

2016

INGENIERIA ELÉCTRICA

“Construcción de línea en media tensión subterránea y reconfiguración de línea de media tensión aérea, para el suministro del desarrollo KAN LUXURY TOWERS.”

REPORTE DE RESIDENCIA

Carlos Eduardo Pimentel Astudillo

Gaudencio Penagos Morales

ASESOR INTERNO:

Ing. Luis Alberto Pérez Lozano

ASESOR EXTERNO:

Ing. Rafael Vladimir Domínguez
Chirino

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

DICIEMBRE 2016

Listado de abreviaturas y símbolos.

kV	Kilo volt
MAA	Mactumactza
F'c	Fuerza de compresión
KPa	Kilo pascales
LAPEM	Laboratorio de pruebas equipos y materiales.
N	Newton
I	Corriente
R	Resistencia
jX	Capacitancia
ΔU_{III}	Caída de tensión de línea en trifásico 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 ϕ	Tangente del ángulo correspondiente al factor de potencia.
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.
Ys	Incremento de la resistencia debido al efecto piel (o efecto skin)
Yp	Incremento de la resistencia debido al efecto proximidad.
α	Coefficiente de variación de resistencia específica por temperatura 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 mm ² .
L	longitud de la línea en m.
S	sección calculada según la caída de tensión máxima en mm ² .
c	Incremento de la resistencia en alterna. (Se puede tomar c= 1,02).

ρ_{θ}	Resistividad del conductor a la temperatura 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.
Uu1	Tensión nominal de la línea.
T	Temperatura real estimada en el conductor
Tmáx	Temperatura máxima admisible para el conductor según su aislamiento.
T0	Temperatura ambiente del conductor.
I	Intensidad prevista para el conductor.
I máx	Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación.

INDICE

Listado de abreviaturas y símbolos.....	2
1.Introducción	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Estado del Arte.....	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos	7
1.5 Metodología	7
2.-Fundamento teórico	8
2.1 Obra civil.....	8
2.2 Obra electromecánica.....	13
2.3 Empalmes.....	18
2.4 Cálculo De Caídas De Tensión.	31
3. Desarrollo.....	36
3.1 Inicio de obra.....	36
3.2 Levantamiento.....	37
3.3 Elaboración de plano proyecto.....	37
3.4 Elaboración de conceptos para la construcción del proyecto.....	38
3.5 Demolición de concreto (banquetas y pavimentos).	43
3.6 Excavación y compactación de canales.....	44
3.7 Tendido de tubería padc.	45
3.8 Colocación de registros y pozos.....	46
3.9 Tendido de cable de potencia.	47
3.10 Tendido de cable de tierra.	48
3.11 Realización de Empalmes.	49
3.12 Revisión.....	50
3.13 Elaboración del plano definitivo.	50
4.1 Resultados de los cálculos para la selección del conductor.	52
4.2 Conclusión.....	55
4.3 Referencias bibliográficas.	55
Anexos.....	55

1.Introducción

1.1 Antecedentes

En la antigüedad la construcción de transformadores y alternadores permitieron utilizar voltajes más elevados para reducir caídas de tensión y pérdidas en el transporte. En 1884 se realizó el primer transporte monofásico a 18 kV, cuya utilidad fue limitada al alumbrado, se optó para su transporte una red eléctrica aérea, ya que en esos momentos era la forma más viable.

El 24 de agosto de 1891 en Alemania se transmitió por primera vez la corriente trifásica entre la central hidroeléctrica de Lauffen, en el río Neckar y la exposición internacional de Frankfurt situada a 175 km. En 1990, el Consejo de Dirección del Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) tomó el acuerdo de fijar la fecha del 24 de agosto de 1891 como inicio del uso industrial de la corriente alterna y de su transporte aéreo.

Se ha argumentado que las redes aéreas son más baratas. Esta presunción es errónea con la realidad desde el análisis encortes de suministros en zonas urbanizadas, causados por constantes choques de vehículos automotores a las columnas del tendido eléctrico y por las tormentas eléctricas que derriban árboles sobre el tendido eléctrico. Las pérdidas que ocasionan estos destrozos de la red eléctrica van en relación a la energía no vendida, material y equipos eléctricos dañados y las pérdidas de vidas humanas.

Esto no pasaría si la red de suministro eléctrico fuera subterránea. Este análisis sobre las pérdidas a largo plazo demuestra, que la distribución de redes subterráneas en zonas urbanizadas, resulta de mayor calidad, eficiencia, el costo es mucho menor que a través de redes aéreas, además de contribuir a la seguridad pública también brinda una estética urbana más atractiva.

El presente proyecto tiene por objetivo definir y describir las instalaciones eléctricas en media tensión subterránea a realizar, obtener los correspondientes permisos para la ejecución y puesta en servicio de la línea. Así como suministrar energía eléctrica al desarrollo habitacional vertical KAAN LUXURY TOWERS desde la subestación MAA Cto. MAA-4010, promoviendo una mayor calidad, eficiencia, seguridad y estética de la red.

1.2 Estado del Arte

M. A. Pedraza et al., presentan los resultados del análisis del comportamiento de las protecciones eléctricas de una red de distribución para incluir la generación distribuida. Para ello modelan la red de prueba de nodos IEEE 37, y los recursos distribuidos fueron incluidos por dos tecnologías: máquina síncrona y generador estático.

V. C. Cunha y J. R. S. Mantovani, miembros de la IEEE, presentan una técnica para resolver el problema de la planificación y el proyecto de sistemas de distribución de media tensión. El problema es modelado como un modelo de programación no lineal entero

mixto. La técnica de solución propuesta para resolver este modelo se basa en un algoritmo de búsqueda tabú que es capaz de manejar problemas no lineales a gran escala.

E. Fernández y A. Conde, presentan el impacto de varios diseños de limitadores de corriente de falla (FCL) en sistemas de distribución. La calidad del voltaje en alimentadores no fallados; se evalúa la tensión de recuperación transitoria en los interruptores automáticos y el funcionamiento en tiempo del relé de sobrecorriente. El objetivo de FCL en sistemas de distribución es reducir la corriente de falla a niveles por debajo de la capacidad nominal de los disyuntores.

S. G. Bd. Pádua et al., el problema de planificación de sistemas de distribución de energía eléctrica (PEPDS) de media tensión la formulan como un modelo de programación no lineal mixta (MINLP). Para resolver este modelo proponen el algoritmo de búsqueda de dispersión (SS). La principal contribución del proyecto es la descripción de las cinco etapas básicas de SS para el problema PEPDS.

M. Piumetto miembro de la IEEE et al., presentan los resultados obtenidos mediante la implementación de la programación dinámica como lógica de control de la calidad de potencia en la distribución eléctrica en sistemas de media tensión no balanceados. El objetivo es mejorar la eficiencia energética reduciendo las pérdidas de red adicionales producidas por el desequilibrio.

2016, Gaudencio Penagos Morales y Carlos Eduardo Pimentel Astudillo, del departamento de ingeniería eléctrica, se llevara a cabo el proyecto “construcción de línea en media tensión subterránea y reconfiguración de línea de media tensión aérea, para el suministro del desarrollo KAN LUXURY TOWERS”. La realización de este proyecto hace que el transporte de energía eléctrica en media tensión subterránea sea segura, eficaz, de calidad y visualmente con mejor estética.

1.3 Justificación

La red eléctrica de línea en media tensión subterráneas más segura, debido a que no sufre ningún tipo de afectación ante accidentes de tránsito y catástrofes naturales como sucede comúnmente en las instalaciones aéreas y que además pone en peligro la vida de numerosas personas al tener contacto con cables energizados que quedan sobre el suelo, en caso de fallas facilita el trabajo para su reparación y/o mantenimiento.

El incremento en la construcción de redes subterráneas de distribución obedece principalmente a las necesidades impuestas por la densidad de carga, flexibilidad, confiabilidad, estética (de ahí su uso en zonas residenciales o centros históricos), así como al desarrollo de nuevas tecnologías, materiales y equipo para la construcción de estos sistemas.

A lo anterior se unen los costos de materiales, equipo, operación, que ha disminuido el precio de la energía eléctrica y las estadísticas de fallas. Este tipo de redes de distribución evita que los aislantes se contaminen con sal en zonas costeras. En las áreas urbanas la necesidad de agilizar la distribución del servicio y la planificación urbanística para evitar el cruce de las líneas eléctricas con las líneas de otros servicios ha ido imponiendo la necesidad de canalizar de manera subterránea las redes de energía [1].

El ruido audible por efecto corona de la línea de transmisión puede restringir la construcción en las proximidades de una línea aérea. Las reclamaciones de los habitantes de las zonas cercanas a estas líneas, también dificultan la obtención de permisos. Naturalmente, los cables subterráneos no emiten ruido audible. Debido a que la reactancia inductiva es menor en una línea subterránea de media tensión, la caída de tensión máxima es del 1%, mientras que la caída de tensión máxima en una línea aérea es del 5%.

Los campos magnéticos y eléctricos pueden restringir también el uso del terreno cerca de una línea aérea. En varios países está vigente una política preventiva respecto de los campos magnéticos. En cables subterráneos el campo eléctrico en la superficie del terreno es nulo, debido al apantallamiento conectado a tierra en uno o sus dos extremos y a su enterramiento que confina el campo eléctrico al interior del cable.

1.4 Objetivos

Construcción de línea en media tensión subterránea y reconfiguración de línea de media tensión aérea, para el suministro del desarrollo KAAN LUXURY TOWERS.

Objetivos particulares

- Realizar levantamiento de puntos en trazo de propuesta del Cto. Subterráneo.
- Analizar la trayectoria subterránea y diseñar de manera óptima la línea en media tensión.
- Analizar y configurar la línea aérea en media tensión para el suministro de energía eléctrica del desarrollo KAAN LUXURY TOWERS.
- Supervisar la construcción del proyecto mediante gestión e inversión de C.F.E
- Realizar pruebas a la línea en media tensión subterránea.
- Poner en servicio la línea en media tensión subterránea.

1.5 Metodología

En la figura 1.1 se muestra el diagrama a bloques general de la construcción de línea en media tensión subterránea.

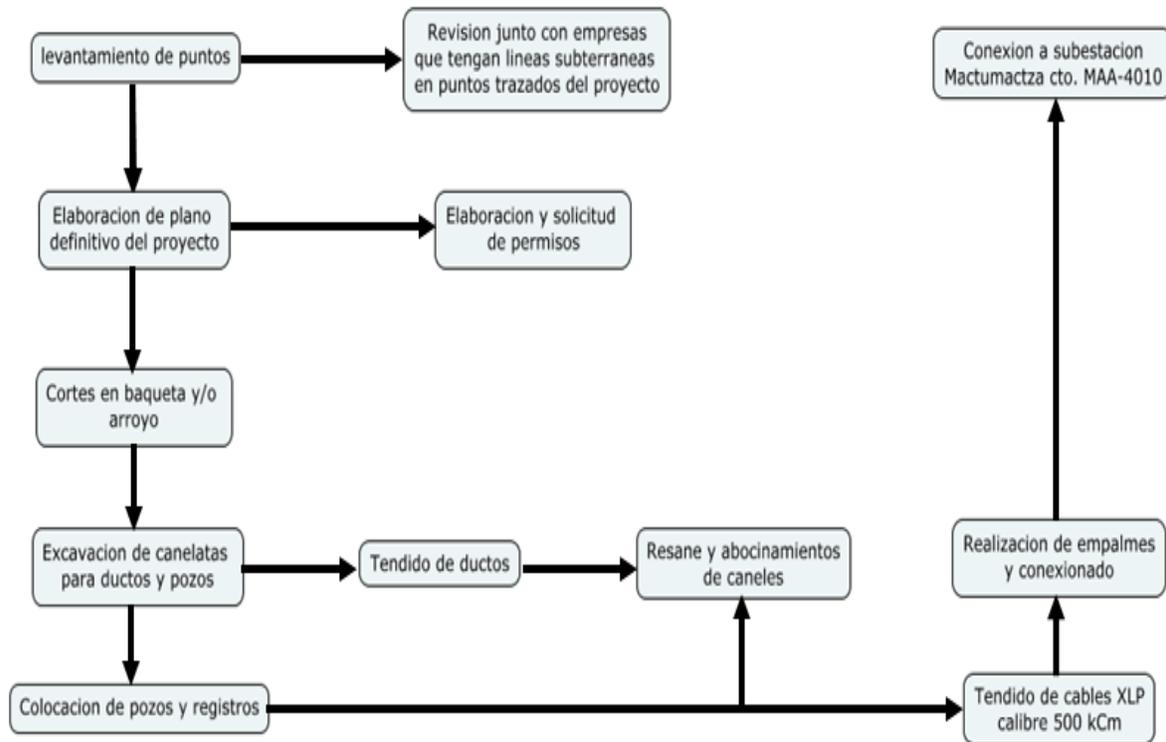


Fig. 1.1 diagrama a bloques del proyecto.

2.-Fundamento teórico

2.1 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.

Canalización a cielo abierto.

a) Trazo

El trazo se realizara conforme a los planos del proyecto e indicaciones de CFE, se realizara con equipo topográfico, evitando en lo posible interferencias y cruzamientos con otras instalaciones existentes, 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, entre otros, 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. El trazo de la trinchera se hará con pintura sobre banquetas y con cal sobre terracerías al igual que la ubicación de registros, pozos de visita y bases para equipo. Si la construcción se realiza en la zona urbana, es muy importante el proyecto de la trayectoria.

Procurando evitar instalaciones que pudieran dañar las líneas por contaminación, como son: refinerías, gasolineras o cualquier otro establecimiento que pudiera ocasionar derrames inundando pozos de visita o bancos de ductos, dañando los cables y accesorios. Por ningún motivo se debe compartir o conectar con la Obra Civil de la CFE con cualquier otro servicio, como drenaje pluvial, aguas negras u otras instalaciones.

b) Señalización

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.

Tendrá cinta señalizador de advertencia 300 mm con leyenda “no excave, líneas de alta tensión”. Se le colocara un fleje de plástico con hebilla metálica colocado a cada 3 m del banco de ductos. Se restituirá el piso existente dejándolo igual al encontrado en sitio. Posicionar ducto de polietileno de alta densidad en 38.1 o 50.8 mm de diámetro de color rojo o anaranjado en caso de existir acuerdo para su utilización.

En caso de que el banco de ductos convine media y baja tensión, la media tensión se ubicara en los niveles inferiores del banco de ductos. Los registros a emplear serán independientes.

c) Excavación en zanja

La excavación se puede llevar a cabo 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.

d) Banco de ductos

Se deben emplear 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 coplees especial 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.

Se podrá utilizar producto de excavación si no contiene arcillas expansivas y un boleo mayor a 19 mm ($\frac{3}{4}$ "'). 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. En ningún caso se aceptarán cruces longitudinales de ductos. 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 coplees 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 estas especificaciones. Una vez instalados los ductos, inmediatamente se deben taponar provisionalmente en los extremos, con estopa, yeso y una agarradera de alambre recocido o cualquier otro tipo de tapón que garantice el sellado de los mismos.

El piso debe estar compactado (90% mínimo, proctor). En terrenos normales el ducto ira asentado directamente en el fondo de la excavación. En terrenos rocosos se compactara utilizando una capa de tierra o arena de 5 cm para uniformizar el fondo y que no tenga boleo.

e) Suministro de material para relleno producto de banco

Cuando por alguna razón sea necesario suministrar material para relleno producto de banco, éste debe ser material inerte y libre de arcillas expansivas. La aprobación de este material se debe determinar por medio de muestras y pruebas obtenidas del banco de material, por cualquier laboratorio autorizado por la CFE, el cual dictaminará por escrito su empleo como relleno. Se permite el uso de relleno fluido con una resistencia de 20 kg/cm².

f) 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.

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. En forma periódica, se revisarán las compactaciones en los puntos que la supervisión considere convenientes por medio de un laboratorio autorizado por la CFE.

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. La cota de terminación y nivelación de estos trabajos debe ser la indicada para recibir la reposición de banquetas o pavimentos.

-Pozos de visita del sistema eléctrico subterráneos.

Los pozos de visita del sistema eléctricos subterráneos deben ser prefabricados de concreto armado de $f'c = 19,613 \text{ kPa}$ (200 kg/cm^2) = T.M.A. (19mm) $\frac{3}{4}$ ", el acero del armado será malla electro-soldada 4x4-4/4, $F_y = 588,399 \text{ kPa}$ (6000 kg/cm^2). Todo el concreto se elabora con impermeabilizante integral dosificado de acuerdo con las recomendaciones del producto. Todo el concreto se vibrara para lograr su compactación adecuada.

Los recubrimientos serán de 2.5 cm mínimo. El concreto tendrá acabado aparente en el interior y común en el exterior no permitiéndose el uso de taludes naturales de terreno como cimbra exterior únicamente se permitirá en terreno con material tipo III previo humedecimiento. Todas las aristas serán achaflanadas de 15mm. Se colara plantilla de concreto pobre $F'c=100 \text{ kg/cm}^2$ de 5cm de espesor en caso de ser colado en sitio.

Los rellenos se apegaran a la presente especificación con grado de compactación del 90% proctor para banqueta para todas las capas no mayores de 15 cm de espesor y para arroyo serán de 95% de compactación únicamente las dos últimas capas serán de 10 cm de espesor y las capas inferiores serán de 15 cm de espesor y 90% de compactación proctor. El cable de cobre del sistema de tierra debe ser de sección transversal de 33.6 mm^2 (2 AWG) [1].

Todas las interconexiones de los sistemas de tierra deberán ser mediante soldadura tipo auto-fundente. Para niveles freáticos altos, deberán dejarse las varillas de tierra por fuera

del pozo, introduciendo el cable de cobre a través de la manga del poliducto sellándose el cárcamo. Cuando el nivel freático es bajo se instala la varilla de tierra en el cárcamo y no se deja poliducto en la pared del pozo.

Se comprobara la calidad de los materiales mediante laboratorio autorizado por CFE y el armado se verificara en sitio. Los pozos deben identificarse con las siglas CFE, tipo de registro, fecha de fabricación, mes (tres primeras letras), año (ultimo dos dígitos), número de serie y nombre del fabricante, las marcas deben estar bajo relieve en cualquiera de las caras interiores del pozo sin interferir con la perforación de los ductos con letras de 5cm de altura mínimo.

Para ambiente marino y/o suelos salitrosos se debe utilizar cemento tipo II, 1P o V según la norma NOM C-1. En caso de que los pozos sean prefabricados, deben ser inspeccionados por el LAPEM (Laboratorio de Pruebas Equipos y Materiales) durante su construcción y contar con su aviso de prueba correspondiente. En todas las terminales de los ductos se deben eliminar las aristas vivas mediante el abocinado.

En el caso de que el pozo sea prefabricado, la altura, diámetro y cantidad de orificios deberán estar en función de las necesidades del proyecto específico, respetándose el tipo de armado de acero de refuerzo, espesor de paredes y de la resistencia de concreto solicitada. Para los pozos prefabricados el cárcamo en lugar de venir construido de fábrica es posible que en el sitio destinado al mismo, se deje el orificio con juntas ojilladas para que se cuele en sitio.

Con una mezcla del concreto de la resistencia solicitada y aditivos para juntas frías, humedeciendo el borde donde se ubica la junta ojillada antes del colado en sitio. Deberán colocarse anclas de acero redondo $\theta = 16\text{mm}$, galvanizado para jalón de cables por cada cara opuesta al banco de ducto 20 cm encima de este. Se aceptara el uso de pozos prefabricados de otro material diferente al concreto siempre y cuando cuente con la aprobación del LAPEM (Laboratorio de Pruebas Equipos y Materiales).

-Registros del sistema eléctrico subterráneos.

Los registros del sistema eléctricos subterráneos deben ser prefabricados de concreto armado de $f'c = 19,613 \text{ kPa}$ (200 kg/cm^2) = T.M.A. (19mm), el acero de refuerzo será malla electro-soldada $6 \times 6 - 4/4$, $F_y = 588,399 \text{ kPa}$ (6000 kg/cm^2). Todo el concreto se elabora con impermeabilizante integral dosificado de acuerdo con las recomendaciones del producto. Todo el concreto se vibrara para lograr su compactación adecuada.

Los recubrimientos serán como mínimo de 2.5 cm mínimo. El concreto tendrá acabado aparente en el interior y común en el exterior no permitiéndose el uso de taludes naturales de terreno como cimbra exterior únicamente se permitirá en terreno con material tipo III

previo humedecimiento. Todas las aristas serán achaflanadas de 15mm. Se colara plantilla de concreto pobre $F'c=100 \text{ kg/cm}^2$ de 5cm de espesor en caso de ser colado en sitio.

Los rellenos se apegaran a la presente especificación con grado de compactación del 90% proctor para banquetas para todas las capas no mayores de 15 cm de espesor y para arroyo serán de 95% de compactación únicamente las dos últimas capas serán de 10 cm de espesor y las capas inferiores serán de 15 cm de espesor y 90% de compactación proctor. El cable de cobre del sistema de tierra debe ser de sección transversal de 33.6 mm^2 (2 AWG).

Todas las interconexiones de los sistemas de tierra deberán ser mediante soldadura tipo auto-fundente. Para niveles freáticos altos, deberán dejarse las varillas de tierra por fuera del registro, introduciendo el cable de cobre a través de la manga del poliducto sellándose el cárcamo. Cuando el nivel freático es bajo se instala la varilla de tierra en el cárcamo y no se deja poliducto en la pared del registro.

Se comprobara la calidad de los materiales mediante laboratorio autorizado por CFE y el armado se verificara en sitio. Los registros deben identificarse con las siglas CFE, tipo de registro, fecha de fabricación, mes (tres primeras letras), año (ultimo dos dígitos), numero de serie y nombre del fabricante, las marcas deben estar bajo relieve en cualquiera de las caras interiores del registro sin interferir con la perforación de los ductos con letras de 5cm de altura mínimo.

Para ambiente marino y/o suelos salitrosos se debe utilizar cemento tipo II, 1P o V según la norma NOM C-1. En caso de que los registros sean prefabricados, deben ser inspeccionados por el LAPEM (Laboratorio de Pruebas Equipos y Materiales) durante su construcción y contar con su aviso de prueba correspondiente. En todas las terminales de los ductos se deben eliminar las aristas vivas mediante el abocinado.

En el caso de que el registro sea prefabricado, la altura, diámetro y cantidad de orificios deberán estar en función de las necesidades del proyecto específico, respetándose el tipo de armado de acero de refuerzo, espesor de paredes y de la resistencia de concreto solicitada. Para los registros prefabricados el cárcamo en lugar de venir construido de fabrica es posible que en el sitio destinado al mismo, se deje el orificio con juntas ojilladas para que se cuele en sitio.

Con una mezcla del concreto de la resistencia solicitada y aditivos para juntas frías, humedeciendo el borde donde se ubica la junta ojillada antes del colado en sitio. Se aceptara el uso de registros prefabricados de otro material diferente al concreto siempre y cuando cuente con la aprobación del LAPEM (Laboratorio de Pruebas Equipos y Materiales).

2.2 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 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 CFE A-12 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 visto bueno del LAPEM y que esté sellado en ambos extremos por un tapón polimérico.

-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.

-Revisión del cable de potencia en el campo

Antes de iniciar el tendido del conductor es conveniente cortar un tramo de 40 cm, sellar nuevamente la punta del carrete, y verificar en el tramo cortado la presencia de humedad en los cables tipo DS, se observan si 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.

-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 pre-moldeado, termo-contráctil 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 y como lo establece este Capítulo. 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. En caso de que no sea posible su instalación en forma manual se debe contar con lo siguiente:

- 1) Grúa con capacidad mínima de 19 613.3 N (2 000 kg) para carga y descarga de los carretes de cable.
- 2) Devanadora con capacidad mínima de 19 613.3 N (2 000 kg).
- 3) Perno de tracción, el cual debe ser instalado de preferencia de fábrica o el empleo de un jalador de cuña para cable.
- 4) Destorcedor para absorber los giros aplicados por el malacate.
- 5) Conos de manta o vasos de plástico con un diámetro un poco menor al ducto para meter la guía o sopladores de guía.
- 6) Hilo de plástico para que sea jalado por el cono o por el vaso.
- 7) Compresora de aire para desplazar el cono dentro del ducto para guiar.
- 8) Malacate de capacidad mínima de 29419.95 N (3000 kg).
- 9) Rodamientos, curvas, poleas y polines para troquelar los cambios de dirección horizontal y vertical en el trayecto del tendido.
- 10) Tubos flexibles abocinados para proteger el cable a la entrada y a la salida de los ductos.
- 11) Dinamómetro de escala 0 – 29 419.95 N (3 000 kg).
- 12) Lubricante base agua para reducir la fricción entre el ducto y el cable. Por ningún motivo utilizarse productos que dejen residuos orgánicos.

13) Barreras de seguridad, señalizaciones de tránsito y avisos para evitar accidentes de cualquier persona y el daño posible al cable.

14) Equipo de comunicación para todo el personal involucrado en la instalación del cable.

En este caso, cuando se jale el cable directamente sobre el perno de tracción se puede aplicar una tensión máxima permisible de 595 kg para un cable de cobre calibre 3/0 AWG en el caso del cable para tierra física, por otra parte se le aplicara una tensión máxima de 887 kg para un cable de aluminio calibre 500 kcmil.

-Instalación del cable por medio manual

Una vez que se cuente con todo lo mencionado en el punto 3.4.3, 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 o 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.

Es importante mencionar que al reducir las tensiones de jalado y presiones laterales mediante el empleo de lubricantes, se pueden incrementar las longitudes de jalado, reduciendo la cantidad total de registros a emplear por lo que este aspecto se debe considerar desde el diseño del proyecto. En los casos en que la longitud del cable no sea muy grande y el conductor sea liviano, se puede utilizar para el jalado, una malla de acero.

En este caso se debe tener presente que el esfuerzo de tracción se aplica directamente sobre la cubierta exterior por lo que la tensión aplicada no deberá exceder de 450 kg. 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.

-Instalación del cable con malacate

Una vez que se cuente con todo lo mencionado en el punto 3.4.3, 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. En cada registro intermedio del tramo a cablear, es necesario distribuir al personal con el objeto de vigilar el jalado y avisar a tiempo de cualquier obstáculo que pudiera presentarse, para detener el malacate antes de que se dañe el conductor o se reviente el propio cable de acero del malacate.

Estas personas deberán ir lubricando el cable en cada punto donde se encuentren. Se debe colocar el dinamómetro en un lugar visible, lo más cercano posible al malacate, con el fin de medir la tensión de jalado que se está desarrollando, destinando para ello una persona exclusivamente para verificar la tensión que se aplique durante la instalación. La comunicación entre el personal del malacate, registros o pozos de visita intermedios.

El personal ubicado en el carrete debe ser efectiva y constante mientras dure el proceso de jalado, igualmente durante todo el proceso de cableado es necesario aplicar suficiente lubricante en el tubo flexible alimentador, así como también directamente sobre el cable a la entrada de los ductos en los registros intermedios, con el fin de reducir la fricción que se presentará al momento del jalado.

Deben evitarse paradas y arranques bruscos del malacate, con el objeto de disminuir tensiones altas de jalado en el conductor. Si por alguna razón el tendido del cable se interrumpió, se debe reiniciar lentamente, procurando que en ningún momento la velocidad de tendido rebase los valores de tensión de jalado previamente calculados. 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.

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

taponés poliméricos, para protegerlos del ingreso de humedad, además de identificar los cables para no tener errores durante su conexión.

-Instalación del neutro corrido en ducto.

Cuando se instale el neutro corrido junto con la fase dentro de un ducto, se instalarán flejes de plástico lisos para sujetar el neutro corrido al cable de potencia, estos se instalarán a cada 5 m.

-Soportería



Fig. 2.1 soportería (corredera y ménsula).

Conjunto de soportería para sostener cable de media tensión, formado por corredera de acero galvanizado, ménsula de solera de acero de 9.5 x 38 mm acabado galvanizado y acero redondo de 9.5 mm doblado en frío con orillas redondeadas sin rebabas, galvanizados por inmersión caliente después de maquinado, con especificación CFE 2DI00-06.

2.3 Empalmes

El diseño del proyecto del proyecto deberá realizarse de tal forma que no utilice empalmes en tramos de conductores menores a 450 metros. Cuando estos sean necesarios deberán darle al conductor continuidad y uniformidad en todas sus capas, además, ser totalmente

herméticos no permitiendo la penetración de humedad, polvos o contaminantes y resistentes a los ambientes corrosivos. Serán usados en redes monofásicos o trifásicos que operan a un voltaje nominal de 19.9 / 34.5 kV a 60 Hz.

Los empalmes deben ser diseñados y fabricados para garantizar una adecuada conexión de todos los elementos que constituyen el cable de potencia sin sufrir deformaciones y sin alterar sus propiedades mecánicas y eléctricas de funcionamiento. Los empalmes que se instalen deben cumplir con la norma NMX-J-158 “Empalmes para cables de media y alta tensión - especificaciones y métodos de prueba”.

Hay tres tipos específicos de empalmes en función del material a emplear para el aislamiento externo.

A) Premoldeados.

El empalme premoldeado está hecho de materiales aislantes y semiconductores a altas tensiones, la conexión de los conductores puede ser por compresión o atornillado. Tiene excelentes características eléctricas, mecánicas y térmicas; su cubierta asegura una perfecta protección del empalme.

B) Termocontráctil.

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

C) Contráctil en frío

Estos empalmes restituyen la pantalla semiconductor sobre conductor, el aislamiento y la pantalla semiconductor sobre el aislamiento, aplicando los elementos reconstitutivos 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.

Para los tipos de empalmes presentados, existen dos formas de conexión en las pantallas, que dependerá de las tensiones inducidas.

Con pantalla interrumpida.

Cuando las tensiones inducidas en la pantalla sean mayores de 120 V, es necesaria la instalación de empalmes con pantalla interrumpida, así mismo se requiere para reducir corrientes circulantes sobre la pantalla, que calienten el cable y disminuyen la Ampacidad.

Sin pantalla interrumpida.

Cuando las tensiones inducidas en la pantalla son menores de 120 V, no se requiere de pantalla interrumpida, esto debido a que las corrientes circulantes sobre la pantalla son mínimas.

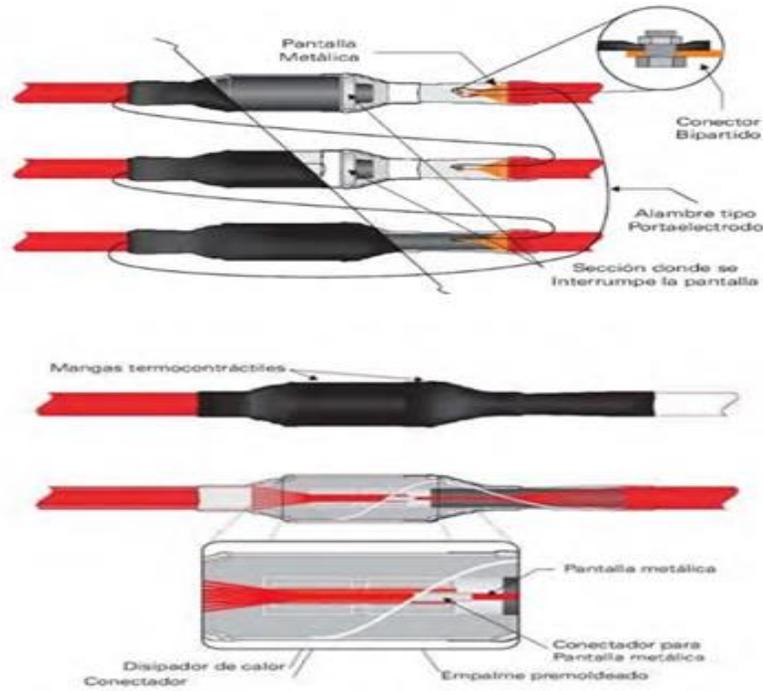


Fig. 2.2Empalmes con pantalla interrumpida y sin pantalla interrumpida.

Aplicando la experiencia de los polímeros irradiados en la industria de los cables de distribución de energía, se consigue una amplia gama de accesorios termorretráctiles para cables de MT y BT. La obtención de un material plástico termorretráctil se realiza mediante una radiación electrónica previa, con la que se consigue su reticulación.

Expandiendo ese material una vez irradiado, a una cierta temperatura, con enfriamiento posterior y manteniendo la deformación, se consigue el efecto de “memoria elástica”, de tal forma que el material recobra su forma primitiva tras una simple aportación de calor. La característica termorretráctil presenta las cualidades siguientes:

Debido a su contracción, un mismo material puede adaptarse a diferentes tamaños de cables.

- 1) La reticulación confiere al material una estabilidad frente a agentes externos.
- 2) Facilidad de instalación, ya que quedan perfectamente adaptados con un simple aporte de calor.

-Instalación

La facilidad de instalación de los materiales termorretráctiles les hace ser utilizados en todo el mundo, ya que pueden ser instalados en cualquier situación sin más que aportar calor. Los materiales termorretráctiles, ya sean tubos o piezas moldeadas, se contraen con la aplicación de calor por medio de un soplete o aire caliente, consiguiéndose una adaptación perfecta del material al cable.

En el procedimiento de ejecución, únicamente hay que colocar el material en su posición final 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 empalme 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).

-Terminaciones termorretráctiles.

Las terminaciones termorretráctiles para cables de MT son utilizadas en cualquier tipo de cable, ya que sus componentes permiten obviar las posibles tolerancias de los mismos, a la vez que proporcionan facilidad de montaje. Una de las propiedades más características de estas terminaciones de cables es su carácter sellante antihumedad, gracias a la utilización de un adhesivo especial que no forma camino de carbón bajo ningún tipo de polución.

Otro tipo de terminaciones son los terminales enchufables, los cuales tienen su mayor aplicación en las cabinas de los centros de transformación. Este sistema enchufable es de diseño compacto y no incrementa la longitud total del terminal. Las características que presentan estos terminales son:

- 1) Posibilidad de instalación en interior y exterior, así como en posición vertical, en ángulo o invertida.
- 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.
- 5) Los terminales pueden aplicarse sobre cables de cualquier tipo, como: polietileno, polietileno reticulado, etileno-propileno y cables de papel impregnado.
- 6) Se utilizan en conductores de cobre y aluminio.

- 7) Un divisor de tensión capacitivo incorporado permite comprobar si la línea está en tensión.
- 8) La tensión máxima de funcionamiento es de 24 kV, con intensidades de 250-400 A.
- 9) Existen tres tipos de terminaciones enchufables, que son: rectos, acodados y en T.



Fig. 2.3 terminal termorretráctil.

-Terminales retráctiles en frío.

El sistema de terminales retráctiles en frío se basa en una sola pieza que une aislamiento y control del campo eléctrico, realizada sobre un núcleo pretensado, lo que permite su utilización en cualquier situación de forma fácil, rápida y segura, sin ningún equipo y herramienta. El sistema se ha diseñado para cables de aislamiento seco y de papel impregnado hasta tensiones de 45 kV, instalados bien en exterior o en interior.

El aislamiento de los terminales está realizado de un caucho de silicona, resistente a las corrientes superficiales y al efecto corona, el cual proporciona un mejor funcionamiento en atmósferas húmedas y de alta contaminación. La silicona posee una propiedad que la hace única y es la de rechazar el agua, ya que su elevada tensión superficial provoca que el agua en la superficie del aislador forme gotas en vez de láminas.

Esto, unido a que es un material altamente flexible, hace que se adapte a cualquier curvatura del cable, proporcionando un efecto de sellado de alta fiabilidad. El procedimiento de realización de este terminal consiste en, una vez preparado el cable, situar la pieza sin ningún esfuerzo y retirar manualmente la cinta que compone el núcleo interior, con lo que se retrae en frío adaptándose perfectamente al cable, sin dejar huecos intermedios y garantizando un cierre estanco [2].

Proceso de instalación de terminal de interior en frío.

1º) Se retira la cubierta del cable una longitud $A+B+5\text{mm}$. A es un parámetro característico de cada producto y B es la longitud del borne de conexión.

2º) Se doblan hacia atrás los hilos de la pantalla, se debe hacer con cuidado doblándolos uno a uno para que se mantenga constante la longitud calculada en el apartado anterior. Luego se sujetan con un alambre.

3º) Se retira la pantalla semiconductor, hay que dejar 35mm descubiertos por delante de la cubierta del cable.

4º) Se retira el aislamiento primario en la longitud B+5mm.

5º) Se coloca y se punzona (aluminio) o se presiona (cobre) el borne de conexión: Se redondean las aristas y se limpian todas las rebadas sobre el aislamiento primario y el borne.

6º) Se aplica la grasa de silicona sobre el aislamiento primario en el borde de la capa semiconductor.

7º) Se introduce el terminal, se coloca en posición y se va retirando la cinta hasta que comience la contracción. El aislamiento se debe colocar en el comienzo de los hilos de la pantalla.

Producto	5601	5602	5603	5604
Selección del conductor (mm ²)12/20 kV	25-120	95-240	240-630	630-800
Dimensión [A] mm	230	230	230	230
Sección del conductor (mm ²) 15/25 kV	35-95	35-185	150-500	630
Dimensión [A] mm	260	260	260	260
Sección del conductor (mm ²) 18/30 kV	---	35-150	150-500	630
Dimensión [A] mm	---	300	300	300
Diámetro sobre aislamiento primario [D] (mm)	16.0-28.5	21.3-35.0	27.0-49.0	33.0-53.0
Diámetro del terminal [E] (mm)	68	70	82	90

Tabla. 2.1 selección de dimensiones.

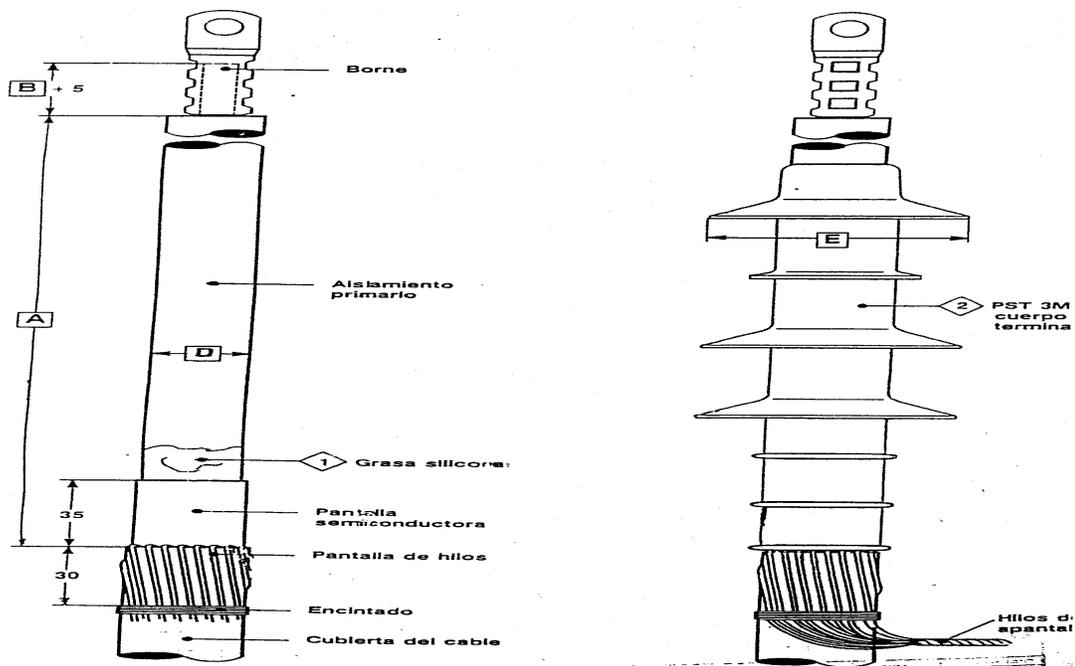


Fig. 2.4 terminal retráctil en frío.

Proceso de instalación de un empalme en frío.



Fig. 2.5 instalación de un empalme en frío.

- 1º) Se posicionan los cables a empalmar de forma que se crucen y se cortan perpendicularmente.
- 2º) Se limpia la cubierta de los cables en una longitud aproximada de 600mm.
- 3º) Se tensan los extremos del soporte interior del empalme para facilitar su introducción sobre el cable.
- 4º) Se enfila el cuerpo del empalme en uno de los cables.

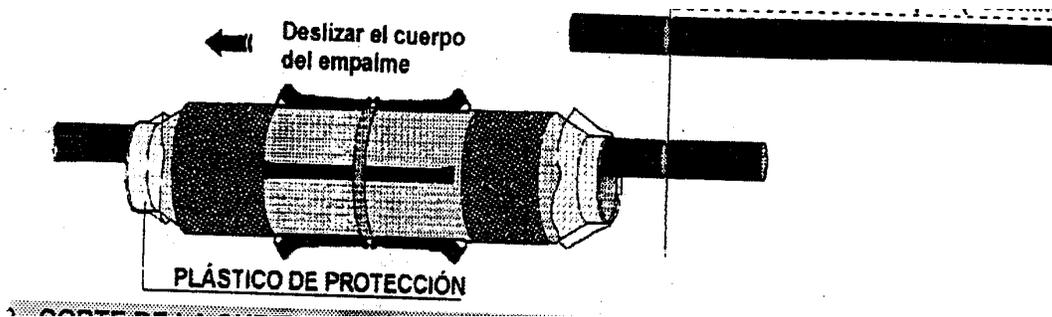


Fig. 2.6 deslizamiento del cuerpo del empalme.

Corte de la cubierta, semiconductora y aislamiento:

5º) Se retira la cubierta de los cables en una longitud de 240mm.

6º) Se corta el fleje en contraespira a ras de cubierta.

7º) A 50mm del corte de la cubierta, se corta y se retira la capa semiconductora externa.

8º) Se corta y retira el aislamiento del cable en una longitud de A mm a partir de los extremos del cable.

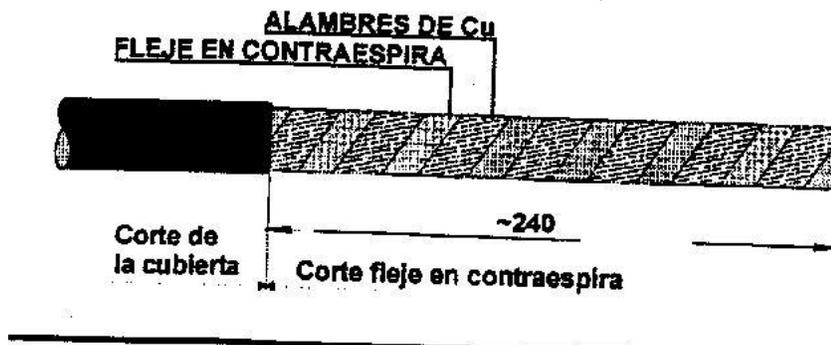


Fig. 2.7 corte de cubierta, semiconductora y aislamiento.

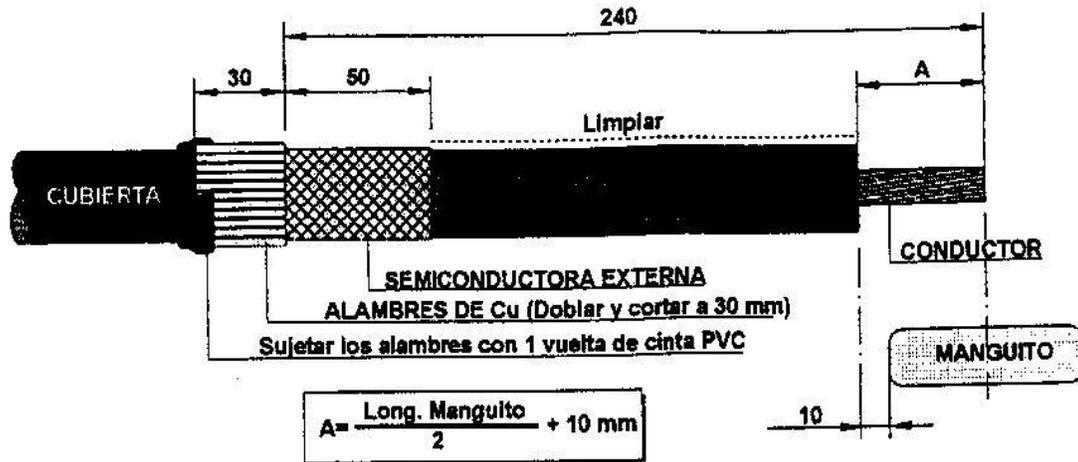


Fig. 2.8 proceso de corte del aislamiento.

Unión de los conductores:

9º) Se posiciona el manguito de unión y se realiza la compresión.

10º) Se comprueba la cota después de la unión.

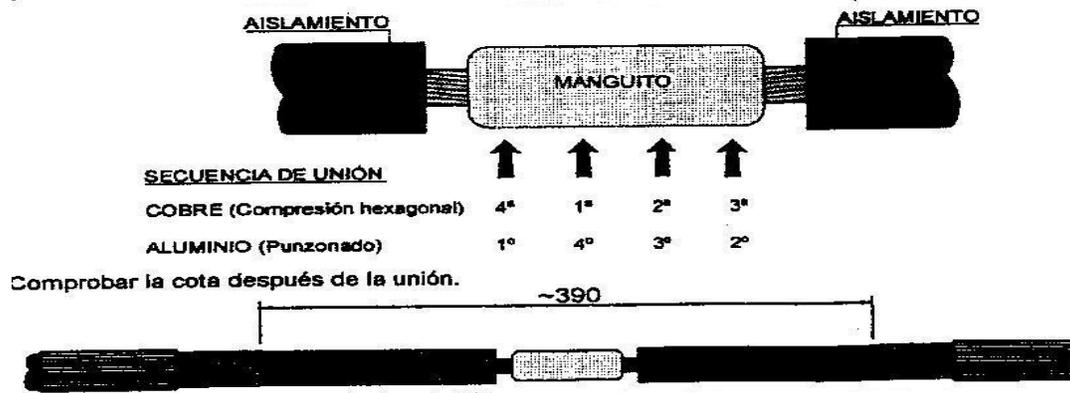


Fig. 2.9 unión de conductores.

Lubricación:

11º) Se debe lubricar abundantemente la región que comprende el empalme.



Fig. 2.10 lubricación del empalme.

Posicionado del cuerpo del empalme:

12°) Se retira el plástico de protección interior.

13°) Se coloca el cuerpo del empalme, verificando que las cotas sean iguales.

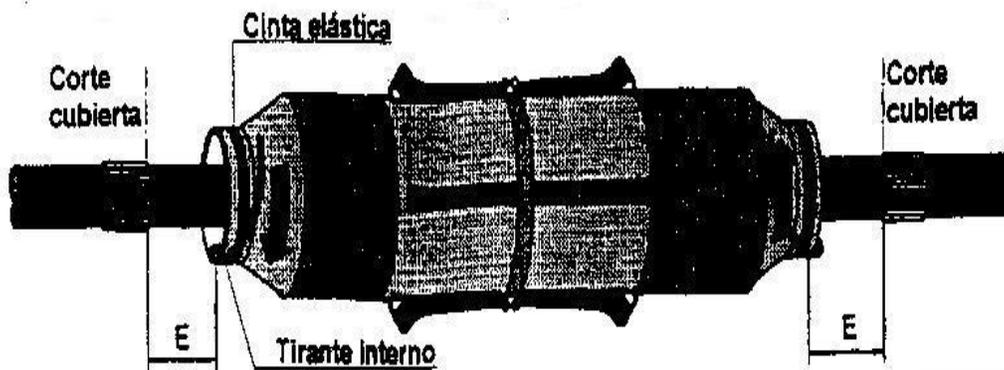


Fig. 2.11 posicionado del empalme.

Retirado del soporte interno:

14°) Se retira la cinta elástica de sujeción de los tirantes del soporte.

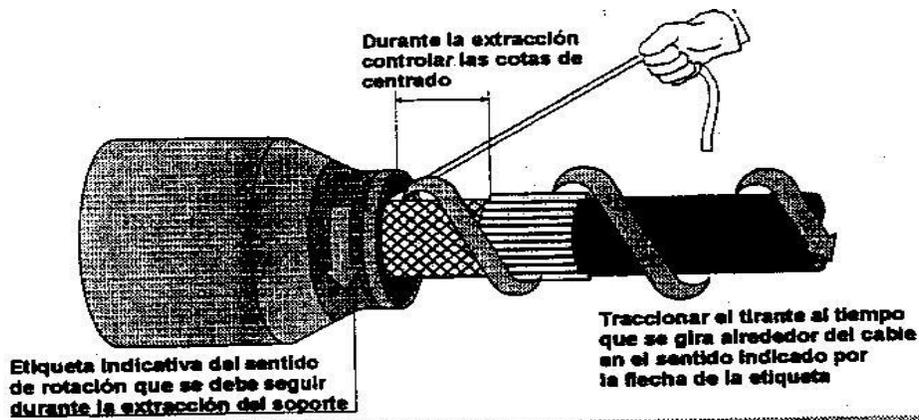


Fig. 2.12 retirado del soporte interno.

Aplicación de la cinta armada (o EPR):

15°) Se le dan tres vueltas de cinta armada desde 65mm a 50mm del corte de la cubierta, para mejorar la adaptación de la envolvente semiconductora del cuerpo del empalme sobre la capa semiconductora externa y el aislamiento del cable.

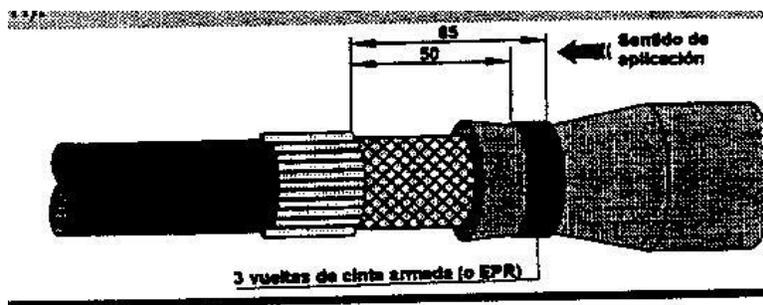


Fig. 2.13 aplicación de la cinta armada.

Estanquidad interna:

16°) Se coloca la cinta de sellado sobre el extremo del empalme, aproximadamente de 25 a 30mm.

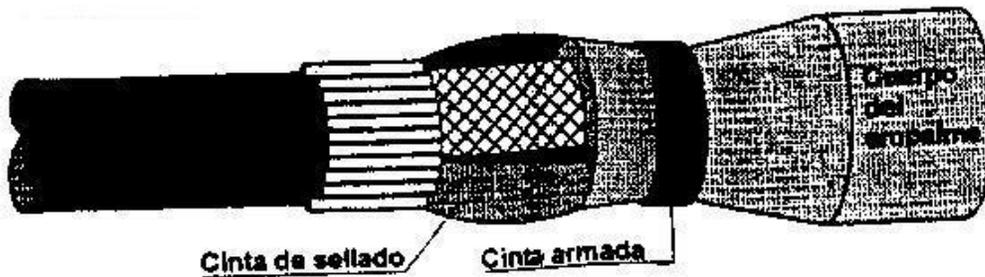


Fig. 2.14 colocación del sellado.

Sujeción de la pantalla del cable:

17º) Se extiende la malla de Cobre-Estano sobre la pantalla de alambres del cable.

18º) Se aplica el muelle de presión constante sobre todo el conjunto (alambre+malla de Cu-Sn)

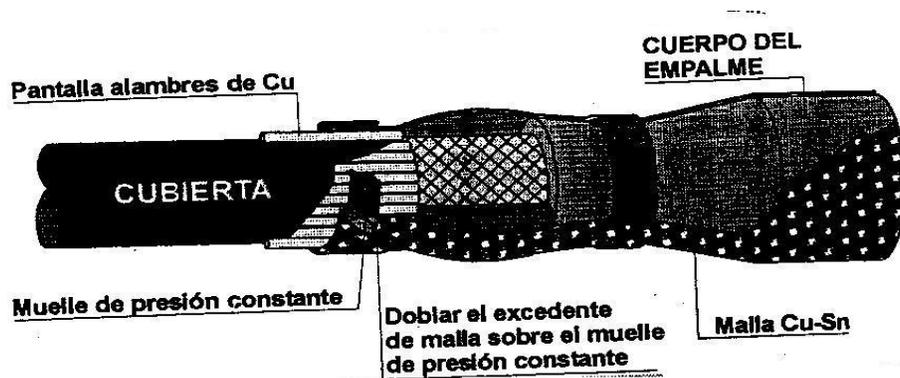


Fig. 2.15 sujeción de la pantalla del conductor.

Estanquidad externa:

19º) Se coloca la cinta de sellado en dos capas.

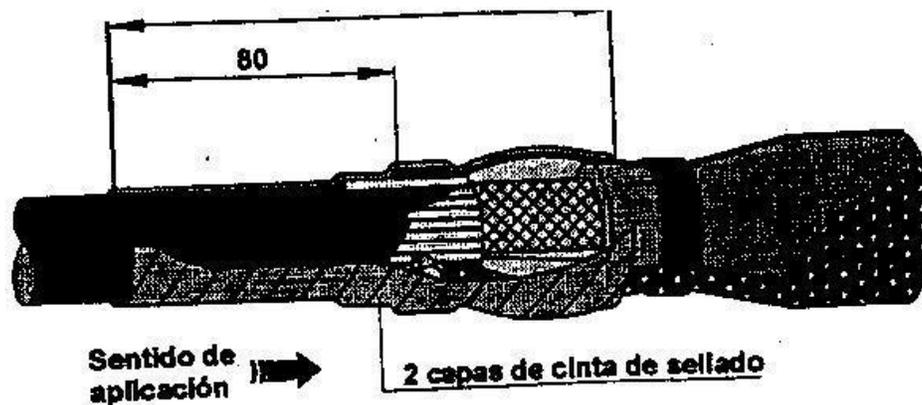


Fig. 2.16 sellado del conductor.

Lubricación:

20°) Se lubrica desde el centro del empalme hasta los extremos de la cinta de sellado.

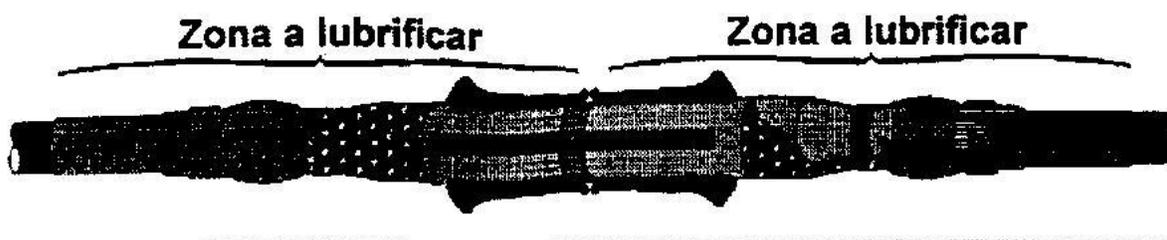


Fig. 2.17 lubricación de las zonas del empalme.

Desdoblado del empalme:

21°) Se tiran de los tirantes para despegar la funda externa de la envolvente. Luego se tira longitudinalmente haciendo deslizar la funda externa sobre si misma hasta recubrir el encintado de estanquidad.

22°) Se procede de la misma forma en el otro lado del empalme.

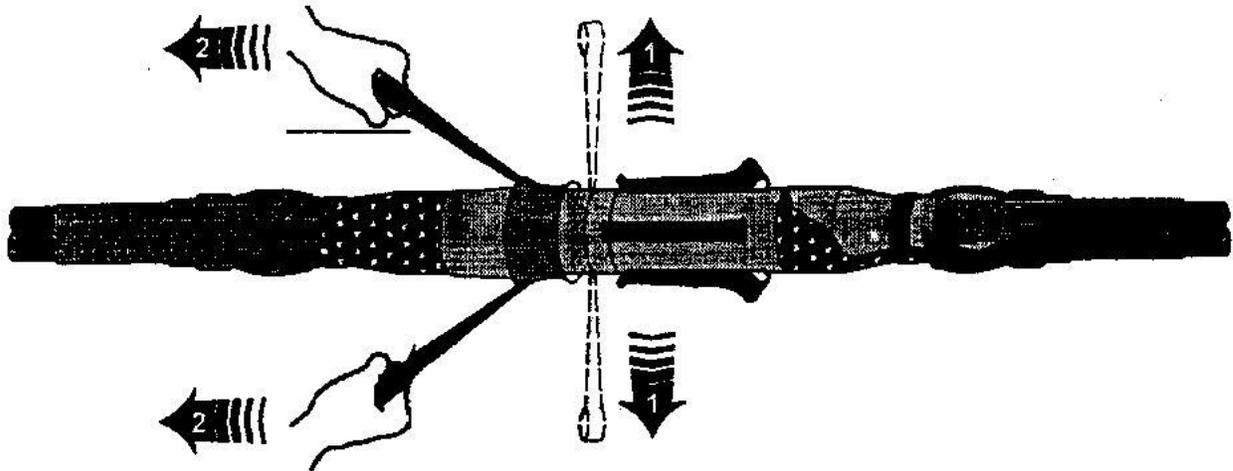


Fig. 2.18 desdoblado del empalme.

2.4 Cálculo De Caídas De Tensión.

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes.

a) Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

b) Criterio de la caída de tensión.

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud por ejemplo en derivaciones individuales que alimenten a los últimos pisos en un edificio de cierta altura.

c) Criterio de la intensidad de cortocircuito.

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobre-intensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas

particulares de los cables y suele ser de 160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamientos termoestables.

Este criterio, aunque es determinante en instalaciones de alta y media tensión no lo es en instalaciones de baja tensión ya que por una parte las protecciones de sobre-intensidad limitan la duración del cortocircuito a tiempos muy breves, y además las impedancias de los cables hasta el punto de cortocircuito limitan la intensidad de cortocircuito.

En este capítulo se presentarán las fórmulas aplicables para el cálculo de las caídas de tensión, los límites reglamentarios, así como algunos ejemplos de aplicación. Todo el planteamiento teórico que se expone a continuación es aplicable independientemente del tipo del material conductor (cobre, aluminio o aleación de aluminio). La mayoría de los ejemplos se centran en los cálculos de caídas de tensión en instalaciones de enlace, aunque la teoría es también aplicable a instalaciones interiores.

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 (inferior a unos 50 km.), mostrado en la figura siguiente, junto con su diagrama vectorial [3].

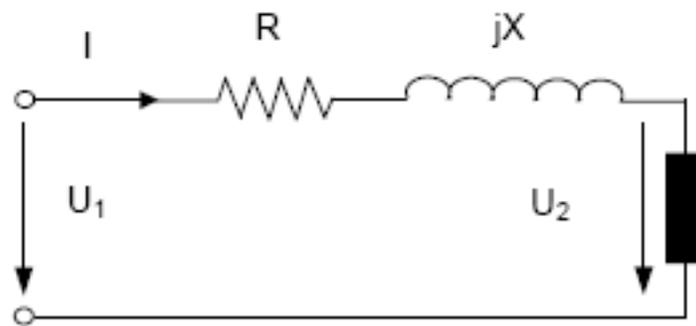


Fig.2.19 Circuito equivalente de una línea corta.

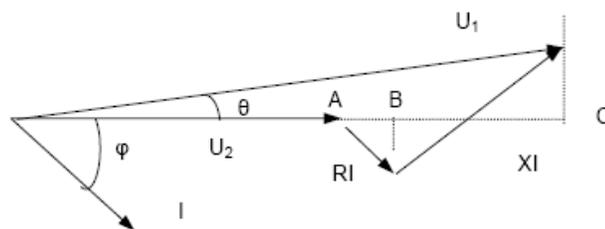


Fig. 2.20 Diagrama vectorial.

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_{u1} es igual a su proyección horizontal, siendo por tanto el valor de la caída de tensión.

$$\Delta U = U_{u1} - U_2 \cong_u AB + BC = RI \cos \varphi + XI \sen \varphi \quad (1)$$

Como la potencia transportada por la línea es:

$$P = \sqrt{3} U_{u1} I \cos\varphi \text{ (en trifásico) (2)}$$

Basta con sustituir la intensidad calculada en función de la potencia en la fórmula [1], y tener en cuenta que en trifásico la caída de tensión de línea será raíz de tres veces la caída de tensión de fase calculada según (1), 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.

Caída de tensión en trifásico:

$$\Delta U_{III} = (R + X \tan \varphi) \left(\frac{P}{U_{u1}} \right) \quad (3)$$

Donde:

ΔU_{III} = Caída de tensión de línea en trifásico 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 con el diámetro y la separación entre 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, determinando lo que se conoce como separación media geométrica entre ellos.

En ausencia de datos se puede estimar el valor de la reactancia inductiva como $0,1 \Omega/\text{km}$, o bien como un incremento adicional de la resistencia. Así podemos suponer que para un conductor cuya sección sea:

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

Tabla.2.2 Valores aproximados de la reactancia inductiva.

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 la fórmula (3) anterior se puede simplificar de la siguiente forma:

Caída de tensión en trifásico:

$$\Delta U_{III} = RP/U_{U1}(4)$$

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

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

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

$$R_{20cc} = \rho_{20} L / S \quad (7)$$

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

Donde:

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.

Material	ρ_{20} (Ω mm ² / m)	ρ_{70} (Ω mm ² / m)	ρ_{90} (Ω mm ² / m)	α (°C ⁻¹)
Cobre	0.018	0.021	0.0023	0.00392
Aluminio	0.029	0.033	0.036	0.00403
Almelec (Al-Mg-Si)	0.032	0.038	0.041	0.00360

Tabla 2.3 Valores de la resistividad y del coeficiente de temperatura de los conductores más utilizados.

El efecto piel y el efecto proximidad son mucho más pronunciados en los conductores de gran sección. No obstante y de forma aproximada para instalaciones de enlace e instalaciones interiores en baja tensión es factible suponer un incremento de resistencia inferior al 2% en alterna respecto del valor en continua.

$$c = (1 + Y_s + Y_p) \cong 1,02$$

Combinando las ecuaciones (5), y (6) anteriores se tiene:

$$R = c \rho_{\theta} L / S \quad (9)$$

Sustituyendo la ecuación (9) en las (4) y (7) se puede despejar el valor de la sección mínima que garantiza una caída de tensión límite previamente establecido.

Cálculo de la sección en trifásico

$$S = \frac{c \rho_{\theta} P L}{\Delta U_{III} U_1} \quad (10)$$

Donde:

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_{u1} = tensión nominal de la línea.

En la práctica para instalaciones de baja tensión tanto interiores como de enlace es admisible despreocuparse del efecto piel y el efecto de proximidad, así como trabajar con el inverso de la resistividad que se denomina conductividad (“ γ ”, en unidades $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$). Además se suele utilizar la letra “e” para designar a la caída de tensión en voltios.

Para receptores trifásicos:

$$S = \frac{P L}{\gamma e U} \quad (11)$$

Donde la conductividad se puede tomar de la siguiente tabla:

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

Tabla 2.4 Conductividades, γ , (en $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$) para el cobre y el aluminio, a distintas temperaturas.

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente

T_0 (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad. Por tanto.

$$\Delta T = T - T_0 = \text{Constante} \cdot I^2$$

$$\Delta T_{\text{máx.}} = \text{Constante} \cdot I_{\text{máx.}}^2$$

Por tanto:

$$\Delta T / I^2 = \Delta T_{\text{máx.}} / I_{\text{máx.}}^2$$

$$T = T_0 + (T_{\text{máx.}} - T_0) * (I / I_{\text{máx.}})^2 \quad (12)$$

Donde:

T = temperatura real estimada en el conductor

$T_{\text{máx.}}$ = temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento.

T_0 = temperatura ambiente del conductor.

I = intensidad prevista para el conductor.

$I_{\text{máx.}}$ = intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación.

3. Desarrollo

3.1 Inicio de obra

Para la realización de la presente obra, se organizó partiendo desde dos ángulos administrativos: el central y de campo desde los cuales se dictaron las directrices para el avance programado de la misma. En el área de la administración central se establecerán los sistemas necesarios para efecto de apoyar a la administración de campo en la gestión y tramitación de los aspectos normativos e institucionales que atañen a este tipo de proyecto apoyando directamente en el área de compras y adquisiciones, aspectos laborales, legales y asesoramiento técnico así como lo referente a la tramitología de estimaciones y relaciones de vinculación con la dependencia.

Se recibieron reportes semanales al igual se realizaron visitas periódicas y cada que lo requería la obra por personal de soporte técnico y administrativo. En el renglón de adquisiciones se tuvo el cuidado de que oportunamente se hagan los tratos comerciales para que todo material o equipo se tenga a tiempo en la obra y no cause eventuales atrasos. La administración de campo estuvo directamente conectada a la ejecución de la obra y a sus correspondencias administrativas, técnicas y legales, es decir también estuvo pendiente de las adquisiciones, rentas y contratación de personal así como de las relaciones vinculadas a su desarrollo.

Se tuvo en obra un área de almacén en donde se tendrá un área acondicionada para oficina para desarrollar labores inherentes a la obra en donde pueda llegar la supervisión a realizar conjuntamente con la residencia la diligencias propias de la obra, a la vez de contar con un inmueble de oficina principal en la población.

3.2 Levantamiento.

Para poder iniciar con la obra antes mencionada se hizo el reconocimiento de la trayectoria que tendría que cruzar el cable media tensión para poder llegar a los puntos clave. Dicha trayectoria tenía un comienzo del punto ubicado en la calle 21 pte. Sobre el libramiento sur, y un final en las torres KAAN LUXURY TOWERS en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Así conocer si había algún obstáculo como; otras líneas subterráneas existentes, tuberías de agua potable o drenajes y así poder dar la solución más concreta, a continuación se muestra el reconocimiento de líneas subterráneas de TELMEX:



Fig. 3.1 Banco de ductos subterráneo de la empresa TELMEX **Fig. 3.2** Identificación de líneas existentes de TELMEX.

3.3 Elaboración de plano proyecto.

Al concluir con este levantamiento se procedió a trazar los tramos por donde era más factible el tendido del cable, así como también la ubicación de los registros y pozos en un plano.

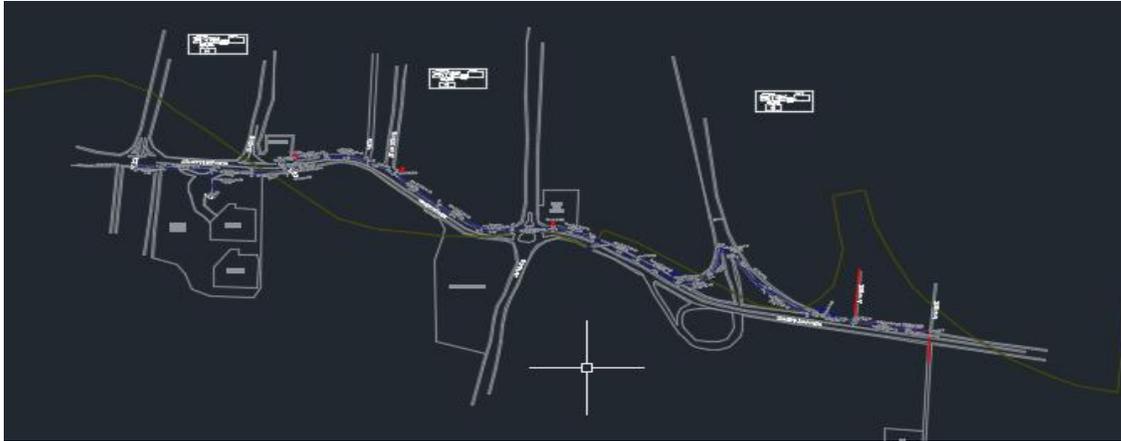


Fig. 3.3 Dibujo en autocad de la obra de red subterránea.

3.4 Elaboración de conceptos para la construcción del proyecto.

Al tener una idea más clara de cómo debía ser construida esta red subterránea se procedió a hacer el presupuesto de materiales y mano de obra a necesitarse en la obra. Esto quedo de la siguiente manera en el documento llamado “catálogo de conceptos”, el cual está compuesto por conceptos de obra civil y electromecánica y a continuación se muestra.

Catálogo de conceptos

No.	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA PARTIDA, SUBPARTIDA O CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
OBRA CIVIL				
1	RSOC01	SUMINISTRO E INSTALACION DE POZO DE VISITA PREFABRICADO SEGÚN MEDIDAS EN ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LA NORMA PVMTA TIPO "T". INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTAS, MANO DE OBRA, EQUIPO, TRAZO, CORTE CON DISCO, DEMOLICION DE ARROYO EN CONCRETO Y/O CARPETA ASFALTICA O PAVIMENTO, EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO TERRENO, NIVELACION, REPARACION Y/O MODIFICACIONES DE TUBERIAS DAÑADAS, COMPACTACION DE LA EXCAVACION, PLANTILLA DE GRAVA DE ARENA DE 3/4", RELLENO DE MATERIAL DE BANCO, COMPACTACION DE LA CEPA, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL SOBRANTE FUERA DEL SITIO DE LOS TRABAJOS Y HASTA EL LUGAR DE TIRO DONDE INDIQUEN LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES, INTERCONEXION DE TUBERIA EN EL REGISTRO, ECHURA DE ABOCINADOS Y RESANE, REPOSICION DE ARROYOS VEHICULARES CON EL ESPESOR ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS IGUALES O EQUIVALENTES AL AREA A REPONER, ROTULADO DENTRO Y FUERA DEL POZO DE VISITA, SUMINISTRO E INSTALACION DE SOPORTERIA DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE CFE. SELLADO DE TODOS LOS DUCTOS CON ESPUMA DE POLIURETANO, MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS	1.00	PZA
2	RSOC02	SUMINISTRO E INSTALACION DE POZO DE VISITA PREFABRICADO SEGÚN MEDIDAS EN ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LA NORMA PVMTB TIPO "P". INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTAS, MANO DE OBRA, EQUIPOS, TRAZO, CORTE CON DISCO, DEMOLICION DE BANQUETA , EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO TERRENO, NIVELACION, REPARACION Y/O	10.00	PZA

MODIFICACIONES DE TUBERIAS DAÑADAS, COMPACTACION DE LA EXCAVACION, PLANTILLA DE GRAVA DE ARENA DE 3/4", RELLENO DE MATERIAL DE BANCO, COMPACTACION DE LA CEPA, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL SOBRENTE FUERA DEL SITIO DE LOS TRABAJOS Y HASTA EL LUGAR DE TIRO DONDE INDIQUEN LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES, INTERCONEXION DE TUBERIA EN EL REGISTRO, ECHURA DE ABOCINADOS Y RESANE, REPOSICION DE BANQUETAS CON EL ESPESOR AL ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS IGUALES O EQUIVALENTES AL AREA A REPONER, ROTULADO DENTRO Y FUERA DEL POZO DE VISITA, SUMINISTRO E INSTALACION DE SOPORTERIA DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE CFE. SELLADO DE TODOS LOS DUCTOS CON ESPUMA DE POLIURETANO. MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS.

3	RSOC03	<p>SUMINISTRO E INSTALACION DE POZO DE VISITA PREFABRICADO SEGÚN MEDIDAS EN ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LA NORMA PVMTB TIPO "X". INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTAS, MANO DE OBRA, EQUIPOS, TRAZO, CORTE CON DISCO, DEMOLICION DE BANQUETA , EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO TERRENO, NIVELACION, REPARACION Y/O MODIFICACIONES DE TUBERIAS DAÑADAS, COMPACTACION DE LA EXCAVACION, PLANTILLA DE GRAVA DE ARENA DE 3/4", RELLENO DE MATERIAL DE BANCO, COMPACTACION DE LA CEPA, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL SOBRENTE FUERA DEL SITIO DE LOS TRABAJOS Y HASTA EL LUGAR DE TIRO DONDE INDIQUEN LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES, INTERCONEXION DE TUBERIA EN EL REGISTRO, ECHURA DE ABOCINADOS Y RESANE, REPOSICION DE BANQUETAS CON EL ESPESOR AL ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS IGUALES O EQUIVALENTES AL AREA A REPONER, ROTULADO DENTRO Y FUERA DEL POZO DE VISITA, SUMINISTRO E INSTALACION DE SOPORTERIA DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE CFE. SELLADO DE TODOS LOS DUCTOS CON ESPUMA DE POLIURETANO, MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS.</p>	1.00	PZA
4	RSOC04	<p>SUMINISTRO E INSTALACION DE POZO DE VISITA PREFABRICADO SEGÚN MEDIDAS EN ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LA NORMA PVMTB TIPO "T". INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTAS, MANO DE OBRA, EQUIPOS, TRAZO, CORTE CON DISCO, DEMOLICION DE BANQUETA , EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO TERRENO, NIVELACION, REPARACION Y/O MODIFICACIONES DE TUBERIAS DAÑADAS, COMPACTACION DE LA EXCAVACION, PLANTILLA DE GRAVA DE ARENA DE 3/4", RELLENO DE MATERIAL DE BANCO, COMPACTACION DE LA CEPA, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL SOBRENTE FUERA DEL SITIO DE LOS TRABAJOS Y HASTA EL LUGAR DE TIRO DONDE INDIQUEN LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES, INTERCONEXION DE TUBERIA EN EL REGISTRO, ECHURA DE ABOCINADOS Y RESANE, REPOSICION DE BANQUETAS CON EL ESPESOR AL ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS IGUALES O EQUIVALENTES AL AREA A REPONER, ROTULADO DENTRO Y FUERA DEL POZO DE VISITA, SUMINISTRO E INSTALACION DE SOPORTERIA DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE CFE. SELLADO DE TODOS LOS DUCTOS CON ESPUMA DE POLIURETANO, MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS.</p>	4.00	PZA
5	RSOC05	<p>SUMINISTRO E INSTALACION DE REGISTRO DE MEDIA TENSION TIPO RMTB4 NORMA 2004 (1.5 M * 1.5 M * 1.5 M) EN TERRENO TIPO 2, INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTAS, MANO DE OBRA, EQUIPOS RAZO, CORTE CON DISCO, DEMOLICION DE BANQUETA , EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO TERRENO, NIVELACION, REPARACION Y/O MODIFICACIONES DE TUBERIAS DAÑADAS, COMPACTACION DE LA EXCAVACION, RELLENO DE MATERIAL DE BANCO, COMPACTACION DE LA CEPA, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL SOBRENTE FUERA DEL SITIO DE LOS TRABAJOS Y HASTA EL LUGAR DE TIRO DONDE INDIQUEN LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES, INTERCONEXION DE TUBERIA EN EL REGISTRO, ECHURA DE ABOCINADOS Y RESANE, REPOSICION DE BANQUETAS CON EL ESPESOR AL ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS IGUALES O EQUIVALENTES AL AREA A REPONER, ROTULADO DENTRO Y FUERA DEL POZO DE VISITA, SUMINISTRO E INSTALACION DE SOPORTERIA DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE CFE. SELLADO DE TODOS LOS DUCTOS CON ESPUMA DE</p>	1.00	PZA

POLIURETANO, MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS.

6	RSOC06	SUMINISTRO E INSTALACION DE REGISTRO DE MEDIA TENSION TIPO RMTA4 NORMA 2004 (1.5 M * 1.5 M * 1.5 M) EN TERRENO TIPO 2, INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTAS, MANO DE OBRA, EQUIPOS RAZO, CORTE CON DISCO, DEMOLICION DE ARROYO, EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO TERRENO, NIVELACION, REPARACION Y/O MODIFICACIONES DE TUBERIAS DAÑADAS, COMPACTACION DE LA EXCAVACION, RELLENO DE MATERIAL DE BANCO, COMPACTACION DE LA CEPA, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL SOBRENTE FUERA DEL SITIO DE LOS TRABAJOS Y HASTA EL LUGAR DE TIRO DONDE INDIQUEN LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES, INTERCONEXION DE TUBERIA EN EL REGISTRO, ECHURA DE ABOCINADOS Y RESANE, REPOSICION DE ARROYO CON EL ESPESOR AL ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS IGUALES O EQUIVALENTES AL AREA A REPONER, ROTULADO DENTRO Y FUERA DEL POZO DE VISITA, SUMINISTRO E INSTALACION DE SOPORTERIA DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE CFE. SELLADO DE TODOS LOS DUCTOS CON ESPUMA DE POLIURETANO, MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS.	1.00	PZA
8	RSOC08	SUMINISTRO Y COLOCACION DE JUEGO DE ARO Y TAPA DE CONCRETO POLIMERICO TIPO 84A EN REGISTRO DE MEDIA TENSION, SEGÚN MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS (CFE2DI00-39) 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 TERMINACION.	1.00	PZA
9	RSOC09	SUMINISTRO Y COLOCACION DE JUEGO DE ARO Y TAPA DE CONCRETO POLIMERICO TIPO 84B EN REGISTRO DE MEDIA TENSION, SEGÚN MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS (CFE2DI00-39) 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 TERMINACION.	11.00	PZA
10	RSOC10	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TAPA DE CONCRETO POLIMERICA DE 1.50 X 1.50 CMS, Y CONTRAMARCO DE ACERO PARA BANQUETA EN BOVEDA O EN POZO DE VISITA, SEGÚN MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS (CFE-TCCPB) 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 TERMINACION.	7.00	PZA
11	RSOC11	SUMINISTRO E INSTALACION DE BANCO DE DUCTOS A CIELO ABIERTO P3B (3T-3"), INCLUYE: ALINEADO, TRAZO DE LA CANALIZACION, ACARREO DE AGUA, CORTE CON MAQUINA DE DISCO, DEMOLICION DE BANQUETA, EXCAVACION EN TERRENO TIPO II, LOCALIZACION Y/O REPARACION Y/O MODIFICACION DE INSTALACIONES SUBTERRANEAS EXISTENTES EN CASO DE REQUERIRSE, COMPACTACION DEL FONDO DE LAS EXCAVACIONES, COLOCACION Y FLEJEADO DE LA TUBERIA PADC DE ACUERDO AL PLANO PROYECTO ANEXO, COLOCACION DE UNA CAPA DE ARENA DE 2 CM DE ESPESOR, RELLENO Y COMPACTACION DE LAS EXCAVACIONES CON MATERIAL DE BANCO EN CAPAS DE 20 CM, CINTA INDICADORA DE PELIGRO, REPOSICION DE BANQUETAS DE ESPESOR Y CARACTERISTICAS SIMILARES A LA ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS A FINES DEL AREA A REPONER, DELIMITACION DEL AREA DE TRABAJO, SEÑALAMIENTO DE SEGURIDAD PEATONAL Y VEHICULAR, LIMPIEZA, RATONEADO, GUIADO, VERIFICACION DE DUCTOS, INSTALACION DE UNA PLACA DE ACRILICO DE 8 CM DE DIAMETRO	518.00	ML

Y 0.5 CM DE ESPESOR A CADA 5 M SOBRE EL TODO EL TRAYECTO DEL BANCO DE DUCTOS MARCADA EN RELIEVE CON LA LEYENDA "PROHIBIDO EXCAVAR CFE", MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA TERMINACION. DE ACUERDO A LAS NORMAS DE DISTRIBUCION, CONSTRUCCION SISTEMAS SUBTERRANEOS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS.

12	RSOC12	SUMINISTRO E INSTALACION DE BANCO DE DUCTOS A CIELO ABIERTO P3A(3T-3"), INCLUYE: ALINEADO, TRAZO DE LA CANALIZACION, ACARREO DE AGUA, CORTE CON MAQUINA DE DISCO, DEMOLICION DE ARROYO EN CONCRETO Y/O CARPETA ASFATICA O PAVIMENTO, EXCAVACION EN TERRENO TIPO II, LOCALIZACION Y/O REPARACION Y/O MODIFICACION DE INSTALACIONES SUBTERRANEAS EXISTENTES EN CASO DE REQUERIRSE, COMPACTACION DEL FONDO DE LAS EXCAVACIONES, COLOCACION Y FLEJEADO DE LA TUBERIA PADC DE ACUERDO AL PLANO PROYECTO ANEXO, COLOCACION DE UNA CAPA DE ARENA DE 2 CM DE ESPESOR, RELLENO Y COMPACTACION DE LAS EXCAVACIONES CON MATERIAL DE BANCO EN CAPAS DE 20 CM, CINTA INDICADORA DE PELIGRO, REPOSICION DE ARROYO DE ESPESOR Y CARACTERISTICAS SIMILARES A LA ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS A FINES DEL AREA A REPONER, DELIMITACION DEL AREA DE TRABAJO, SEÑALAMIENTO DE SEGURIDAD PEATONAL Y VEHICULAR, LIMPIEZA, RATONEADO, GUIADO, VERIFICACION DE DUCTOS, INSTALACION DE UNA PLACA DE ACRILICO DE 8 CM DE DIAMETRO Y 0.5 CM DE ESPESOR A CADA 5 M SOBRE EL TODO EL TRAYECTO DEL BANCO DE DUCTOS MARCADA EN RELIEVE CON LA LEYENDA "PROHIBIDO EXCAVAR CFE", MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA TERMINACION. DE ACUERDO A LAS NORMAS DE DISTRIBUCION, CONSTRUCCION SISTEMAS SUBTERRANEOS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS.	508.00	ML
13	RSOC13-A	SUMINISTRO E INSTALACION DE BANCO DE DUCTOS A CIELO ABIERTO P6A (6T-3"), INCLUYE: ALINEADO, TRAZO DE LA CANALIZACION, ACARREO DE AGUA, CORTE CON MAQUINA DE DISCO, DEMOLICION DE ARROYO EN CONCRETO Y/O CARPETA ASFATICA O PAVIMENTO, EXCAVACION EN TERRENO TIPO II, LOCALIZACION Y/O REPARACION Y/O MODIFICACION DE INSTALACIONES SUBTERRANEAS EXISTENTES EN CASO DE REQUERIRSE, COMPACTACION DEL FONDO DE LAS EXCAVACIONES, COLOCACION Y FLEJEADO DE LA TUBERIA PADC DE ACUERDO AL PLANO PROYECTO ANEXO, COLOCACION DE UNA CAPA DE ARENA DE 2 CM DE ESPESOR, RELLENO Y COMPACTACION DE LAS EXCAVACIONES CON MATERIAL DE BANCO EN CAPAS DE 20 CM, CINTA INDICADORA DE PELIGRO, REPOSICION DE ARROYO DE ESPESOR Y CARACTERISTICAS SIMILARES A LA ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS A FINES DEL AREA A REPONER, DELIMITACION DEL AREA DE TRABAJO, SEÑALAMIENTO DE SEGURIDAD PEATONAL Y VEHICULAR, LIMPIEZA, RATONEADO, GUIADO, VERIFICACION DE DUCTOS, INSTALACION DE UNA PLACA DE ACRILICO DE 8 CM DE DIAMETRO Y 0.5 CM DE ESPESOR A CADA 5 M SOBRE EL TODO EL TRAYECTO DEL BANCO DE DUCTOS MARCADA EN RELIEVE CON LA LEYENDA "PROHIBIDO EXCAVAR CFE", MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA TERMINACION. DE ACUERDO A LAS NORMAS DE DISTRIBUCION, CONSTRUCCION SISTEMAS SUBTERRANEOS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS.	182.00	ML
13	RSOC13	SUMINISTRO E INSTALACION DE BANCO DE DUCTOS A CIELO ABIERTO P6B (6T-3"), INCLUYE: ALINEADO, TRAZO DE LA CANALIZACION, ACARREO DE AGUA, RETIRO Y REACOMODO DE ADOQUIN EXISTENTE, EXCAVACION EN TERRENO TIPO II, LOCALIZACION Y/O REPARACION Y/O MODIFICACION DE INSTALACIONES SUBTERRANEAS EXISTENTES EN CASO DE REQUERIRSE, COMPACTACION DEL FONDO DE LAS EXCAVACIONES, COLOCACION Y FLEJEADO DE LA TUBERIA PADC DE ACUERDO AL PLANO PROYECTO ANEXO, COLOCACION DE UNA CAPA DE	245.00	ML

ARENA DE 2 CM DE ESPESOR, RELLENO Y COMPACTACION DE LAS EXCAVACIONES CON MATERIAL DE BANCO EN CAPAS DE 20 CM, CINTA INDICADORA DE PELIGRO, REPOSICION DE BANQUETAS DE ESPESOR Y CARACTERISTICAS SIMILARES A LA ORIGINAL, MATERIALES Y ACABADOS A FINES DEL AREA A REPONER, DELIMITACION DEL AREA DE TRABAJO, SEÑALAMIENTO DE SEGURIDAD PEATONAL Y VEHICULAR, LIMPIEZA, RATONEADO, GUIADO, VERIFICACION DE DUCTOS, INSTALACION DE UNA PLACA DE ACRILICO DE 8 CM DE DIAMETRO Y 0.5 CM DE ESPESOR A CADA 5 M SOBRE EL TODO EL TRAYECTO DEL BANCO DE DUCTOS MARCADA EN RELIEVE CON LA LEYENDA "PROHIBIDO EXCAVAR CFE", MANIOBRAS DE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA AL SITIO DE LOS TRABAJOS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA TERMINACION. DE ACUERDO A LAS NORMAS DE DISTRIBUCION, CONSTRUCCION SISTEMAS SUBTERRANEOS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS.

14	RSOC14		1.00	PZA
----	--------	--	------	-----

RETIRO DE TAPA DE REGISTRO, INCLUYE: RETIRO DE LA TAPA, CARGA, DESCARGA, TRASLADO, MANIOBRAS, LIMPIEZA, RETIRO DEL MATERIAL SOBRENTE FUERA DEL SITIO DE LOS TRABAJOS Y HASTA EL LUGAR DONDE INDIQUEN LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES.

OBRA ELECTROMECHANICA

15	RSOE15	INSTALACIÓN DE CABLE DE ENERGÍA TIPO XLP15, CAL 500 KCM, DE 15 KV. EN DUCTO DE PAD, UN CONDUCTOR POR DUCTO POR MEDIO MANUAL, DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, INCLUYE: EL LUBRICANTE A BASE DE AGUA PARA LA INSTALACIÓN, EL PERFECTO ACOMODO DEL CABLE DE POTENCIA ASI COMO SU SUJECIÓN CON CINCHOS PLÁSTICOS EN LA SOPORTERÍA PREVIAMENTE INSTALADA EN CADA POZO DE VISITA, CUIDANDO QUE LAS PUNTAS QUEDEN PERFECTAMENTE SELLADAS CON TAPÓN TERMOCONTRÁCTIL CUANDO NO SEAN CONECTADOS DE FORMA HERMETICA, MATERIAL, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA, MANIOBRAS DE CARGA, TRASLADO Y DESCARGA., HASTA LA CORRECTA INSTALACIÓN DEL CABLE.	5,433.00	ML
----	--------	--	----------	----

16	RSOE16	INSTALACIÓN DE CABLE DE COBRE DESNUDO DE 1/0 A 3/0 AWG DIRECTAMENTE ENTERRADO Y SUJETADO AL BANCO DE DUCTOS A CADA 3 M MEDIANTE EL FLEJE DE PLASTICO, INSTALADO POR MEDIO MANUAL, INCLUYE: DESENRROLLADO, TENDIDO E INSTALACION DEL CABLE EN ZANJA, RANURADO Y OCULTAMIENTO DEL CABLE DE COBRE DENTRO DE LA PARED DEL POZO DE VISITA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA, MANIOBRAS DE CARGA, TRASLADO Y DESCARGA., ASI COMO RESGUARDO DEL MATERIAL EN BODEGA Y UNA VEZ INSTALADO EN OBRA.	1,423.00	ML
----	--------	--	----------	----

17	RSOE17	INSTALACIÓN DE CABLE DE COBRE DESNUDO DE 1/0 A 3/0 AWG EN DUCTO, AMARRADO JUNTO A UNA DE LAS FASES MEDIANTE CINCHOS DE PLASTICO A CADA 3 M, INSTALADO POR MEDIO MANUAL, INCLUYE: RANURADO Y OCULTAMIENTO DEL CABLE DE COBRE DENTRO DE LA PARED DEL POZO DE VISITA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA, MANIOBRAS DE CARGA, TRASLADO Y DESCARGA., ASI COMO RESGUARDO DEL MATERIAL EN BODEGA Y UNA VEZ INSTALADO EN OBRA.	388.00	ML
----	--------	---	--------	----

18	RSOE18	INSTALACIÓN DE ELECTRODO DE TIERRA EN POZO DE VISITA, 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	20.00	PZA
----	--------	--	-------	-----

CONEXION DEL NEUTRO AL ELECTRODO DE TIERRA.

19	RSOE19	SUMINISTRO, INSTALACION Y CONEXION DE EMPALME SEPARABLE DE 600 A, 15 KV, 500 MCM, CONFORMADO POR 2 CUERPOS EN "T" COMPLETOS (CUERPO EN "T" CON PUNTO DE PRUEBA, ADAPTADOR DE CABLE, ZAPATA BIMETALICA DE 2 BARRENOS CALIBRE 500 MCM, CAPUCHON Y TAPON) Y DE 1 CONECTADOR TIPO UNION DE 600A, 15 KV, DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, INCLUYE: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ADAPTADOR DE TIERRA DE 500 MCM, CABLE THS-LS CALIBRE 10 PARA ATERRIZAMIENTO Y CONEXIÓN A SISTEMA DE TIERRA, GEL LUBRICANTE, TOALLAS DE LIMPIEZA, MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIAS, ASI COMO EL PERFECTO ORDENAMIENTO Y ACOMODO DE LOS EMPALMES Y DE LOS CABLES DE POTENCIA LOS CUALES DEBERAN DE ESTAR DE FORMA TAL QUE NO SE CRUCEN LOS CABLES ENTRE ELLOS FACILITANDO SU POSTERIOR OPERACIÓN.	12.00	PZA
20	RSOE20	SUMINISTRO, INSTALACION Y CONEXION DE CUERPO EN "T" COMPLETO (CUERPO EN "T" CON PUNTO DE PRUEBA, ADAPTADOR DE CABLE, ZAPATA BIMETALICA DE 2 BARRENOS CALIBRE 500 MCM, CAPUCHON Y TAPON) DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, INCLUYE: INSTALACIÓN DE ADAPTADOR DE TIERRA DE 500 MCM, CABLE THS-LS CALIBRE 10 PARA ATERRIZAMIENTO Y CONEXIÓN A SISTEMA DE TIERRA, GEL LUBRICANTE, TOALLAS DE LIMPIEZA, MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIAS, ASI COMO EL PERFECTO ORDENAMIENTO Y ACOMODO DE LOS EMPALMES Y DE LOS CABLES DE POTENCIA LOS CUALES DEBERAN DE ESTAR DE FORMA TAL QUE NO SE CRUCEN LOS CABLES ENTRE ELLOS FACILITANDO SU POSTERIOR OPERACIÓN.	6.00	PZA
21	RSOE21	SUMINISTRO E INSTALACION DE NOMENCLATURA, MEDIANTE PLACA DE ACRILICO DE 7 X 4 CM Y 2 MM DE ESPESOR COLOR AMARILLO Y GRABADO EN RELIEVE CON LETRAS NEGRAS DE 1.2 CM DE ALTO, A CONDUCTORES, INCLUYE: CINCHOS DE PLASTICO, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA TERMINACION.	213.00	PZA
22	RSOE22	INVENTARIO FISICO Y PLANO DEFINITIVO EN AUTOCAD Y EN DEPRORED, GEOREFERENCIADOS. INCLUYE IMPRESIÓN DE PLANOS DE OBRA CIVIL Y ELECTRICA SUBTERRANEA, ENTREGA DE INFORMACIÓN EN CD-ROM.	1.00	PZA
23	RSOE23	DEVOLUCION DE MATERIALES A LA BODEGA DE CFE, INCLUYE CARGA Y DESCARGA	0.50	TON

Tabla. 3.1 catalogo de conceptos de los materiales a usar en el proyecto.

Los conceptos presentados anteriormente deben ser elaborados estrictamente como se describe a menos que por alguna razón de fuerza mayor lo impida, si esto ocurre deberá enviar una notificación a las oficinas o al supervisor de obra de CFE, explicando la problemática.

3.5 Demolición de concreto (banquetas y pavimentos).

Cuando se tuvo todos los elementos se procedió a la construcción, se inició a partir de la segunda semana del mes de septiembre, realizándose primeramente los trabajos relativos a la de demolición de elementos de concreto (banquetas y pavimentos) para dar paso al suministro y colocación de pozos de visita y registros prefabricados de acuerdo a los tipos y características indicadas en el catálogo de conceptos.



Fig. 3.4 Corte de banqueteta y arroyo.



Fig. 3.5 Demolición de concreto.

3.6 Excavación y compactación de canales.

Para los registros y pozos se realizó la localización de los puntos donde se colocaran dichos elementos y se procedió a realizar la excavación correspondiente para alojar cada uno de ellos, la excavación se realizara con máquina retroexcavadora y de forma manual se le dieron los últimos arreglos para que los registros y pozos quedaran de forma correcta.



Fig. 3.6Excavación de canales para pozos y registros.

Una vez concluida la excavación se procederá a afinar y compactar el fondo de la misma empleando equipo de compactación neumático.



Fig. 3.7Afinación y compactación de la tierra.

3.7 Tendido de tubería padc.

Al concluir con la afinación y compactación se llevo a cabo el tendido de tubos padc de polietileno de alta densidad corrugado de 3 pulgadas acomodándolos y organizándolos de acuerdo a las especificaciones por circuito en el interior de la cepa.



Fig. 3.8 Tendido de tubería padc de 3”.

Se relleno la cepa con material mejorado producto de préstamo de banco en capas de 20 cm. Hasta alcanzar el nivel requerido en el proyecto; se colocara una cinta de peligro para identificación del banco de ductos y finalmente realizar la reposición del concreto de la banqueta, guarnición o pavimento, colocándose también la placa acrílica de señalización para banco de ductos de CFE. Estos trabajos se concluyeron en la primera quincena del mes de noviembre.



Fig. 3.9 Reposición de concreto.

3.8 Colocación de registros y pozos.

Se colocaron los registros y pozos empleándose una grúa con la capacidad necesaria para el izaje y una vez colocado se relleno el perímetro exterior del mismo con material producto de la excavación. Se repuso según correspondiera el área de banqueta o pavimento que se haya demolido para llevar a cabo la colocación del mismo empleándose concreto de resistencia $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ en banquetas y guarniciones y $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ en arroyos vehiculares; estos trabajos se concluyeron a mediados de octubre.



Fig. 3.10 Colocación y resane de registros y pozos.

Una vez interconectados los bancos de ductos a los pozos y registros, se procederá a realizar los resanes y abocinamientos de los ductos con mortero cemento arena 1:3.

3.9 Tendido de cable de potencia.

A finales del mes de noviembre se realizó el tendido del cable de potencia XLP calibre 500 kcm que se hará de manera manual, se tuvo los cuidados suficientes para el buen manejo del mismo evitando que este sufra daños por dobleces o torceduras. Los cables se sujetaran a las ménsulas con cinturón flexible posteriormente a la colocación de los neoprenos para cada cable.



Fig. 3.11 Tendido de cable xlp calibre 500.

Para hacer de manera más fácil y con el menor daño posible la introducción del cable xlp calibre 500 se utiliza un tipo de lubricante el cual se va aplicando conforme se ingresando el cable por el registro o pozo.



Fig. 3.12 Aplicación de lubricante al cable.

3.10 Tendido de cable de tierra.

También durante este mismo periodo se instaló el hilo neutro de Cu de 3/0. Una vez colocado el hilo neutro en la trayectoria del banco de ductos, este se soldó en cada pozo o registro a la varilla de tierra colocada previamente empleando soldadura exotérmica. El tramo de cable visible en el interior de los pozos y registros se cubrió con concreto para evitar problemas de vandalismo.



Fig. 3.13 Hilo neutro Cu 3/0 bajo concreto.

3.11 Realización de Empalmes.

Una vez colocado el cable de potencia XLP calibre 500 kcm se procedió a realizar la instalación y conexión de los cuerpos en “t” en los puntos indicados en el proyecto. También se colocaran las ménsulas y correderas para cable de potencia en las paredes de los registros.



Fig. 3.14 Cuerpo en “t”.



Fig. 3.15 Realización de empalmes.

3.12 Revisión.

En los primeros días del mes de diciembre, se procedió a identificar los circuitos con la instalación de marbetes sujetos a los cables de potencia con cinturón flexible y el rotulado de los pozos y registros con pintura esmalte de acuerdo a los colores indicados en el proyecto.



Fig. 3.16 Conductores colocados correctamente en registros.

3.13 Elaboración del plano definitivo.

Después de realizar la revisión se obtuvieron los datos necesarios sobre materiales instalados para elaborar el plano definitivo, ya que durante el proceso de construcción se van presentando diversos problemas que provocan el cambio de algunos puntos establecidos al principio y así concluir con el proyecto.

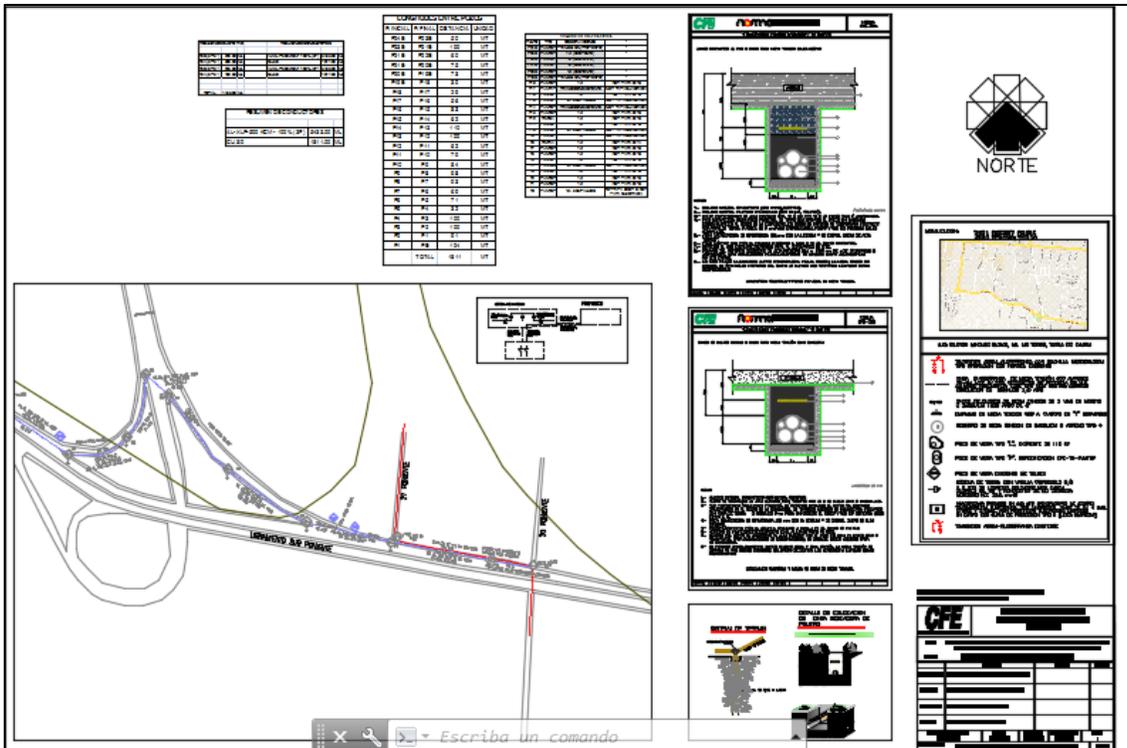


Fig. 3.17 Digitalización de plano definitivo en autocad.

4.1 Resultados de los cálculos para la selección del conductor.

Cálculos para la selección del conductor

De acuerdo con las necesidades expresadas en la solicitud de la empresa KAAAN LUXURY TOWERS. Las características del servicio que proporcionaremos serán las siguientes:

Material del conductor a utilizar: Aluminio

Aislamiento del conductor: XLPE (polietileno reticulado)

Carga contratada: 1375 KVA – 1237.5 KW

Demanda contratada: 1375 KVA – 1237.5 KW

Tensión de suministro: 220 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: 01-3

Cálculo del conductor por corriente

$$I_{nom} = \frac{(kW)(1000)}{(\sqrt{3})(V)(fp)} = \frac{(1237.5)(1000)}{(\sqrt{3})(13200)(0.9)} = 60.14 A$$

Factor de corrección por variación de temperatura:

$$25^{\circ}C = 1.04$$

Factor de corrección por incremento en la profundidad del terreno:

$$1.20 m = 0.98$$

Factor de corrección por agrupamiento subterráneo:

$$4-6 conductores = 0.8$$

Corregir el valor nominal de la corriente aplicando la siguiente fórmula:

$$FCT = (F. C. Temperatura)(F. C. profundidad)(F. C. agrupamiento)$$

$$FCT = (1.04)(0.98)(0.8) = 0.81536$$

$$I \text{ corregida} = \frac{60.14 A}{0.81536} = 73.7588 A$$

Capacidad de conducción en condiciones de emergencia o sobrecarga:

$$\text{Factor de sobrecarga (F.S)} = 1.22$$

$$(I \text{ corregida})(F.S) = (73.7588 A)(1.22) = 89.9857 A$$

Conductor a utilizar: Conductor 500-AWG-AL-XLPE

Cálculo del conductor por caída de tensión

$$\%e = \frac{(2)(\sqrt{3})(L)(In)}{(S)(E)}$$

L = longitud del cto en metros

In = corriente nominal en Amp

S = sección transversal del conductor en mm²

$E =$ voltaje de línea en volts

$$I_n = 60.14 \text{ A}$$

$$\%e = \frac{(3.4641)(1950)(60.14)}{(253.4)(13200)} = 0.121452\%$$

0.121452% < 1% acordado por la NOM

Cálculo del conductor por cortocircuito

$$I_{cc} = (A)(K) \left(\sqrt{\frac{\log\left(\frac{T_2+B}{T_1+B}\right)}{T}} \right)$$

$I_{cc} =$ corriente de corto circuito

$A =$ sección transversal del conductor en mm^2

$K = 224.58$ para conductor de aluminio

$T_2 =$ Temperatura de c.c. dependiendo del tipo de aislamiento permitido, para XLPE=90°C

$B = 228$ para conductores de aluminio

$T =$ tiempo en que actúan las protecciones. $T = (2/15)$.

$$I_{cc} = (253)(224.58) \left(\sqrt{\frac{\log\left(\frac{250+228}{90+228}\right)}{\left(\frac{2}{15}\right)}} \right)$$

$I_{cc} = 65465.0970 \text{ kA}$

Calculamos el área del conductor:

$$Acc = (C_c) (I_{cc}) \sqrt{t} = (21.26) (65465.0970) (\sqrt{2/15})$$

$$Acc = 508209.1081 = 508.2 \text{ MCM} = 257.50494 \text{ mm}^2$$

$$\text{Circular mils} = 0.00050671 \text{ mm}^2 \quad \therefore \quad \text{MCM} = 0.50671 \text{ mm}^2$$

$$(508.2)(0.50671\text{mm}^2) = 257.50494\text{mm}^2$$

$$\text{Acc} = 257.50494 \text{ mm}^2 \cong 253\text{mm}^2 = 500 \text{ kcmil}$$

4.2 Conclusión.

El tener la oportunidad de estar presentes en la realización del proyecto, nos proporciona un conocimiento práctico, con una responsabilidad muy idéntica al trabajo de un ingeniero en el campo laboral, así mismo reforzamos lo conocimientos adoptados en la institución, por ende llevando dichos conocimientos del estado teórico al estado práctico pudimos discernir errores constructivos que aún practican las constructoras en una obra como la efectuada en este proyecto.

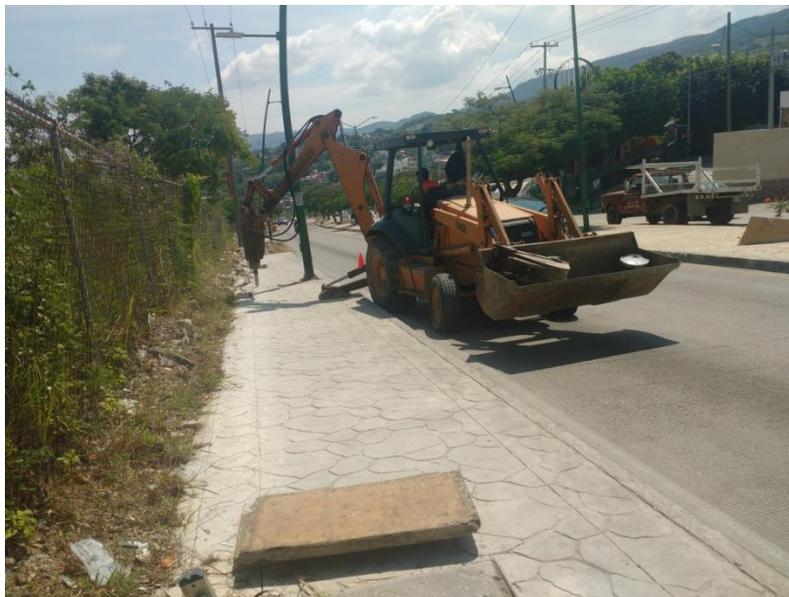
4.3 Referencias bibliográficas.

[1] INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN. (Adaptado al nuevo RBT, R. D. 842/2002 de 2 de agosto de 2002), José García Trasancos. Año 2009 (6ª edición actualizada).

[2] FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, Fermín Barrero González, Eva González Romera, María Isabel Milanés Montero y Enrique Romero Cadaval, Año 2012 (1ª edición).

[3] INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN, José Luis Sanz Serrano y José Carlos Toledano Gasca. Año 2010.

Anexos







NOTAS: En el disco anexo se encuentran los planos digitales, estimaciones y especificaciones.

- 1.- Plano proyecto.
- 2.- Plano definitivo.
- 3.- Especificaciones del proyecto.
- 4.- Estimaciones.