactar hasta el nivel de la instalación.

Figura 3.5- Tabla “ tipos de terreno”.

Tomando en cuenta estos criterios de la norma subterránea (3.3 “obra civil”, subsección 3.3.1 “canalización a cielo abierto”) se comenzó con la demolición de concreto en banquetas donde se instalarían los bancos de ductos P6B (6 ductos por banqueta), en las especificaciones civiles (**PRE060-10A** “Demolición de 50 cm de ancho de elementos de asfalto de 10 cm. de espesor”) se mencionan las actividades que tienen por objeto este concepto de obra.

La demolición de elementos de asfalto se ejecutará tomando en consideración lo siguiente: el procedimiento de demolición deberá ser tal que no afecte elementos contiguos y en su caso, se colocarán los apuntalamientos y protecciones necesarios. Tratándose de las superficies que en el futuro ocuparán los terraplenes, y a menos que el concepto indique algo diverso, las demoliciones se terminarán al nivel de desplante de los mismos, quede con la longitud mínima señalada en el proyecto o la indicada por la supervisión de obra.

El procedimiento de la demolición de concreto en banqueta debe ser ejecutada tomando en cuenta la futura afectación de elementos contiguos y en su caso se colocaran apuntalamientos y protecciones como se establece en las normas de seguridad, se realizara la demolición con un máximo cuidado a fin de detectar las ubicaciones físicas de instalaciones subterráneas existentes (Agua potable, drenaje, gas natural, fibra óptica).

Los materiales, lodos o aguas excedentes producidos por las excavaciones en

banqueta serán retirados del área de trabajo y de la vía pública, se trasladara estos desechos al sitio de descarga convenido por el contratista dejando el área de trabajo completamente limpia, al terminar el tramo de excavación o el turno de trabajo realizado.



Figura 3.6.-Corte con disco.
[\[Índice\]](#)



Figura 3.7.-Demolición en banqueta.

3.6.-Demolición de concreto a cielo abierto (arroyo).

Al mismo tiempo que se comenzó con la demolición de concreto en banqueta (50 cm de ancho 15 cm de espesor) se realizaron demoliciones de concreto por arroyo en los puntos especificados por el plano proyecto tomando en cuenta las normas de CFE que estas implicaban. (sección 3, subsección 3.3 “obra civil”, punto 3.3. “canalización a cielo abierto”). Se mencionó las actividades que tienen por objeto este concepto de obra los cuales eran el alineado y trazado de canalización, corte con máquina de disco y demolición de concreto.

El procedimiento de la demolición de concreto en arroyo debe ser ejecutada tomando en cuenta la futura afectación de elementos contiguos y en su caso se colocaran apuntalamientos y protecciones como se establece en las normas de seguridad, se realizara la demolición con un máximo cuidado a fin de detectar las ubicaciones físicas de instalaciones subterráneas existentes (Agua potable, drenaje, gas natural, fibra óptica).



Figura 3.8.-Tramo arroyo cortado.



Figura 3.9.-Corte en arroyo con disco.



Figura 3.10.-Demolición de concreto. **Figura 3.11.-**Escombros por demolición.

Nota: Se consideró la correcta delimitación o señalización de las áreas de trabajo las 24 horas, para evitar descuidos humanos que puedan provocarse en las áreas de trabajo, se señalizaran con cinta plástica indicadora de peligro, barreras, traficamos, transiciones, letreros o cualquier elemento que comprenda la clara identificación del sitio de trabajo. (PRE060, PRE060-15C y PRE060-40C “Demolición de 50 cm de ancho de elementos de concreto simple y/o armado de 10, 15 y 40 cm. de espesor”) [\[Índice\]](#)

3.7.-Excavación de zanja para registro (banqueta, arroyo).

Durante la demolición de concreto en banqueta y arroyo para la instalación de banco de ductos PADC de 2” de diámetro se comenzó con la excavación y compactación de zanjas donde se realizaría la instalación de registros tipo 4 en banqueta y arroyo (RMT4B, RMT4A) tomando en cuenta los puntos que la norma subterránea nos especificaba (sección 3 “obra civil”, subsección 3.3.3 “registros,

pozos de visita, bases para equipos y murete de conectadores múltiples de media tensión”).

En esta sección la norma nos especificaba los requisitos necesarios para una correcta excavación de los registros de media tensión, la colocación debería ser sobre una cama de grava-arena de 19mm o 3/4 “acompañada” mediante un compactador mecánico de 10cm de espesor, este debe ser correctamente nivelado con el perfil de piso terminado, el tamaño de zanja fue de 1.70 x 1.70 m. [\[índice\]](#)



Figura 3.12-Zanja excavada en punto H4. **Figura 3.13-** Comienzo de excavación.



Figura 3.14.-Zanja terminada en banquetta. **Figura 3.15.-**Demolición para zanja.

3.8.-Excavación y compactación de zanja para pozos de visita (Banqueta, arroyo).

Para la excavación de zanjas de pozos de visita (PVMTB, PVMTA) se tomó en cuenta las especificaciones enunciadas en la norma subterránea de CFE, para una correcta excavación de zanja para pozos de visita (Sección 3 “obra civil”, Subsección 3.3.3 “registros, pozos de visita, bases para equipos y murete de conectadores múltiples de media tensión”).

Para la correcta instalación de un pozo de visita se debe observar ciertos criterios que son indispensables para que los pozos estén instalados eficiente y correctamente, entre estos puntos se pueden encontrar que la excavación debe estar bien nivelada y compactada al 90% PROCTOR, construir una plantilla de grava-arena de 10 cm de espesor y se debe cuidar el sellado de las ventanas donde se alojaran los bancos de ductos con un mortero cemento-arena. Una vez instalado los pozos de visita se debe cuidar la conexión con el ducto, tanto en el interior como en el exterior, se le colocara una pasta cemento-arena y un adhesivo de concreto para que esta quede perfectamente sellada. [\[Índice\]](#)



Figura 3.16.-Excavación de zanja.



Figura 3.17.-Demolición para zanja.



Figura 3.18.-Pozo en banqueta. **Figura 3.19.-**Excavación de pozo terminada.

3.9.-Construcción de banco de ductos con perforación horizontal dirigida.

Durante el levantamiento eléctrico que se realizó tomamos en cuenta todos los posibles detalles que se podían encontrar en el transcurso de esta obra, en este caso se encontró con un posible problema que podía afectar no solo a la obra sino también a la vía pública, debido a la dirección elegida para la proyección de la red de media tensión subterránea nos encontramos con un cruce que tendríamos que abrir en arroyo.

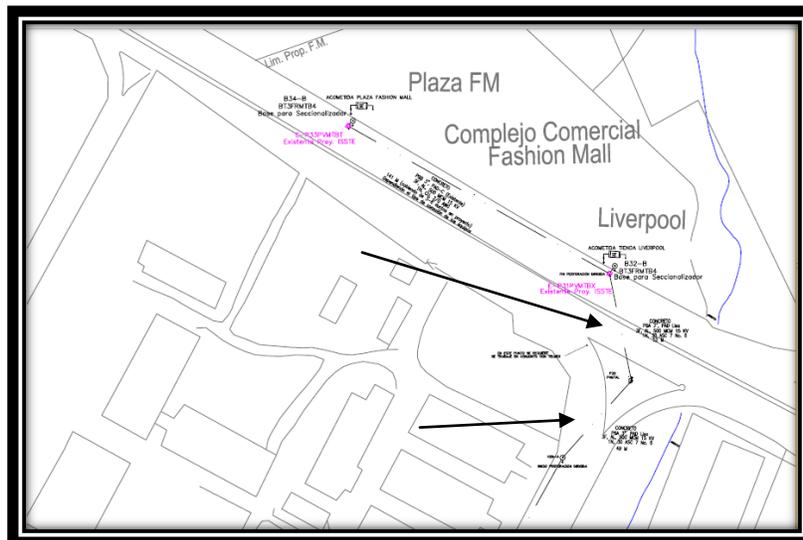


Figura 3.20.- Tramo para excavación de banco de ductos con PHD.

Para poder proseguir con la excavación para la instalación de los bancos de ductos PAD, registros de media tensión y los consecutivos pozos de visita se

tendría que romper en arroyo en esta sección de tramo, esta decisión afectaría a la población debido a que se tendría que obstaculizar estas partes para que se prosiguiera con la excavación, además de obtener los permisos necesarios con la “SCT” ya que esta organización es la encargada de regularizar este tipo de obras en vía pública.

Otro punto que afectaría a la población al excavar en arroyo a cielo abierto es que al tener cerrado esta parte de la carretera se generaría mucho congestionamiento vial, además de bloquear uno de las carreteras que conecta Tuxtla a Chiapa de corzo, aunque hablando financieramente era más óptimo la excavación a cielo abierto en arroyo con maquinaria se consideró las ventajas y desventajas de esta y se decidió por la utilización de la perforación horizontal dirigida (PHD).

La perforación horizontal dirigida es una técnica que permite al usuario colocar tubos, ductos y cables en la mayoría de los diámetros habituales y en longitudes de más de un kilómetro sin la necesidad de abrir zanjas, esta tipo de perforación comienza con la perforación piloto guiada, después se ensancha la perforación tirando de la maquina con un escariador y tras esta se arrastra la tubería.

Para tener una correcta perforación se debe tomar en cuenta ciertos criterios para su correcta ejecución (Norma CFE “Redes de distribución subterráneas” capitulo 3, sección 3.3 “obra civil”, subsección 3.3.2 “Perforación horizontal dirigida”) primero que nada se debe tener el conocimiento del tipo de terreno en el cual se utilizara esta perforación, ya que debido al tipo de terreno se utilizara el tipo de cabeza de perforación más óptimo para esta.

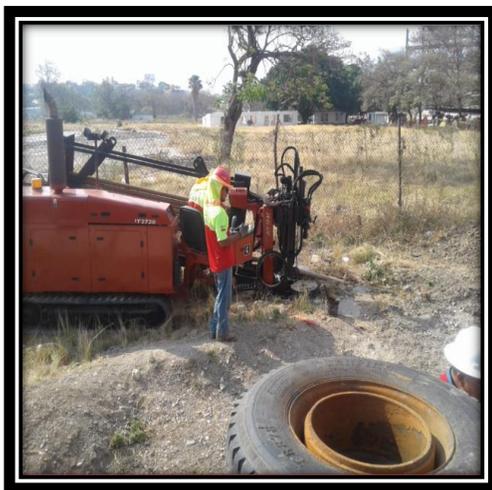


Figura 3.21.-Inicio de PHD.



Figura 3.22.-Fin de PHD.

Terminada la perforación horizontal dirigida (PHD) en este tramo se continuó con la instalación de los ductos PAD de 3”, con la ayuda de la escariadora se

incrementó el tamaño de la perforación para así tener la medida deseada por la cual los ductos PAD quedarían bien asentados, se requirió inmediatamente la instalación de los ductos debido a la pronta sequedad del lodo utilizado para la perforación que podría obstruir la instalación de los ductos en esta perforación. Se flejo a cada 5m de largo de los ductos el neutro corrido ACSR calibre 3/0. [\[índice\]](#)



Figura 3.23.-Acopladores para ducto. **Figura 3.24.-Conexión ducto-escariadora.**



Figura 3.25.-Inicio de tendido de ductos. **Figura 3.26.- Lodo producto de PHD.**

[\[índice\]](#)

3.10.- Instalación de registros y pozos de visita (arroyo, banqueta)

Una vez terminada con la correcta excavación y compactación de las zanjas para los registros de media tensión y los pozos de visita se comenzó con la colocación de estas mismas en los puntos que se habían plasmado en el plano proyecto tanto en banqueta como en arroyo, supervisando que los conceptos vistos

anteriormente estuvieran bien ejecutados, se les dio la autorización para su colocación.

En el caso de algún cambio de dirección de un pozo de visita o un registro de media tensión (banqueta, arroyo) se tendrá que notificar al supervisor de la obra correspondiente para que se dé el correspondiente seguimiento.



Figura 3.27.-Pozo tipo "P" arroyo. Figura 3.28.-Registro tipo "4" arroyo.



Figura 3.29.-Pozo tipo "L" banqueta. Figura 3.30.-Registro tipo "4" banqueta.

NOTA: En el caso de los pozos de visita y registros que quedarían en el área de arroyo la composición del material de su fabricación debería ser más resistente, esto debido a que el área de arroyo es más transitado por automóviles y camiones con mucho peso. [Índice](#)

3.11.-Excavación de canalización para banco de ductos.

Una vez terminada la colocación de todos los pozos de visita (PVMTAL, PVMTAP, PVMTBL, PVMTBP) y registros (RMTA-4, RMTB-4) en áreas de banqueta y

arroyo, verificando siempre que se hallan instalado correctamente y que estos registros y pozos instalados sean los que correctamente se seleccionaron para el proyecto, se comienza con la excavación de canalización para banco de ductos, esta excavación tanto en el área de arroyo como en banqueta se tenía que realizar con mucho cuidado debido a tramos proyectados en el plano proyecto en los que se encontrarían ductos subterráneos existentes y si accidentalmente se dañara uno de estos ductos podría provocar serios problemas tanto a la obra como a la empresa dueña de este ducto subterráneo.

Por esta razón la profundidad que se tomó para la excavación de canalización de banco de ductos fue de 50 cm mínimo hasta 1.20 m máximo, esto para poder instalar correctamente nuestros ductos PADC, y si por alguna razón el ducto existente en el tramo fue construida en una profundidad menor a esta se podrá decidir si los ductos que se instalaran quedaran arriba de este ducto existente o si se excavara más para poder instalar estos ductos por debajo de la existente.



Figura 3.31.-Excavacion en arroyo. **Figura 3.32.-**Excavacion en banqueta.

NOTA: véase la NOM-SEDE2012 CAPITULO 923 “INSTALACIONES SUBTERRANEAS”, tabla 923-11 “Profundidad mínima de ductos o banco de ductos”. [\[Indice\]](#)

3.12.-Instalación de ductos PADC (arroyo y banqueta).

Terminado todas las excavaciones y compactaciones a cielo abierto en arroyo y banqueta para banco de ductos PADC, excavación y compactación de zanjas para instalación de registros de media tensión (RMTB-4, RMTA-4) y pozos de visita (PVMTBL, PVMTAL, PVMTAP, PVMTBP) y la instalación de estas mismas, se comenzó con la instalación de los ductos PADC de 2” corrugado en las canalizaciones echas anteriormente, al lado de estos ductos, flejado a cada 5 m de largo se instaló el neutro corrido ACSR calibre 3/0.



Figura 3.33.-Ductos en “arroyo”.



Figura 3.34.-Ductos en “banqueta”.

Se utilizó el mismo producto de la excavación para relleno, se colocó una capa de arena de 2 cm de espesor, si por alguna razón se necesitara material para su relleno CFE le suministrara a la empresa contratista un relleno inerte libre de arcillas expansivas o un relleno fluido con una resistencia de 20kg/cm².



Figura 3.35.-Inicio de Relleno “arroyo”. Figura 3.36.-Inicio de relleno “banqueta”.



Una vez terminado la colocación de los ductos PADC se instaló una cinta de advertencia en la parte superior de la capa de 2 cm de arena del banco de ductos esto con la final que en futuras excavaciones se pueda tener una advertencia de la existencia de un circuito eléctrico subterráneo en este tramo.



Figura 3.37.-Cinta peligro en “arroyo”. Figura 3.38.-Cinta peligro en “banqueta”.

El relleno se debía efectuar con la humedad óptima para obtener una compactación del 90% PROCTOR en área de banqueta, un 95% PROCTOR y una capa de 15 cm de espesor adyacente a la carpeta de rodamiento, cuidando evitar la ruptura de los ductos o cualquier otra instalación en área de arroyo (Norma CFE sección 3.3 “obra civil”, subsección 3.3.1 “canalización a cielo abierto” párrafo “E, F”). [\[Índice\]](#)



Figura 3.39.-Compactacion “arroyo”. Figura 3.40.-Compactacion “banqueta”.

3.13.- Reposición de pavimento de concreto y guarnición.

Terminada la instalación de banco de ductos PAD o PADC, la instalación de cinta de peligro, el relleno y su compactación se comenzó con la reposición de pavimento de concreto o asfalto ($F'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ de 50 cm de ancho por 10, 15 o 40 cm de espesor) y la reposición de guarnición ($F'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$, agregado

máximo de $\frac{3}{4}$ ", junta de expansión a 2.50 m) que se allá demolido anteriormente para la instalación de pozos de visitas, registros y banco de ductos.

Para la reposición de pavimento se utilizara concreto armado con un esfuerzo a la com presión de 200 Kg/cm² y reforzado con una capa de malla electro soldada, con juntas creadas mediante cortadora de discos, relleno con relleno comprimible pasa ROD o similar, retocado con sellador elástico de poliuretano "SIKA FLEX 1C" y acabado acorde a lo existente en el sitio de trabajo.

Todo el concreto nuevo que se colocara debe tener un refuerzo de malla 6-6/10-10, terminado la colocación de concreto y verificando que la superficie horizontal haya recibido el acabado correcto se mantendrá el concreto en condición húmeda por un periodo de 7 días.

En cuanto a la reposición de guarnición se refiere a la construcción de todos aquellos elementos solidos de concreto con sección trapezoidal o rectangular que tienen como función la delimitación de áreas de pavimento y la transición entre desniveles de pisos. Estas guarniciones se construirán con una resistencia de 150 Kg/cm² o 200 Kg/cm², junta de expansión a 2.50 M con cartón asfáltico. [\[Índice\]](#)



Figura 3.41.-Reposición de concreto.

Figura 3.42.-Reposicion de guarnición.

3.14.-Instalacion de tapa y aro 84A, 84B.

Una vez terminada la reposición de todo el área en el que se realizó la demolición de concreto y excavación de zanja para registros y pozos de visita, así como también; para la instalación de banco de ductos ,reposición de guarnición (área de banquetta) se comenzó con el resane de registros así como también con la instalación del juego de tapa y aro para cada registro y pozos de visita de media tensión, esto para evitar que los registros y pozos de visita se llenaran de escombros que se podrían alojar en los ductos y que eventualmente dañarían los cables al momento de la instalación es estos ductos. Tanto para los pozos de

visita y registros de media tensión en área de arroyo o banqueta se usó aros y tapas hechos de metal, 84B para área de banqueta y 84A para área arroyo. [\[Índice\]](#)



Figura 3.43.-Resane de registro.



Figura 3.44.-Tapa 84A en arroyo.



Figura 3.45.-Tapa 84B en registro.



Figura 3.46.-Tapa 84B en pozo.

3.15.-Instalación de cable de aluminio XLP calibre 500 MCM, 133% 15Kv por método manual en área arroyo.

Una vez terminado la instalación de ductos PADDC en área banqueta y arroyo (verificando que los ductos estén limpios esto para no dañar los cables al momento de su tendido), instalación de pozos y registros de media tensión (verificando que estos tengan un correcto abocinado y cuenten con juego de tapa y aro) se comenzó con la instalación del cable de aluminio XLP calibre 500 133% 15Kv.

Antes de comenzar con la instalación se tomó en cuenta las distancias que se instalaron de ductos PADC de claro a claro, así como también; la cantidad de coca que se dejaría en cada registro y pozo de visita, ya que con estas distancias calcularíamos la cantidad aproximada de cable que se utilizaría o la cantidad de carretes que utilizaríamos (carretes de 500 m cada uno), para poder instalar las 3 fases en los claros que comprendía de P1 (PVMTA-L) a P7 (PVMTA-P) donde se encontrarían los primeros 3 empalmes tipo recto al igual que 3 indicadores de falla (1 indicador por fase), dejando debidamente 2 m de coca en cada registro y pozo de visita como se había contemplado en el proyecto.

El método de instalación que se utilizó para la instalación del cable de aluminio XLP calibre 500 fue el “método manual” pero también se necesitó la utilización de rodillos y poleas, esto para facilitar la instalación de cable y reducir el daño de la pantalla de aislamiento de la misma. También se utilizó una grúa que sería la encargada de sostener el carrete para que se pudiera tender el cable y facilitar el tendido del mismo antes de introducirlo a cada ducto individualmente.



Figura 3.47.-Colocacion de carrete. Figura 3.48.-Inicio de tendido de cable.



Figura 3.49.-Colocacion de rodillo. Figura 3.50.-Jalado de cable con polea.

Se necesitó de un lubricante especial que nos ayudaría con el tendido del cable (en este caso no se pudo conseguir el lubricante liquido así que se optó por la utilización de un gel lubricante que también servía para este propósito), este lubricante se unto sobre todo el tramo de cable así como también en las entradas de los ductos, esto para poder tener una mejor facilidad de tendido de cable.



Figura 3.51.-Inspeccion de cable. Figura 3.52.-Colocacion de lubricante.

Se debía tener un cuidado especial para los tramos en las que se hallaran pequeñas curvas ya que esto podría dañar el cable, para esto se necesitó de personal que se encargaría de vigilar en cada registro y pozo de visita que el cable no tuviera alguna deformación de dirección al momento del tendido del cable en cada registro y pozo. [\[índice\]](#)

3.16.-Instalación de cable de aluminio XLP calibre 500 MCM, 100% 15Kv por método manual (banqueta).

Inicialmente se había considerado la utilización de cable XLP calibre 500 de 133% nivel de aislamiento, pero debido a la poca cantidad que se encontraba de este conductor (solo se pudo instalar el tendido del pozo “P1” al pozo “P7”) se optó por la utilización de cable XLP calibre 500 con nivel de aislamiento de 100% para proseguir con el tendido de cable en el resto de la línea subterránea.

En esta ocasión el tendido comenzó en el área de banqueta del pozo “P26” al pozo “P33” (pozo ya existente), se utilizó el método manual para el tendido del cable y se necesitó de la colocación de poleas y rodillos para evitar menores daños posibles al cable a la hora de su tendido en los ductos, se necesitó de personal que se encargaría de vigilar en cada registro que el cable no tuviera deformaciones al momento del paso de registro a registro, además, de la utilización de gel lubricante que se colocaría en todo momento en el cable para su fácil instalación en los ductos.



Figura 3.53.-Utilización de grúa.



Figura 3.54.-Colocación de rodillo.

Para continuar con el tendido del cable del pozo “P30” a los pozos y registros existentes frente a la plaza fashion mall se necesitó de su inspección para observar si los ductos estaban en perfectas condiciones para el tendido de cable dentro de ellos, se limpiaron estos ductos ya existentes y se colocaron guías que facilitarían el tendido del cable más adelante.

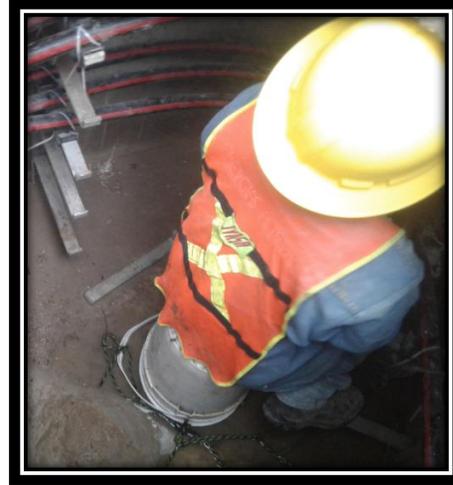


Figura 3.55.-Inicio de tendido. Figura 3.56.-Inspeccion en pozo existente.

Debido a algunos tramos con índices de deflexión se optó por sacar coca de registro a registro así en cada tramo para facilitar el tendido de la misma, ya que no la norma establecía que no debía optarse por un sobre esfuerzo de jalado en el cable al momento del tendido debido a que el aislamiento podría salir dañado al momento del esfuerzo aplicado. [\[Índice\]](#)



Figura 3.57.-Lubricado de cable. Figura 3.58.-Jalado de coca en registro.

3.17.-Instalación empalmes tipo “recto” en pozos de visita.

Una vez terminado el completo tendido de los cables subterráneos en toda la trayectoria y dejado en cada registro y pozo de visita 2 metros de coca (para futuro) y en cada pozo 1 metro extra de cable, esto debido a que se necesitaría para la instalación de empalmes, se comenzó con el empalmado de los cables calibre 500 en cada pozo de visita correspondiente.

Los pozos de visita donde se realizarían estos empalmes eran en los pozos “P7, P14, P20 Y P26”, para esto se necesitarían de 12 empalmes contráctiles en frío tipo recto (un empalme por fase), se consideró este tipo de empalme por su facilidad de instalación y la comodidad al alojarlo dentro del pozo ya que permitiría más espacio de trabajo para futuros mantenimientos en estas áreas.



Figura 3.58.-Empalme termocontráctil.



Figura 3.59.-Instalacion de empalme.

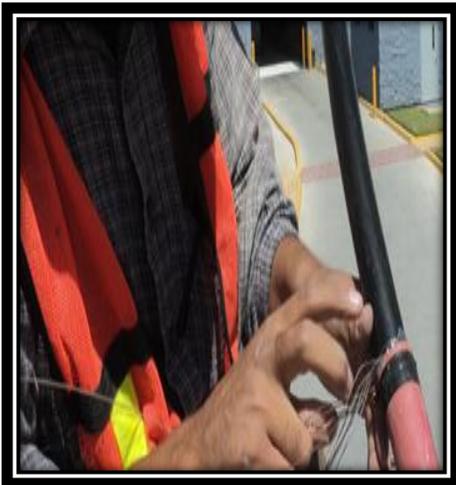


Figura 3.60.-Pantalla metálica de tierra.



Figura 3.61.-Capa semiconductor.

Para poder comenzar con el empalmado del cable se posiciono los cables de forma que se cruzaran entre ellos y así cortarlos perpendicularmente, a continuación se limpió la cubierta de ambos cables en una longitud de 60 cm para poder enfilear el empalme contráctil en uno de los cables. Durante este proceso se retiró la cubierta de los cables en una longitud de 24 cm, a 5 cm del corte de la cubierta, se cortó y se retiró la capa semiconductor externa, se retiró el aislamiento del cable en una longitud de 3 cm a partir de cada extremo de los cables. Se posiciona el conector de unión y se realiza la compresión de los

mismos, se lubrico la región que comprendía el empalme, se posiciona el cuerpo del empalme y se retira el plástico de protección interior a esto se coloca el cuerpo del empalme y se retira la cinta elástica de sujeción de los tirantes del soporte.

[\[índice\]](#)

3.18.-instalacion de terminales tipo “T” en seccionadora y pruebas a cable XLP.

Una vez realizado el cableado completo desde la subestación TUXTLA II a la seccionadora instalada en el cuarto eléctrico, se comenzó con la instalación de las terminales tipo “T” (una terminal por fase) a la seccionadora instalada por parte de la empresa encargada de la construcción de la plaza (constructora “PARKS”) para que después el departamento de “líneas subterráneas” de la empresa CFE se encargara de realizar la prueba “VLF” a los cables ya instalados y dar el visto bueno para comenzar con el procedimiento de energización del circuito.



Figura 3.62.-Tendido del cable.

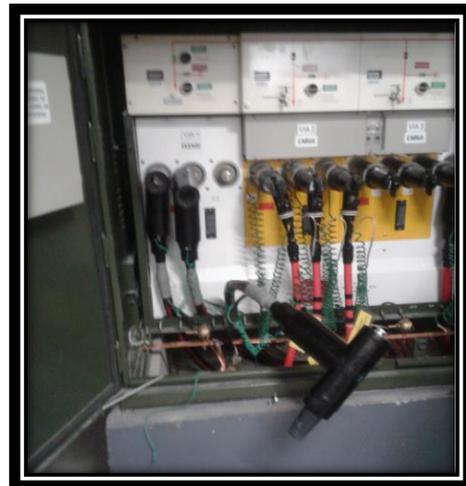


Figura 3.63.-Instalacion de cuerpos en “T”.

Una vez instalado los conductores y las terminales tipo “T” a la seccionadora los encargados de CFE del departamento de “líneas subterráneas” comenzaron con la inspección de estas terminales, verificando que todo estuviera correctamente instalado tanto la terminal como la pantalla metálica de tierra bien aterrizado para así poder comenzar con la prueba VLF y no causar un daño durante esta prueba debido a que podrían dañarse los cables o la seccionadora.

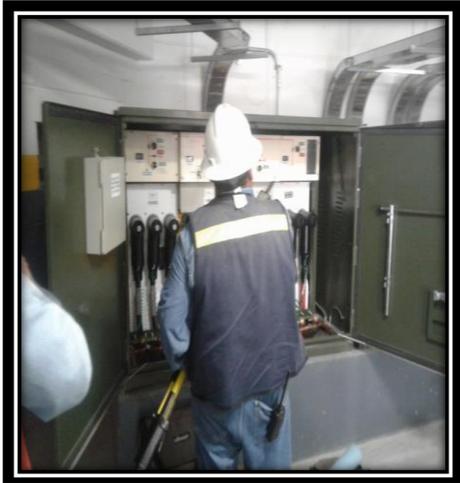


Figura 3.64.-Inspeccion de terminales. Figura 3.65.-Conexión para prueba VLF.

Esta prueba de VLF consistía en ir aplicando poco a poco voltaje en estos cables para observar el comportamiento del aislamiento en estos mismos, la prueba del VLF comenzaría de 0 hasta 25 000 V (variable), estos resultados nos arrojarían si el aislamiento del cable estaba dañado, causado por algún voltaje de fuga en esta. El rango máximo de voltaje de fuga para los cables era de 1 V, así que los resultados que debían arrojar nuestros cables para ver que estaban bien debía ser menor a este rango.



Figura 3.66.-Dispositivo VLF.

Figura 3.67.-Inicio de prueba VLF.

Una vez realizado la prueba se comprobó que nuestros cables estaban en perfectas condiciones, el medidor de prueba VLF tenía la opción de impresión de resultados, así que el operador del medidor de prueba imprimió 3 hojas de resultados el cual uno le quedaría a los supervisores del proyecto de la red subterránea, otro a la empresa PARKS y la última a ellos, esto nos serviría como comprobante de que se realizó la prueba y que no se encontraron ningunas

inconsistencias en los cables durante la realización de la prueba. Terminada la prueba del VLF y corroborando que no había ningún problema con los cables se comenzó con el papeleo para permisos de interconexión y energización de este circuito. [\[índice\]](#)

3.19.-Elaboracion de plano definitivo en programa DEPROED.

Terminado toda la obra civil y electromecánica se comenzó con la realización del plano definitivo, en este plano se plasmarían todos aquellos cambios que se realizaron durante la ejecución de la obra: cambio de pozos y registros de media tensión, cables subterráneos, excavación de canalización para banco de ductos, PHD, accesorios de protección, etc.

El plano definitivo se realizaría en el programa AUTOCAD con herramientas de DEPROED, DEPROED es la herramienta principal utilizado por el personal de CFE para realizar planos eléctricos, ya que en este paquete de herramientas se encuentra toda la información necesaria para proyectar un plano con todos los elementos necesarios. En este caso el proyecto realizado era un proyecto de red subterráneo y para realizar el plano se utilizaron las herramientas de líneas subterráneas.

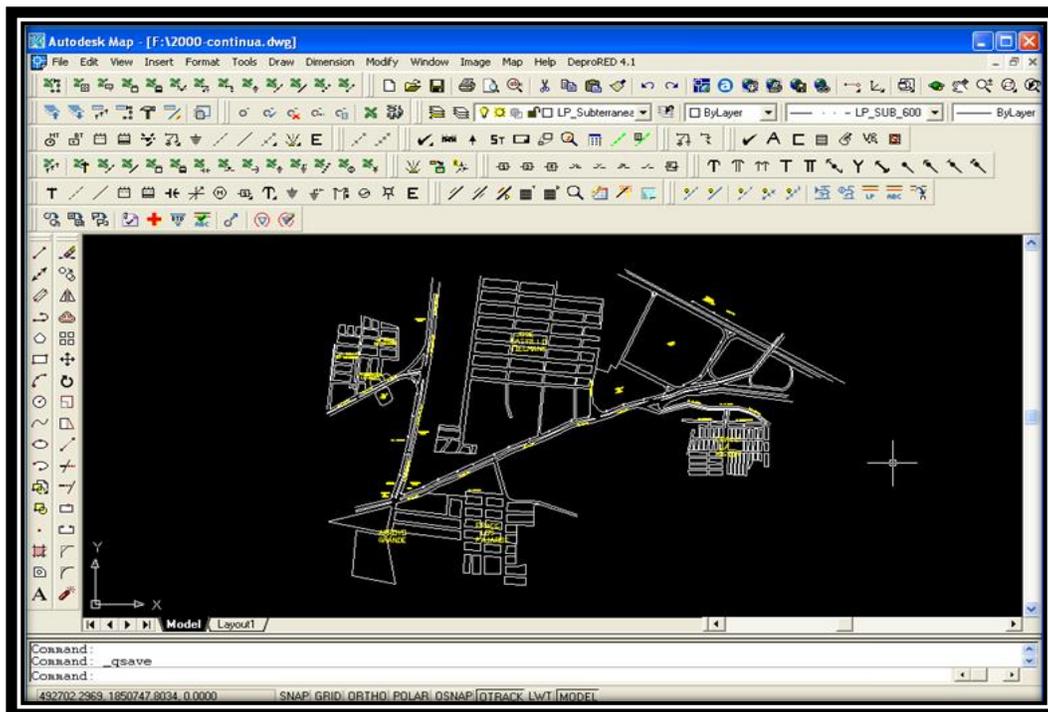


Figura 3.68.-Plano general en AUTOCAD 2000 con herramientas DEPROED.

Se configuro en DEPROED cada pozo de visita y registro de media tensión con los respectivos datos que nos pedían, en este caso se configuraría el tipo de pozo

de visita que se instalaría en cada punto a proyectar (tipo “L, P, X, T” en arroyo o banqueta); así como, la configuración de cada registro en los puntos a proyectar (tipo “4, 3” en arroyo o banqueta). Al configurar nuestro pozo o registro se indicarían la cantidad de correderas, mensulas, Soportería, electrodo de tierra en cada uno de ellos, en el caso de los pozos de visita se configuraría si llevarían empalmes, boquillas estacionarias, indicadores de falla, conectores tipo codo o tipo “T”.

Para poder proyectar la línea de media tensión subterránea se debía tomar en cuenta el tipo de sistema por el cual estaría configurado nuestro circuito, en este caso se configuro a un sistema de anillo abierto de 600 A de 3F-4H con neutro corrido de calibre 3/0, en el claro a proyectar del punto H29-P30 y P30-P31 se debía proporcionar el dato de la perforación dirigida. Una vez configurado los datos se puede proyectar en el plano la línea de media tensión.

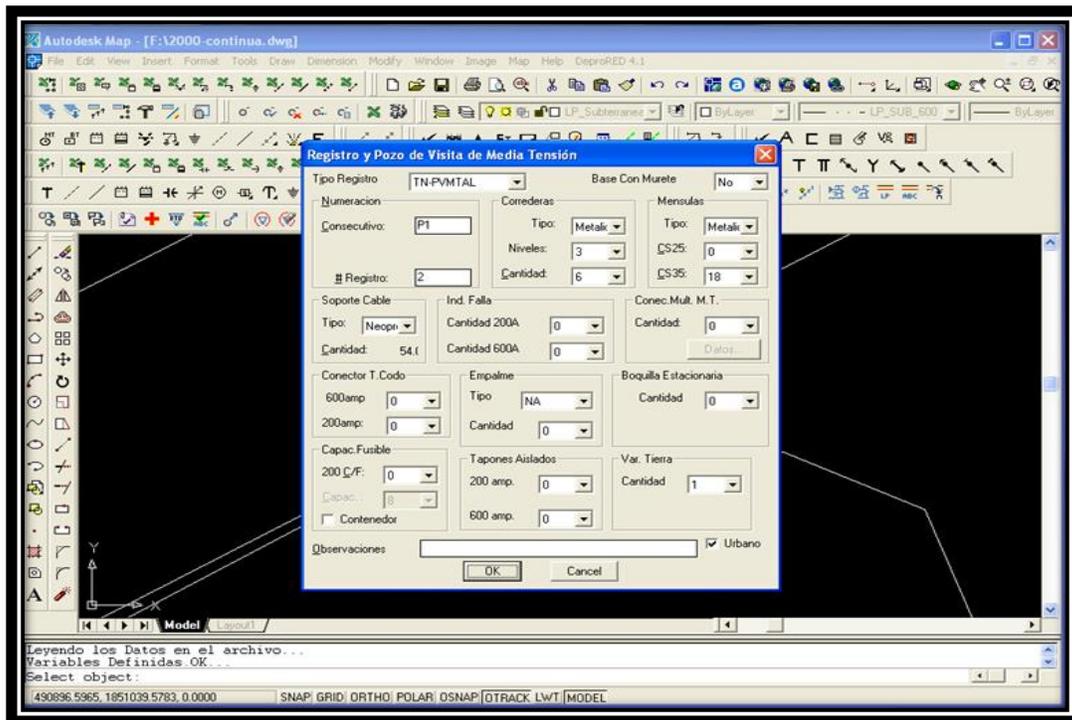


Figura 3.69.-Configurando pozos de visita y registros de media tensión.

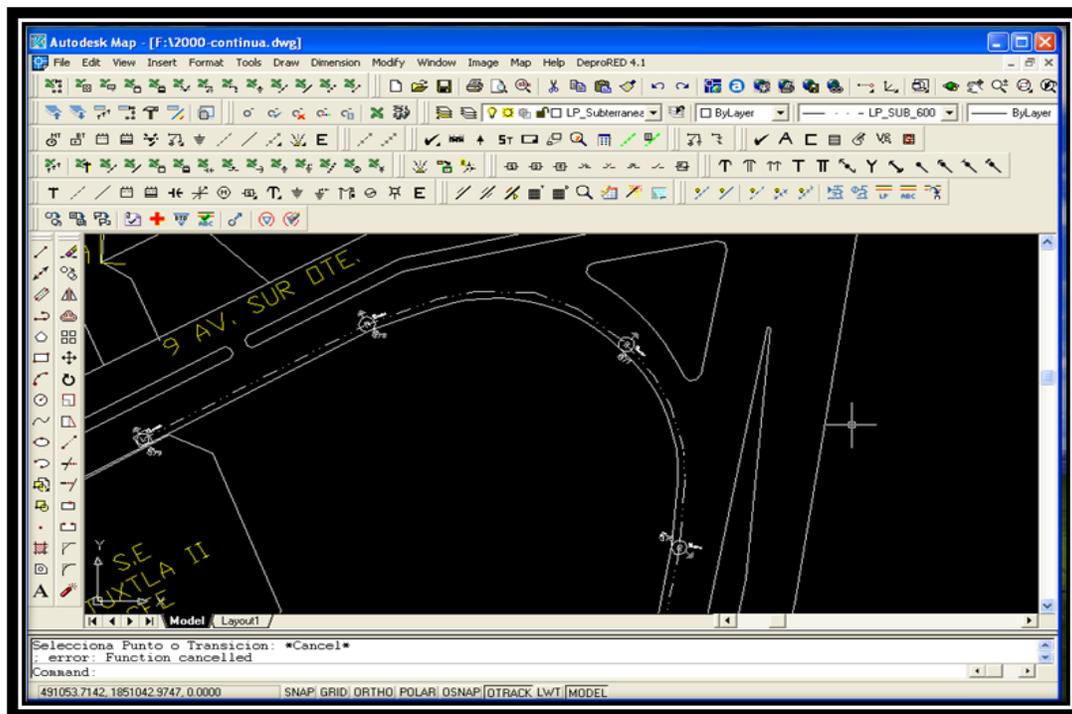


Figura 3.70.-Proyectando línea de media tensión subterránea.

Una vez realizado el plano definitivo en DEPRORED se llevó a revisión para anotar observaciones o inconsistencias que no concordaran con el proyecto real ejecutado. Durante todo el proyecto se encontraron con algunos cambios de pozos de visita y registros de arroyo a banquetta o viceversa, excavación e instalación de banco de ductos de banquetta a arroyo o viceversa esto debido a los diferentes problemas que se presentaban como ductos existentes no observados anteriormente o por órdenes de la SCT (excavación para banco de ductos, pozos y registros). [\[Índice\]](#)

4.-Resultados de cálculo para selección de conductor.

Para poder obtener los cálculos del conductor que se utilizara para alimentar la plaza fashion mall se necesita de las características del servicio eléctrico que se le proporcionara a la plaza, esto para obtener el correcto cálculo y selección del conductor:

Tipo de material del conductor: **Aluminio**
 Tipo de aislamiento del conductor: **XLP (polietileno reticulado)**
 Carga contratada inicial: **8138 KVA – 7324 KW**
 Carga contratada final: **8138 KVA – 7324 KW**
 Demanda inicial: **8138 KVA – 7324 KW**
 Demanda final: **8138 KVA – 7324 KW**
 Tensión de suministro: **13.2 K V**

Tolerancia en la tensión: $\pm 10\%$
Frecuencia: 60 **Hertz**
Tolerancia de la frecuencia: $\pm 0.8\%$
Números de fases e hilos: **3F - 4H**
Tarifa: **H-M8**
Tipo de medición: **Media Tensión**

Una vez obtenido los datos correspondientes se comenzó con los cálculos de los cables, para poder obtener una selección óptima del cable se debe calcular el calibre del conductor por 3 tipos de cálculos: **calculo por corriente, calculo por caída de tensión y calculo por cortocircuito.**

A).- Cálculo de calibre de conductor por corriente:

Pasando KVA A KW

$$KW = KVA * FP$$

$$KW = 8138 KVA * 0.9$$

$$KW = 7324 KW$$

Convirtiendo kilowatts a watt:

$$w = Kw \times 1000 \quad 1kw = 1000 w$$

$$w = 7324 KW \times 1000$$

$$w = 7,324,000 w$$

Con la siguiente formula calculamos la corriente nominal para la correcta selección del calibre de conductor:

$$I_n = \frac{W}{\sqrt{3} * E_f * FP}$$

In = corriente nominal
W = potencia en watts
Ef = voltaje entre fases
FP= factor de potencia 0.9

Calculando corriente:

$$I_n = \frac{7,324,000 \text{ w}}{\sqrt{3} * 13200 \text{ v} * 0.9}$$

$$I_n = \frac{7,324,000 \text{ w}}{20576.763}$$

$$**I_n = 355.935 A**$$

Para corregir el valor nominal de nuestra corriente se debe tomar en cuenta el factor de temperatura, factor de profundidad y factor de agrupamiento de los conductores, con la siguiente formula podremos obtener el factor de corrección total que después nos servirá para obtener la corriente corregida del sistema.

$$I_c = \frac{I \text{ nominal}}{FCT * FCA * FCP}$$

FCT= factor de corrección por temperatura

FCT= factor de corrección por profundidad variable del terreno

FCA= factor de corrección por agrupamiento de conductores

$$FCT = 1.04 \quad FCA = 0.80 \quad FCA = 0.97$$

$$FT = 1.04 * 0.80 * 0.97$$

$$**FT = 0.8074**$$

Corrigiendo el valor nominal de la corriente con el resultado de los factores de corrección obtenido anteriormente.

$$I_c = \frac{I \text{ nominal}}{FT}$$

$$I_c = \frac{355.935 A}{0.8074}$$

$$**I_c = 440.840 A**$$

Nota: (Véase tabla 310-15 (b) (2) (a).- “factores de corrección basados en una temperatura ambiente de 30°C”, tabla 310-15(b) (3) (a) “factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable” 310-60- “Conductores para tensiones de 2001 a 35 000 volts”. de la NOM 001-SEDE-2012 ARTICULO 310). [\[índice\]](#)

B).- Cálculo de calibre de conductor por caída de tensión:

Para la selección de un conductor por caída de tensión se utilizara la siguiente formula:

$$I = \frac{2 \sqrt{3} * L * In}{\%e * Vf}$$

Dónde:

L = longitud del circuito en metros

In = corriente nominal del circuito

%e = porcentaje de caída de tensión permitido por la NOM

Vf = voltaje entre fases

Calculando sección transversal del conductor a utilizar (en mm²):

$$I = \frac{2 \sqrt{3} * 2090 \text{ m} * 355.935 \text{ A}}{0.80\% * 13200 \text{ v}}$$

$$I = \frac{3.464101 * 2090 \text{ m} * 355.935 \text{ A}}{10560}$$

$$I = \frac{2,576,959.109}{10560}$$

$$I = 244.03 \text{ mm}^2$$

Obteniendo con la formula el área de la sección transversal de nuestro conductor en mm² nos vamos a la tabla de conductores tipo XLP de aluminio para verificar

que este resultado de área de sección transversal concuerde correctamente con el resultado de “selección de calibre de cable por corriente”.

MEDIA TENSIÓN XLPE-PB 25 kV							
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	100% Nivel de Aislamiento Espesor de aislamiento=6,60		133% Nivel de Aislamiento Espesor de aislamiento=8,13		Capacidad de conducción de corriente*
			Diámetro total aproximado	Peso total aproximado	Diámetro total aproximado	Peso total aproximado	
AWG o kcmil	mm ²		mm	kg /100 m	mm	kg /100 m	Ampere
1	42,4	19	31,7	277	34,9	313	190
1/0	53,5	19	32,7	297	37,3	389	240
2/0	67,4	19	33,7	321	38,3	414	275
3/0	85,0	19	35,8	396	39,5	445	310
4/0	107,2	19	37,8	440	40,9	482	356
250	126,7	37	39,2	476	42,3	518	383
300	152,0	37	40,5	514	44,4	565	421
350	177,3	37	41,7	552	45,6	603	459
500	253,4	37	45,6	667	49,3	753	538
600	304,0	61	47,9	742	52,4	845	581
750	380,0	61	50,9	884	54,8	949	612
1 000	506,7	61	55,7	1066	58,8	1119	738

Figura 4.1.-Tabla de conductores de aluminio XLP.

En este caso nuestro resultado nos dio 244.03 mm² verificando en nuestra tabla de calibres de conductores nos damos cuenta que el área que nos dio de resultado de nuestro cálculo se aproxima mucho al tipo de calibre de conductor escogido por el resultado de corriente. [\[Índice\]](#)

C).- Cálculo de calibre de conductor por cortocircuito:

$$\left[\frac{I_{cc}}{S} \right]^2 t = 0.0297 \text{ Log} \frac{T2 + 228}{T1 + 228}$$

Despejando I_{cc}:

$$I_{cc} = \left(\sqrt{\frac{0.0297 \text{ Log} \frac{T2 + 228}{T1 + 228}}{t}} \right) \times S$$

$$I_{cc} = \left(\sqrt{\frac{0.0297 \operatorname{Log} \frac{250 + 228}{90 + 228}}{t}} \right) \times 500,000 \text{ CM}$$

I_{cc} = Valor eficaz de la corriente de cortocircuito, en amperes.

S = Sección transversal del conductor, en circular mil (CM), 1 MCM = 1000 CM.

t = Tiempo de operación de la protección contra corto circuito, en segundos en este caso $\frac{2}{15}$ s

T2 = Temperatura alcanzada al finalizar el cortocircuito (se considera que alcanza los 250 C°)

T1 = Temperatura del conductor en condiciones normales de operación en C°

$$I_{cc} = \left(\sqrt{\frac{0.0297 \operatorname{Log} \frac{250 + 228}{90 + 228}}{\frac{2}{15} \text{ s}}} \right) \times 500,000 \text{ CM}$$

$$I_{cc} = \left(\sqrt{\frac{0.0297 \operatorname{Log} \frac{478}{318}}{\frac{2}{15} \text{ s}}} \right) \times 500,000 \text{ CM}$$

$$I_{cc} = \left(\sqrt{\frac{0.0297 \operatorname{Log} 1.5031}{\frac{2}{15} \text{ s}}} \right) \times 500,000 \text{ CM}$$

$$I_{cc} = \left(\sqrt{\frac{0.005256539}{\frac{2}{15} \text{ s}}} \right) \times 500,000 \text{ CM}$$

$$I_{cc} = (\sqrt{0.039424049}) \times 500,000 \text{ CM}$$

$$I_{cc} = 0.198554901 \times 500,000 \text{ CM}$$

$$I_{cc} = 99,277.45 \text{ A o } I_{cc} = 99.272 \text{ KA}$$

[\[índice\]](#)

5.-Conclusion.

La distribución eléctrica subterránea actualmente está tomando mayor auge en el mundo de la distribución de energía eléctrica, esto debido a su facilidad de construcción, mantenimiento y seguridad. Durante la construcción y supervisión de una red subterránea se debe tomar muy en cuenta la parte civil (demolición de concreto, instalación de registros y pozos de visita, Soportería) y la parte eléctrica (tendido de cable, instalación de empalmes, instalación de terminales, pruebas eléctricas, cálculos eléctricos) así también como la aplicación de las normas eléctricas (Nom 001-sede-2012, norma de distribución subterránea CFE) que nos permiten construir una red eléctrica subterránea de manera correcta, óptima eficiente y segura.

El poder tener la oportunidad de supervisar la presente construcción de “la red eléctrica subterránea para alimentar la plaza fashion mall” me ayudo a fomentar el conocimiento no solo teórico; si no también, el conocimiento práctico de manera responsable. De este modo pude reforzar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante el tiempo en la institución educativa enfocándolos en el ámbito laboral y social, ya que esto me ayudaría a forjarme como ingeniero eléctrico. [\[índice\]](#)

5.1.-Referencias bibliográficas.

- http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4913230&fecha=13/03/2006
- http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_anexo_2_sep03R1.pdf
- https://books.google.com.mx/books?id=YP5-7MdPTz4C&pg=PA261&lpg=PA261&dq=factor+de+correccion+por+incremento+de+profundidad+en+el+terreno&source=bl&ots=1CX_V9ume9&sig=w15WHXZOqnYkZOAI4QTJSdH1Y&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwik8-29_qfTAhVLiFQKHRqXAH4Q6AEIQDAF#v=onepage&q=factor%20de%20correccion%20por%20incremento%20de%20profundidad%20en%20el%20terreno&f=false
- <http://electrica.mx/redes-de-distribucion-subterranea/>
- http://www.marlew.com.ar/apendice_tecnico/recomendaciones/procedimiento_sparalainstalaciondecable/
- http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo2/instalacion_de_conductores.html
- <http://lapem.mx/normas/construccion/pdfs/T/DCCSSUBT.pdf>
- http://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Maestria/Baizabal_Gonzalez_Daniel_Antonio_44986.pdf

NOTAS: En el disco anexo se podrá encontrar:

- 1.-Plano proyecto en AUTOCAD.
- 2.-Plano definitivo en DEPRORED.
- 3.-Especificaciones civiles y electromecánicas del proyecto.
- 4.-volumetrías.
- 5.-Bitacoras, evidencias fotográficas.

[\[índice\]](#)