



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Facultad de Ingeniería Eléctrica

REPORTE DE EXPERIENCIA PROFESIONAL EN:

Constructora de Obras y Proyectos Eléctricos de Michoacán S. A. de
C. V.

QUE PRESENTA

DAVID GÓMEZ REBOLLAR

PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

ASESOR: DR. CARLOS PÉREZ ROJAS

Morelia, Michoacán, septiembre del 2021

RESUMEN

Las líneas eléctricas en media y baja tensión son de vital importancia en todos los ámbitos, ya que distribuyen la energía eléctrica en niveles de voltaje adecuados para el consumidor final, que puede ser, industria, comercio, hospitales o usuarios domésticos, de este modo, se hace indispensable su mantenimiento continuo, debido a la necesidad de crecimiento y modernización de la infraestructura eléctrica se hace necesario también su ampliación continua.

Durante los últimos 5 años me he dedicado a la construcción de proyectos eléctricos como líneas eléctricas en media y baja tensión en muchos lugares del país, desempeñando los cargos de Residente de Construcción y en algunas obras como Superintendente de Construcción en Constructora de Obras y Proyectos Eléctricos de Michoacán S.A. de C.V., aplicando los conocimientos obtenidos durante mi estancia en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, así como la aplicación de lo establecido en las normas vigentes de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) del área de distribución, durante este tiempo he reafirmado mis conocimientos adquiriendo otros nuevos que me han permitido crear un criterio profesional y experiencia, que me sigue permitiendo desempeñar mi trabajo en esta empresa y cada vez asumir cargos de mayor responsabilidad, también me ha permitido obtener la experiencia necesaria para dar mi punto de vista sobre temas operativos propios de la CFE que en su momento me han solicitado, he podido contribuir en mejorar proyectos que me han asignado, también he aprendido sobre temas administrativos de control de obras para CFE y los procesos constructivos sin olvidar la seguridad en el trabajo.

Palabras clave: Construcción, Líneas Eléctricas, Mantenimiento, CFE, Experiencia, Criterio.

ABSTRACT

Medium and low voltage power lines are very important in all areas, because they distribute electrical energy at appropriate voltage levels for the final users, which can be industry, commerce, hospitals or domestic users, in this way, continuous maintenance is essential, due to the need for growth and modernization of the electrical infrastructure, then continuous expansion is also necessary.

Throughout the last 5 years I have dedicated myself to the construction of electrical projects such as medium and low voltage power lines in many places, holding the positions of Construction Resident and also some works as Construction Superintendent in Constructora de Obras y Proyectos Eléctricos de Michoacán S.A. de C.V., applying the knowledge acquired in my career at the Facultad de Ingeniería Eléctrica, as well as the application of what is established in the current regulations of the Comisión Federal de Electricidad (CFE) about the distribution area, throughout this time I have reaffirmed my knowledge by getting new ones that have allowed me to create a professional criterion and experience, that allowed me continue working in this company and increasingly assume positions of greater responsibility, has also allowed me to obtain the necessary experience to give my opinion about operational issues of the CFE when they have been required, so I have been able to contribute to improve projects that was assigned to me, I have also learned about administrative matters of control of projects for CFE and the construction processes without forgetting the safety at work.

Keywords: Construction, Power Lines, Maintenance, CFE, Experience, Professional judgment.

Índice

Contenido

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| Índice..... | 3 |
| Capítulo 1 Motivación y Objetivos..... | 4 |
| 1.1 Introducción | 4 |
| 1.2 Motivación | 5 |
| 1.3 Objetivos | 5 |
| Capítulo 2 Control de obra..... | 8 |
| 2.1 Introducción..... | 8 |
| 2.2 Solicitud de Materiales..... | 9 |
| 2.3 Reporte de volúmenes para estimaciones..... | 11 |
| 2.4 Seguridad ante todo..... | 12 |
| Capítulo 3 Construcción de Obra eléctrica aérea..... | 13 |
| 3.1 Introducción..... | 13 |
| 3.2 Trazo y localización de cepas para postes y retenidas..... | 13 |
| 3.3 Excavación de cepas para postes y retenidas e instalación de postes y anclas cónicas..... | 15 |
| 3.4 Hincado o empotramiento de postes..... | 19 |
| 3.5 Instalación de estructuras en media y baja tensión..... | 21 |
| 3.5.1 Instalación de estructuras en media tensión..... | 21 |
| 3.5.2 Instalación de estructuras en baja tensión..... | 24 |
| 3.6 Tendido y tensionado de conductor eléctrico..... | 25 |
| 3.7 Instalación de transformadores y equipos de protección y seccionamiento en poste..... | 27 |
| 3.7.1. Instalación de transformadores..... | 28 |
| 3.7.2. Instalación de Equipos de Protección y Seccionamiento..... | 29 |
| 3.8. Instalación de Sistemas de Tierra en Transformadores y Equipos..... | 30 |
| | 31 |
| Capítulo 5 Conclusiones..... | 32 |

Capítulo 1 Motivación y Objetivos.

1.1 Introducción

Desde hace mucho tiempo me ha llamado mucho la atención la electricidad y todo lo que se puede hacer con ella, siempre me han parecido interesantes todos los equipos y aparatos que funcionan con este tipo de energía, tuve la oportunidad de cursar la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en la ciudad de Morelia Michoacán, donde adquirí conocimientos en muchos de los campos de la electricidad.

Las áreas de la carrera de Ingeniería Eléctrica que me ha tocado conocer más a fondo a lo largo de mi experiencia profesional son:

- Sistemas Eléctricos de Distribución
- Sistemas Eléctricos Industriales
- Sistemas Eléctricos de Potencia
- Subestaciones Eléctricas
- Maquinas Eléctricas

Esto debido al giro a que se dedican las empresas donde me he desempeñado trabajando.

Durante el primer año después de terminar mis estudios estuve trabajando en el área de las instalaciones eléctricas comerciales, desde tableros eléctricos hasta subestaciones y acometidas en media tensión y a partir del **15 de agosto de 2016** a la fecha permanezco como **Residente de Construcción** en la empresa **Constructora de Obras y Proyectos Eléctricos de Michoacán S.A. de C.V. (COPEM)**.

COPEM es una empresa consolidada dedicada al diseño, construcción y mantenimiento de líneas eléctricas de distribución en media y baja tensión, aéreas y subterráneas, instalación y mantenimiento de subestaciones eléctricas, tipo poste, pedestal y sumergibles, desde la construcción de obra civil, banco de ductos para alojar cables de potencia (en media tensión) y de baja tensión, instalación de registros, pozos de visita y bóvedas para alojar equipos de control, seccionamiento y derivación, hasta la construcción de banco de ductos con un método llamado perforación horizontal dirigida (PHD), este último también usado para la construcción de gasoductos y líneas de comunicación sin dañar el medio ambiente y reducir los costos en reposición de suelo.

1.2 Motivación

La energía eléctrica se ha convertido en un recurso indispensable para las familias de hoy en día, los requerimientos de la sociedad cada vez son mayores, tanto en industrias, comercios y usuarios domésticos, es por eso que para satisfacer estas necesidades el sistema eléctrico crece cada día, desde la re-calibración de líneas existentes para aumentar la capacidad, hasta la construcción de nuevas líneas y subestaciones, y claro, el mantenimiento continuo de toda esta infraestructura se vuelve indispensable para garantizar la calidad del suministro.

La modernización de líneas eléctricas de distribución es también un fenómeno que se ve día tras día, en lugares llamados pueblos mágicos y centros históricos de muchas ciudades, se llevan a cabo transiciones de redes aéreas a subterráneas para ocultar el cableado de distribución en media y baja tensión, así como la instalación de transformadores tipo pedestal en lugar de transformadores tipo poste, las redes subterráneas, además de ser menos invasivas, son más seguras y tienen menos fallas que las redes aéreas, aunque son mucho más caras.

La empresa encargada de la operación y mantenimiento de la infraestructura eléctrica del país es la Comisión Federal de Electricidad, la cual se encarga (en la parte de distribución, planeación y Construcción) de dar mantenimiento, planear y construir nuevos ramales conforme a las necesidades de los usuarios.

El modo de dar mantenimiento, re-calibraciones, construcciones y cambios de aéreo a subterráneo y todo lo antes mencionado es en su mayoría, mediante licitación de obra pública a constructoras contratistas, por ejemplo: (COPEM).

Para COPEM, CFE es nuestro principal cliente, por lo que constantemente estamos construyendo y modernizando líneas en diferentes partes de la república mexicana, en lo personal me ha tocado trabajar en obras que se encuentran en: el Estado de México, La Ciudad de México, el Estado de Morelos, Puebla, y el estado de Hidalgo.

También construimos líneas para clientes particulares que por lo regular son obras nuevas subterráneas y redes aéreas provisionales, en parques, naves industriales o edificios.

1.3 Objetivos

Para delimitar el área en la que me desempeño en COPEM, muestro la siguiente imagen, (Figura 1) donde se describe el proceso del suministro de energía eléctrica desde su generación, transformación, transmisión y distribución.

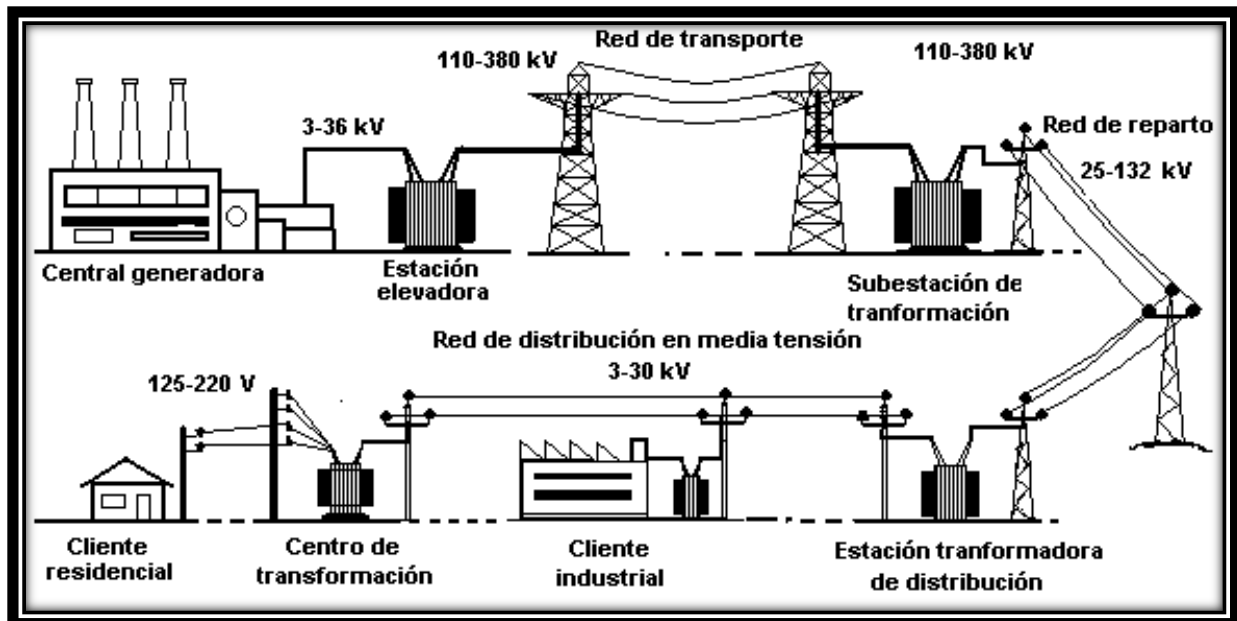


Figura 1: Diagrama gráfico del proceso de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica a diferentes tipos de usuarios.

Como ya lo mencioné, COPEM se dedica a la construcción, Modernización y Mantenimiento de líneas eléctricas en media y baja tensión, aéreas y subterráneas, es decir, desde la Subestación de distribución, hasta los clientes industriales y comerciales en media tensión y los clientes residenciales en baja tensión.

En el presente reporte de experiencia profesional se pretende explicar de acuerdo a procedimientos en la construcción de redes eléctricas para la Comisión Federal de Electricidad y para clientes particulares llevados a cabo durante mi permanencia en la empresa COPEM.

- Poner en práctica los conocimientos adquiridos durante mi estancia en la facultad de ingeniería eléctrica,
- Decidir sobre las capacidades de los diferentes calibres de conductor y niveles de aislamiento para satisfacer las necesidades de los clientes a quienes les servirán las líneas que construimos y en los lugares que son construidas.
- Conocimiento de los diferentes equipos que forman la red de distribución, seccionadores, derivadores, restauradores, cuchillas, transformadores, etc.
- La construcción de líneas eléctricas de media y baja tensión, aéreas y subterráneas bajo las normas de la CFE.
- Elaboración de protocolos de seccionamiento en ramales para trabajos con líneas en operación bajo libranzas.
- Ver de cerca la operación del sistema eléctrico de distribución, así como realizar pruebas después de alguna reparación o construcción.

- Involucrarme con los aspectos de seguridad a la hora de operar el sistema eléctrico, así como la construcción de los proyectos.

Desde el punto de vista de construcción de redes eléctricas de distribución se clasifican en redes eléctricas aéreas y subterráneas, y de esta forma explicaré el proceso constructivo de cada una de ellas por separado.

A su vez, estas redes eléctricas en media tensión pueden ser a:

- 13.8 KV
- 23 KV
- 35 KV

Aunque los 3 niveles de tensión pertenecen al rango de media tensión cada uno se usa en zonas con características particulares, el nivel de 13.8 KV se usa en zonas rurales y urbanas con densidad de población baja o media, el nivel de 23 KV se usa en áreas densamente pobladas, como el centro del país y área metropolitana, CDMX, Estado de México, Estado de Hidalgo y áreas conurbadas, y el nivel de 35 KV se usa para zonas industriales de alto consumo, zonas industriales en Querétaro, Puebla etc.

Capítulo 2 Control de obra.

2.1 Introducción.

El control de obra engloba los recursos con los que partimos en la construcción de cualquier obra, pasando por la cuantificación de los volúmenes que se logran quincenalmente, los requerimientos de personal, materiales, maquinaria y gestión de permisos y licencias, hasta el cierre, conciliación de volúmenes de obra e inventarios con la parte contratante, así como la elaboración de convenios modificatorios en cuanto a volúmenes contratados por cambios en obra.

Este control es necesario en cualquier obra que se nos asigne, ya sea de CFE o algún otro cliente particular.

Cuando los departamentos de la CFE encargados de implementar mejoras en la red eléctrica, electrificación, reducción de pérdidas técnicas y no técnicas o surge la necesidad de conectar algún área industrial o comercial, en general la necesidades de ampliaciones de la red eléctrica de distribución en media y/o baja tensión, se elaboran proyectos ejecutivos para la construcción de secciones de red eléctrica o modernización de red existente, estos proyectos contienen planos, y volúmenes, los cuales se licitan en obra pública, las constructoras contratistas participan y gana la mejor propuesta técnica y económica.

Cuando se gana una obra para la CFE se nos entregan planos, catálogo de conceptos, programa de obra, explosión de insumos, especificaciones técnicas, además de un contrato que especifica los alcances y obligaciones de cada parte, CFE y contratista.

- Planos

Los planos son la representación geométrica de la obra que se va a construir, indica tipo de postes, tipo de cable, tensión de operación de la línea, trayectoria de la línea, equipos de seccionamiento, otros equipos como transformadores, protecciones contra descargas directas e indirectas, localización geográfica de la obra, etc.

- Catálogo de conceptos

El catálogo de conceptos contiene el volumen de obra separado por conceptos, cada concepto contiene una descripción y un sustento que es tarjeta de precio unitario, menciona la cantidad contratada y precio del concepto, en el caso de revisar la obra y se requiera algún trabajo que no venga contratado, se hace necesario la elaboración de un concepto extraordinario.

- Programa de obra.

El programa de obra contiene el volumen de obra distribuido en periodos, en su mayoría semanales, en cada periodo de tiempo se tiene programado cierto volumen, esto nos ayuda a identificar atrasos y nos ayuda como una guía de la cronología de los trabajos contratados, si durante la ejecución de la obra se presentan problemas que no permitan avanzar en los volúmenes programados, se hace necesaria una reprogramación.

- Explosión de insumos.

En el apartado de la explosión de insumos se tienen las listas de materiales a suministrar por la CFE y por la constructora, estas listas se tienen que revisar detalladamente para identificar si son correctas o hay insumos que no se necesitarán e identificar si se requiere otro que no venga contemplado, en el caso de que se requiera algún insumo que no esté contemplado, se hace necesaria la elaboración de un concepto extraordinario del suministro de dicho insumo.

- Especificaciones técnicas.

Las especificaciones técnicas contienen la forma correcta de construir cada concepto contratado, conforme a las normas de la CFE, así como la especificación de los alcances de algunos conceptos y la forma en la que se deberá cobrar.

2.2 Solicitud de Materiales.

La solicitud de materiales es un proceso que se tiene que hacer con mucho cuidado, ya que los materiales que se suministran por la constructora representan un volumen importante en los gastos de ejecución de la obra, así como el tiempo de cotización y compra en el área de almacén, por esta razón es importante revisar detenidamente la explosión de insumos por parte de la constructora, y compararlo con el volumen real a ejecutar, para esto yo siempre hago una lista de materiales en base a los alcances de cada concepto y la naturaleza de cada concepto, y lo cotejo con la explosión de insumos que viene en el contrato, casi siempre hay discrepancias.

Por ejemplo: no es lo mismo instalar una estructura en media tensión en un poste que ya tiene instalada otra estructura en la parte de arriba, cambian el tipo de abrazadera y los datos de sujeción.

Material para una estructura TS30 a tensión de 23 KV en el primer nivel como se puede ver en la Figura 2.

- 1 Cruceta C4T

- 2 Abrazaderas UC
- 1 Dado 46RT
- 3 Aisladores de pedestal 23PD

Material para una estructura TS30 a tensión de 23 KV en segundo nivel como se puede ver en: Figura 2 y Figura 3.

- 1 Cruceta C4T
- 2 Abrazaderas UL
- 1 Dado 47RT
- 3 Aisladores de pedestal 23PD

No es lo mismo instalar una estructura del mismo tipo en un primer nivel de un poste que en un segundo nivel por que cambia el diámetro del poste conforme baja de nivel.



Figura 2: Poste vestido con doble estructura en media tensión.



Figura 3: Poste vestido con estructura TS3G en segundo nivel, con hilo de guarda en primer nivel.

2.3 Reporte de volúmenes para estimaciones.

La forma en la que se cobran los trabajos realizados en los contratos de obra pública es mediante la elaboración de estimaciones, éstas son una serie de documentos que ampara el cobro de un volumen ejecutado en todos los aspectos, reporte fotográfico, números generadores, etc., entre lo que destaca:

- Factura.

Es el documento fiscal que desglosa el IVA del monto cobrado, incluye los detalles del pago como amortizaciones en caso de que haya adelanto, y la información fiscal de la empresa contratista, etc.

- Hoja de detalle de estimación.

Este apartado es el catálogo de conceptos pero contiene la cantidad de conceptos cobrados en cada periodo estimado, incluyendo la presente.

- Números generadores

Los números generadores describen por cada concepto la localización en el plano de la obra, con cantidad, nombre de la calle donde está ubicado, descripción y el total a cobrar en esta estimación por cada concepto.

- Reporte fotográfico

El reporte fotográfico se es una serie de fotografías de la ejecución del concepto que se está cobrando, preferiblemente varias fotos donde se vea el proceso que se lleva a cabo para ejecutar el trabajo, con una pequeña descripción.

- Croquis de localización

El croquis es una sección del plano donde está señalado el lugar en el plano donde se encuentra el concepto que se está cobrando, marcado o señalado con una flecha.

- Boleta de liquidación

En la boleta de liquidación se plasman los montos alcanzados con los números generadores de todos los conceptos ejecutados, así como las deducciones que pueden ser, penalizaciones, amortización de anticipo, IVA de amortización, etc., al final se llega a la cantidad a pagar.

- Anexos de seguridad

Los anexos de seguridad son documentos que plasman el cumplimiento con los requisitos en el área de seguridad a lo largo del periodo que comprende la estimación.

2.4 Seguridad ante todo.

Uno de los principios y requisitos que se tienen para poder construir obras para la CFE es el compromiso de apegarse a los protocolos de seguridad implementados por ellos mismos, esto se menciona en el contrato, esto se resume en un catálogo de maniobras donde están contenidas muchas de las maniobras que se hacen durante la construcción, así como su forma de hacerlas de una forma segura, en el cual se describe el procedimiento seguro para realizar cualquier maniobra, desde instalar un poste de concreto, hasta tender conductor, también se cuenta con un libro titulado Capítulo 100, que describe también procedimientos seguros para realizar los trabajos.

Por último, antes de cada jornada de trabajo se realiza una reunión de inicio de jornada, (RIJ), donde se abordan temas de seguridad relacionados con los trabajos diarios, se revisa el estado de salud física y mental de cada trabajador, se hacen ejercicios de calentamiento, se revisa el equipo de protección personal (EPP) y se da lectura a una parte del Capítulo 100 antes mencionado, se busca un tema relacionado con los trabajos a realizar durante la jornada.



Figura 4: Reunión de Inicio de Jornada (RIJ).

También se lleva a cabo una reunión de inicio de maniobra (RIM), Figura 4, antes de cada maniobra, por ejemplo, antes de instalar un poste, en esta reunión se describe la maniobra siguiendo paso por paso, se identifican los peligros presentes en cada paso, se identifican los riesgos por cada peligro, así como el control de estos riesgos, se planea una secuencia de pasos para llevar a cabo la maniobra de una forma segura.

Capítulo 3 Construcción de Obra eléctrica aérea.

3.1 Introducción.

La construcción de una línea eléctrica en media o baja tensión puede ser aérea o subterránea, sirven para lo mismo, transportar energía para distribuirla en alguna zona determinada, sin embargo cuando se diseñan se toman en cuenta muchas cosas, por ejemplo, las condiciones ambientales, si es una zona rural o urbana, la infraestructura de carreteras y puentes, y el presupuesto con el que se cuenta, cada una de estas líneas tiene sus ventajas y desventajas:

- Línea Aérea
 - Ventajas
 - El costo para la construcción de una línea aérea es mucho menor al de una línea subterránea.
 - Su operación es más sencilla y sus fallas más visibles y fácil de corregir.
 - Su mantenimiento es más económico.
 - Desventajas
 - Baja confiabilidad ya que es muy susceptible a fallas por condiciones climáticas, de fauna o vegetación.
 - Contaminación visual, no apta en lugares turísticos.
 - Requiere mucho mantenimiento, sobre todo en lugares muy contaminados o con ambientes corrosivos.

Para cada tipo de línea se sigue un proceso constructivo.

3.2 Trazo y localización de cepas para postes y retenidas.

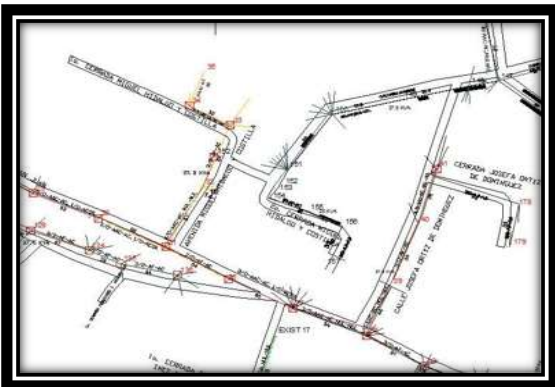


Figura 5: Sección de plano, línea aérea de media y baja tensión.

Al inicio de cada obra aérea se comienza por el trazo y localización de cepas apegándose lo más que se pueda al plano, Figura 5, un error común en los proyectos es que se consideran retenidas donde no son necesarias y donde son necesarias no se consideran, en base al criterio y a la norma se decide hacer los cambios necesarios para que la línea se construya bien, al terminar la obra se dibuja un plano As Built, en el cual se plasman todos los cambios que se hicieron durante la ejecución de la obra.

Durante la ejecución de trabajos en la construcción de líneas eléctricas aéreas partimos de una subestación de distribución o de un circuito troncal existente, y nos apegamos a las medidas que indica el plano, a menos que las medidas den en lugares donde no se pueden poner postes, ejemplo: puertas, accesos, mitad de entronque de calle, puente, etc.



Figura 6: Trazo y localización de cepa para retenida o ancla.

El trazo de las cepas, Figura 6, por lo regular está indicada una cota del límite de la vialidad a donde se construirá la línea eléctrica, después de apegarnos a esta cota, las cepas se alinean para evitar que al tensionar el conductor los postes se inclinen, lo mismo se hace con las retenidas, en los anclajes las retenidas se ponen en dirección contraria de la línea eléctrica.

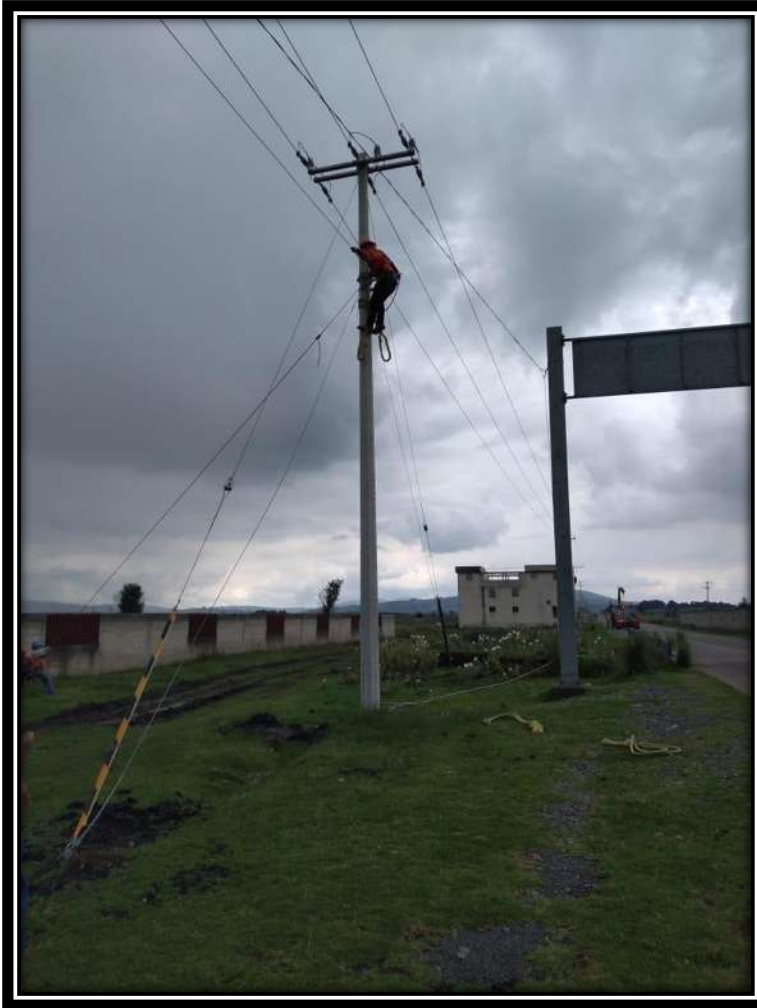


Figura 7: Poste de concreto PCRI3 vestido con estructura AD3N y con 2 retenidas RDA.

En la imagen de la Figura 7 se observa un poste vestido con estructura AD3N, es una estructura de anclaje doble trifásico con neutro y se puede apreciar que tiene 2 retenidas tipo RDA, Retenida Doble con Ancla, que soporta las tensiones mecánicas tanto de la línea de media tensión en la parte de arriba como la tensión mecánica del hilo neutro.

Normalmente este tipo de estructuras se colocan a cada 250m a 350m, dependiendo del calibre del conductor y de la vialidad donde se esté construyendo la línea, si es recta, se ponen a lo máximo que se pueda, y si es curva se ponen hasta de 40 m ó 50 m.

Los anclajes también sirven para el proceso constructivo del cableado permitiendo avanzar con tramos pequeños

de 250m a 350m, ya que las líneas por lo regular miden varios kilómetros de distancia y el conductor es muy pesado en tramos largos.

La alineación de las cepas tanto de postes como de retenidas es muy importante porque a la hora de tensionar el conductor si los postes quedaron desalineados se van a ladear y se someterá al pote a un esfuerzo para el cual no fue diseñado.

3.3 Excavación de cepas para postes y retenidas e instalación de postes y anclas cónicas.

Después de que se trazan las cepas para postes y retenidas se procede a realizar la excavación de las cepas para posteriormente hincar el poste e instalar las anclas que soportarán las retenidas de los diferentes tipos.



Figura 8: Torre Doble TD, vestida con 2 estructuras RD3N, Remate doble con 3 fases y neutro.

Hay varios tamaños y materiales de postes, dependiendo de las necesidades de cada obra se opta por el que mejor convenga, hay postes de madera de 21m, madera de 15m, postes de concreto de 15m, 14m, 13m, 12m, 11m, 9m, 7m, metálicos o tubulares de 15m, 14m, 13m, 12, también hay estructuras que cumplen la función de un poste como lo son las torres dobles TD y las torres sencillas, TS.

La torre de la Figura 8 es de 12m, su instalación requiere de una cepa de 1.2mX1.2m por 1.70m de profundidad y se debe rellenar con concreto y piedra bola.

El empotramiento o hincado de los postes en las cepas se hace de acuerdo al tamaño de los postes y la norma de CFE menciona las siguientes profundidades:

Tabla 1: Profundidad de la cepa para el empotramiento de postes de diferentes medidas según la norma de CFE.

| EMPOTRAMIENTO POR TIPO DE SUELO (cm) | | | |
|---|---|--------------|------------------------|
| Altura (m) y resistencia (kg) del poste | Blando | Normal | Duro |
| | Arena, arcilla suelta y arcilla con arena | Tierra común | Tepetate, grava y roca |
| 7 – 600 | 140 | 120 | 100 |
| 9 – 450 | 160 | 140 | 120 |
| 12 – 750 | 190 | 170 | 150 |
| 13 – 600 | 200 | 180 | 160 |
| 14 – 700 | 210 | 190 | 170 |
| 15 – 800 | 220 | 200 | 180 |

Como se puede ver en la Tabla 1, aparte de la altura del poste a instalar se considera la dureza del terreno dándole una

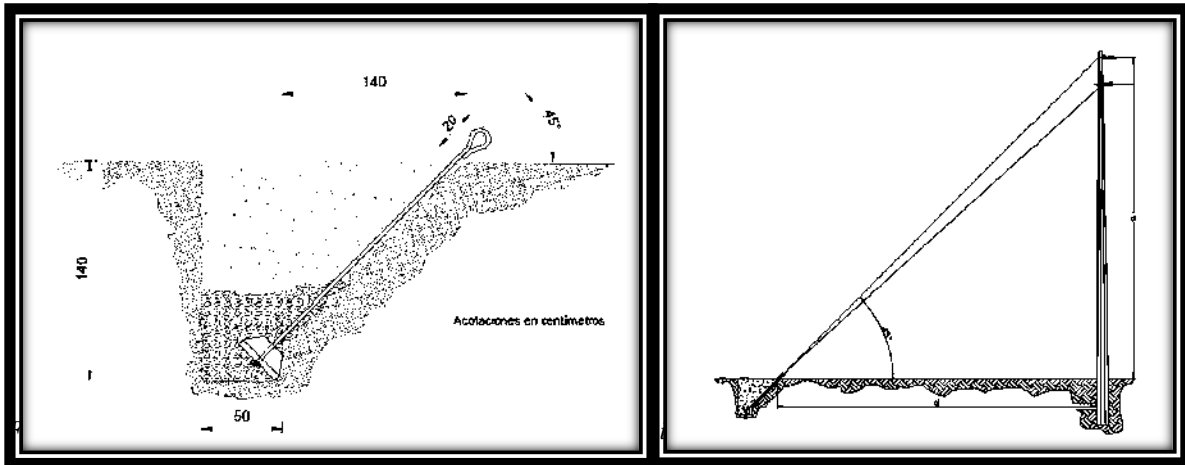
tolerancia de 10 cm más si es terreno suave ó 10 cm menos si está duro.

Los postes más altos se usan en lugares donde se requiere la construcción de más de 1 circuito de media tensión, así como en los cambios de direcciones que se requieren más de una estructura del mismo circuito, para estos casos se usan los postes de 15m, 14m, y 13m, los medianos que son los de 13m, 12m, y 11m, se utilizan cuando se tiene un solo circuito y preferentemente que sea una estructura por poste, y los postes más chicos como los de 9m se utilizan para instalación de red secundaria de baja tensión o como estacas para un tipo de retenida que se conoce como REA (Retenida de Estaca a Ancla), Figura 9, la REA se utiliza cuando se requiere compensar la tensión mecánica en una línea que se encuentra perpendicular a una vialidad y se requiere que el acero quede alto para que no afecte el tránsito vehicular y los camiones.



Figura 9: Poste de 12 m vestido con estructura RD3N con retenida tipo Estaca a Ancla (REA)

Las anclas juegan un papel muy importante en la construcción de una línea eléctrica aérea, éstas soportan la tensión mecánica del peso del conductor, el ancla cónica es un armado con concreto que se sujeta a un perno de 16mm X 1.80m, el cual se entierra 1.60 m y queda 20 cm fuera para conectarse al acero que forma el resto de la retenida, este perno con el ancla deben ir enterrados en diagonal a 45 grados y la cepa deberá aterrarse con tierra y piedra para que la ancla no se salga, si la ancla está en banqueteta, se deberá romper la banqueteta y posteriormente resanar, Figura 10.



Las cepas para anclas o para postes se pueden hacer con herramienta de excavación, barra y cucharón siempre y cuando estas herramientas alcancen las profundidades deseadas, también se pueden hacer con broca barrenadora la cual se adapta a un camión o a cualquier vehículo que tenga bomba hidráulica, Figura 11 y 12.



Figura 11: Armado de ancla cónica con perno ancla para instalación de retenida.



Figura 12: Excavación de cepa con broca barrenadora hidráulica adaptada a retro-excavadora

La excavación de las cepas en zonas rurales por lo regular es recomendable con broca barrenadora hidráulica ya que no hay instalaciones subterráneas que se puedan dañar, en zonas urbanas es recomendable que se hagan con barra y cucharón para no romper instalaciones subterráneas, Figura 13.



Figura 13: Excavación de cepa con herramienta manual, barra y cucharón

3.4 Hincado o empotramiento de postes.

Una vez que localizaron las cepas de la línea tanto para postes como para retenidas y se hizo la excavación por alguno de los métodos mencionados se procede a hincar o empotrar los postes en estas cepas correspondientes, los postes deberán ir alineados de anclaje a anclaje, en cada una de las retenidas deberá quedar alineada con el lado contrario de la línea.

La maniobra de empotramiento de postes se hace con una plataforma con grúa articulada, se cargan en la plataforma y se llevan hasta el lugar donde se instalarán, una vez ahí se estovan y se empotran en la cepa correspondiente, Figura 14.



Figura 14: Hincado o empotramiento de poste con equipo hidráulico.

Una vez que el poste está dentro de la cepa se gira hasta que una de sus caras (la que tiene los datos del poste, serie, medida etc.) quede hacia la calle, si el poste está en la esquina entre dos calles la cara se deja hacia la calle que tiene preferencia, una vez que el poste está de cara hacia la calle, se plomea 2 veces en 2 direcciones que entre ellas hagan un ángulo de 90 grados, después se rellena con piedra y tierra, se compacta con un pisón cada 40 cm de tierra y piedra, hasta que quede completamente tapada se le deja un poco más de tierra encima ya que se espera que después de unos días baje un poco, Figura 15.



Figura 15: Plomeado de poste de concreto PCR13.

Es importante que el poste quede bien empotrado si no con el tiempo se ira ladeando y provocará que la línea también se pueda ladear, para que la línea quede bien depende de una buena alineación desde el trazo y el correcto empotramiento, si dos postes no están alineados, el peso del conductor provocará que ambos postes queden ladeados.

En el caso particular de las torres antes mencionadas, estas están diseñadas para no requerir retenidas, por lo que se pueden usar en lugares donde no sea posible instalar retenidas, que no haya espacio o que no lo permitan los usuarios.

En zonas urbanas donde hay banqueta de concreto, después de trazo y localización se rompe la banqueta, así como una vez hincado el poste se resana la banqueta con el mismo material, por lo regular es concreto con resistencia $F'_{C}=150$.

3.5 Instalación de estructuras en media y baja tensión.

Las Estructuras de media y baja tensión cumplen la función de sostener y mantener separados los cables en las líneas de media y baja tensión según sus requerimientos de separación, en este reporte se generalizan las estructuras de media tensión, no se harán comparativas entre los diferentes niveles de tensión que abarca la media tensión.

3.5.1 Instalación de estructuras en media tensión.



Figura 16: Estructura en media tensión TS3N.

1. TS3N: es una estructura que se coloca en un poste donde la línea no hace deflexión y no hay corte de la línea, solo soporta el peso de la línea sobre su aislamiento que se coloca de acuerdo la tensión eléctrica de la línea, se instala esta estructura en lugares donde no hay construcciones cercanas que pudieran llegar a quedar cerca de la línea, Figura 16.

Después de empotrar los postes y anclas para retenidas se procede a instalar estructuras en los postes, los postes pueden llevar estructuras en media tensión y/o en baja tensión, en media tensión la función es sostener o soportar la tensión mecánica del conductor en media tensión, las estructuras en baja tensión tienen como fin soportar el cable neutro o red secundaria o de baja tensión, a continuación se hace el desglose de cada una de las estructuras en media y baja tensión.



Figura 17: Estructura en media tensión TD3N.

2. TD3N: es una estructura que se coloca en un poste donde la línea hace un poco de deflexión y no hay corte de la línea, solo soporta el peso de la línea sobre su aislamiento que se coloca de acuerdo a la tensión eléctrica de la línea, se instala esta estructura en lugares donde no hay construcciones cercanas que pudieran llegar a quedar cerca de la línea, regularmente esta estructura va complementada con una retenida de pared RBA, Figura 17.
3. AD3N: Es una estructura que se coloca en un poste donde se requiere cortar el conductor, ya sea porque ya van varios claros y tendidos y por el proceso constructivo se requiera o porque hay una deflexión en la trayectoria de la línea y mediante retenidas se le da esta deflexión, Figura 18.
4. RD3N: esta estructura se usa al inicio de la línea aérea, del otro lado se coloca la retenida que soporta la tensión mecánica del peso de la línea, regularmente se coloca cuando hay una transición de línea subterránea a línea aérea, también se coloca al final de la línea aérea, Figura 19.
5. VS3N: es una estructura que se coloca en un poste donde la línea no hace deflexión y no hay corte de la línea, solo soporta el peso de la línea sobre su aislamiento que se coloca de acuerdo a la tensión eléctrica de la línea, se instala esta estructura en lugares donde hay construcciones cercanas que pudieran llegar a quedar cerca de la línea, edificios cercanos etc., Figura 20.
6. VD3N: Es una estructura de paso que se coloca donde hay una pequeña deflexión, y que además se requiere retirar la línea del poste porque hay casas o construcción cercana a la banqueta, normalmente estas estructuras se complementan con una retenida de pared RBA para contrarrestar la tensión mecánica de la deflexión de la línea, Figura 21.
7. VA3N: Esta estructura cumple la misma función que la estructura AD3N pero en zonas urbanas donde hay construcción a niveles de la línea y se requiere alejar la línea de las construcciones, estas estructuras llevan otro tipo de retenida por su naturaleza, se requiere una retenida RVP (Retenida Volada a Poste), RVE (Retenida Volada a Estaca), estos tipos de retenidas requieren colocarse a un poste antes de llegar a la ancla en el piso, Figura 22.
8. VR3N: Esta estructura cumple la misma función que la estructura RD3N, pero en zonas urbanas donde hay construcción a niveles de la línea y se requiere alejar la línea de las construcciones, también requiere el tipo de retenida RVP (Retenida Volada a Poste), RVE (Retenida Volada a Estaca), estos tipos de retenidas requieren colocarse a un poste antes de llegar al ancla en el piso, Figura 23.



Figura 18: Estructura en media tensión AD3N.



Figura 19: Estructura en media tensión RD3N.



Figura 20: Estructura en media tensión VS3N.

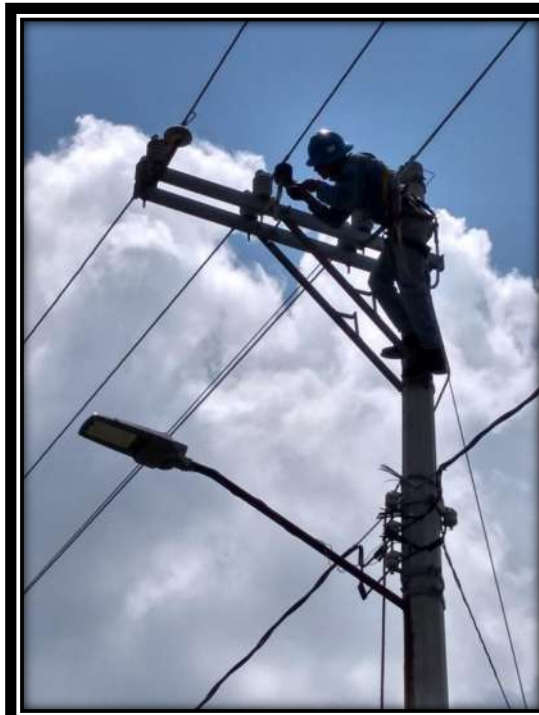


Figura 21: Estructura en media tensión VD3N.



Figura 22: Estructura en media tensión VA3N.



Figura 23: Estructura en media tensión VR3N.

Las estructuras en media tensión pueden ser de 1 fase, 2 fases ó 3 fases según las necesidades de los usuarios en el lugar donde se construya la línea, en el caso que sea de 1 fase en estructura de remate RP1N, si es estructura de remate de 2 fases, RD2N, la letra N al final hace referencia al neutro que lleva la línea, también puede llevar G que hace referencia a la Guarda, es un cable similar al neutro, pero va tendido en la parte de arriba de la línea, Figuras 24 y 25.

La guarda cumple la misma función que el neutro pero además es una protección para **descargas directas** a la línea y se usa en zonas de alta actividad de descargas electrostáticas.



Figura 24: Estructura en media tensión TS3G, con hilo de guarda y apartar rayos tipo ALEA 13.

Figura 25: Estructura en media tensión VD3N con hilo de guarda.

3.5.2 Instalación de estructuras en baja tensión.

Las estructuras de baja tensión sirven para anclar el cable al poste, actualmente el cable utilizado en baja tensión aérea es el conductor múltiple 3+1 ó 2+1, dependiendo si el banco de transformación es monofásico o trifásico, así mismo varían las estructuras; R4 si el cable es 3+1 ó R3 si es 2+1, la letra R indica que la estructura es de remate, Figura 27, las estructuras de paso son P3 y P4, Figura 26.

Cuando no hay baja tensión en determinado tramo de la línea se coloca neutro corrido o línea de guarda, para esto se usan las estructuras P1 y R1 dependiendo si la estructura en media

tensión es de paso (TS3N, TD3N, VS3N, VD3N) y o de anclaje o remate (RD3N, AD3N, VR3N, VA3N).



Figura 26: Estructura en baja tensión P4.



Figura 27: Estructura en baja tensión R3 Y R1.

3.6 Tendido y tensionado de conductor eléctrico.

El tendido y tensionado de conductor eléctrico es la parte final para la construcción de una línea aérea de distribución y es un procedimiento que se debe realizar con mucho cuidado por dos razones, la primera porque el conductor eléctrico es muy delicado y cualquier golpe o raspón lo puede dañar, y la segunda porque es un procedimiento de mucho cuidado, el conductor tendido por encima de las estructuras sobre los postes representa un peligro para los linieros que están tensionando dicho conductor, cualquier falla en la herramienta que sujeta al conductor (Tensor) o en la herramienta que jala el conductor hasta llegar a la tensión mecánica deseada (Polipasto de Palanca), representa un riesgo de que la línea se suelte y golpee a algún ayudante de piso, o la inercia del poste al soltar la línea hace que el poste se vaya hacia atrás al soltar la línea y si el liniero no está bien sujeto puede caer.

Por estas razones en este procedimiento en específico se debe tener mucho cuidado.

Las líneas pueden llevar diferente tipo de conductor dependiendo los requerimientos del proyecto en específico, en calibres de conductores, materiales de fabricación o tipo de aislamiento.

Clasificación de conductores más usados en mis proyectos.

- ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced, conductor de aluminio con refuerzo de acero), calibres más usados en mis proyectos, 1/0, 3/0, 266, 336 y 477.

Este conductor por ser reforzado con alma de acero, se usa en zonas rurales donde se requiere hacer claros interpostales largos ya que por su alma de acero no permite que la tensión mecánica lo rompa, en este tipo de conductores también se tiene semi-aislado es una cubierta de aislamiento, esta variante del conductor es usada en lugares donde hay mucho árbol,

- AAC (All Aluminium Conductor o conductor de aluminio), calibres más usados en mis proyectos, 266 y 336.

Este conductor se usa más en áreas rurales donde los claros interpostales no son tan largos, también se usa una variante de este mismo conductor, el SA-AAC que hace referencia a que el conductor es semi-aislado, es una cubierta de aislamiento que si bien no lo aísla al 100% protege del alcance de los árboles o edificios cercanos a la línea.

El tendido y tensionado de conductor se hace por tramos de diferentes distancias según el calibre y tipo de conductor, los conductores ligeros como los 1/0, 3/0 en ACSR y 266 en AAC se pueden tender varios claros hasta 6 claros de 60, y los conductores más pesados como ACSR 477, 336, SA-ACSR 477, 336, no se permite tender tramos de más de 4 claros de 45 m, además de que por el proceso constructivo se complica más tender grandes tramos de conductor pesado.

El tendido y tensionado de conductor se hace entre dos estructuras de anclaje o remate, ya sean; AD3N, RD3N, VR3N, VA3N, si las estructuras son de anclaje, por ejemplo VA3N o AD3N se hacen puentes para conectar ambos tramos de conductor tendido, se conectan entre sí con conectores ponchables cilíndricos.

En las estructuras de paso se amarran los cables al aislador, dependiendo del tipo de cable, se amarra de forma diferente:

- El conductor desnudo ACSR o AAC se amarra mediante una guarda línea y un tramo de alambre de aluminio suave, la función del guarda línea es proteger al cable del roce de este con el aislador debido al movimiento del cable con el aire o sismos y el amarre de aluminio suave lo sujeta al aislador, Figura 28.
- El conductor semi-aislado SA-ACSR o SA-AAC se amarra mediante amarres preformados de plástico y no requieren guarda línea ya que la cubierta aislante cumple

la función de proteger contra la fricción entre el aislador y el cable cuando hay movimiento en la línea, Figura 29.



Figura 28: Tendido y tensionado de conductor desnudo ACSR 1/0.



Figura 29: Tendido y tensionado de conductor SA-ACSR 336.

3.7 Instalación de transformadores y equipos de protección y seccionamiento en poste.

A lo largo de las líneas de distribución se instalan transformadores para alimentar usuarios domésticos, comerciales e industriales así como también hay algunas que solo son para alimentar un gran usuario al final de la línea, cual sea el caso, se hace necesaria la instalación de equipos de seccionamiento y protección para aumentar la confiabilidad de la línea, para que una línea tenga buena confiabilidad debe tener neutro o hilo de guarda aterrizada en cada anclaje, esto es cada 250 a 400 m de distancia, así como colocar apartarrayos también cada 350 m, donde haya apartarrayos también se debe instalar sistema de tierra en poste, los sistemas de tierra en poste constan de una varilla de acero recubierta de cobre enterrada 3 m y soldada a un alambre de cobre que baja desde los apartarrayos hasta conectarse con la varilla de tierra mediante una soldadura exotérmica o soldadura de estaño.

3.7.1. Instalación de transformadores.



Figura 30: Instalación de transformador monofásico YT 10 KVA 13.2kv a 220/110.

Los transformadores juegan un papel muy importante en las líneas de distribución eléctrica, transforman la energía eléctrica al voltaje que puedan usar los usuarios finales, ya sean domésticos, comerciales o industriales, los transformadores pueden ser monofásicos YT o trifásicos Delta-Estrella los más comunes que hemos instalado, los monofásicos pueden ser tipo unicornio o con dos boquillas en el lado de media tensión, pueden ser auto protegidos o convencionales, los auto protegidos no requieren Corta Circuitos Fusibles (CCF), y los convencionales sí, las potencias en los transformadores monofásicos que hemos instalado van desde los 10 VKA hasta los 30 KVA, Figura 30, los trifásicos tipo poste que nos ha tocado

instalar va desde los 15

KVA hasta los 112.5 KVA, Figura 31.

En la instalación de cualquier tipo de transformador se instalan un cortacircuito y un aparta rayo por cada fase en el lado de media tensión del transformador, excepto los transformadores autoprotegidos, también se instalará un sistema de tierras como el que se describió anteriormente, solo que en donde se instalan transformadores se deberá medir la resistencia del terreno aceptando una resistencia máxima de 10 ohms en tiempo de estiaje y una máxima de 5 ohms en tiempo de lluvias.



Figura 31: Instalación de transformador trifásico Delta-Estrella 23 KV a 220/127V.

Si al instalar el sistema de tierras no se tienen estos parámetros, se tendrá que mejorar la tierra, excavando un cilindro alrededor de la varilla, retirando la tierra y poniendo tierra

revuelta con algún mejorador de tierras, o bien, colocar un sistema de tierras de varias varillas interconectadas hasta que de la resistencia máxima aceptada.

3.7.2. Instalación de Equipos de Protección y Seccionamiento.

Los equipos de seccionamiento se instalan en las líneas de distribución para propiciar las condiciones de respaldar carga ante una falla en una parte de la línea, también para seccionar una parte de la línea en la que se hará mantenimiento, preventivo, predictivo y correctivo, los equipos de seccionamiento más comunes son:

- Cuchillas de Operación en Grupo (COG): este equipo se opera de forma manual y abre las tres fases en un solo movimiento, algunas COG tienen cámara de extinción de arco por lo cual se pueden operar con carga.
- Cuchillas de navaja o monopolares de operación con pértiga (COP): este equipo de seccionamiento se opera fase por fase y no se debe operar con carga.
- Corta circuitos Fusibles (CCF): este equipo además de ser de seccionamiento cumple la función de protección a un ramal de la línea, se pueden encontrar CCF solos o grupos de 3 por fase llamados de triple disparo para ramales con mucha carga.
- Interruptores telecontrolados: Este equipo de seccionamiento se puede operar de forma manual o desde el centro de control, posee una cámara de extinción de arco por lo que puede operarse con carga.

Los equipos de protección reaccionan ante fallas transitorias y permanentes, ante cualquiera de los casos los TC de corriente detectan un aumento brusco en la corriente y mandan la señal de apertura del restaurador, el 90% de las fallas que detectan estos equipos son transitorias por lo cual, casi siempre se restablece en segundos.

- Restauradores, Figura 33.
- Cuchillas de Operación en Grupo COG, Figura 32.
- Corta Circuitos Fusibles de Triple disparo, Figura 34.



Figura 32: Instalación de Cuchillas de Operación en Grupo (COG)



Figura 33: Operación de Interruptor Telecontrolado.



Figura 34: Instalación de Cuchillas de Triple disparo.

3.8. Instalación de Sistemas de Tierra en Transformadores y Equipos.

El sistema de tierra forma parte fundamental de cualquier sistema eléctrico, así también en las líneas de distribución eléctrica, permiten mantener voltajes muy cercanos entre fases a pesar del desbalance que se tenga a lo largo del día, también permiten una sólida referencia para sistemas de distribución en configuración de tipo, 1F 2H, usados comúnmente en electrificación.

Además de ser indispensable para el correcto funcionamiento el neutro en configuración de guarda, también sirve para proteger la línea de descargas eléctricas directas, para que esto sea eficiente, el hilo de guarda debe estar bien aterrizado a lo largo de la línea.

Los apartarrayos también juegan un papel importante para la protección de la línea ante descargas indirectas, los cuales aterrizan los picos de voltajes provocados por descargas eléctricas en alguna parte de la línea, para que los apartarrayos sean efectivos deben estar bien conectados al sistema de tierras de la línea, Figuras 35 y 36.



Figura 35: Apartarrayos ADOM-21 en primer nivel y ALEA23 en segundo nivel.



Figura 36: Medición de sistema de tierras en transformador tipo poste.

Capítulo 5 Conclusiones.

Los conocimientos académicos que adquirí durante mi estancia en la Facultad de Ingeniería Eléctrica me han servido a lo largo de mi desempeño en la Constructora COPEM, a la hora de tomar decisiones cuando el cliente nos pide la opinión sobre la instalación de tipos de conductores, equipos de seccionamiento, protección y bancos de transformación, dando una opinión basada en un conocimiento sólido que gracias mis maestros y programa académico tengo, también mi experiencia profesional en esta constructora me ha permitido forjar un mejor criterio y conocer la parte técnica en el área de construcción complementando mis conocimientos académicos.

A lo largo de mi experiencia profesional he adquirido los conocimientos tanto técnicos como de criterio para supervisar la construcción de líneas eléctricas aéreas en media y baja tensión apegados a la norma vigente de CFE, cabe mencionar que dependiendo de la zona de distribución de CFE varían algunos detalles en cuanto a la construcción de líneas, por lo regular, varían los materiales usados para construir ciertas estructuras en media y baja tensión, por ejemplo, en la zona del Valle de México, CDMX, EDOMEX, se construye con crucetas PT200, PV200 y PR200 en media tensión, las estructuras de baja tensión se instalan con Abrazaderas 1BS y 2BS para sujetar los bastidores, en cambio en la Centro Oriente, en Pachuca Hidalgo y Puebla se usan las crucetas de canal, C4T, C4V y C4R en media tensión y los bastidores en baja tensión se sujetan con fleje de acero inoxidable y hebilla para fleje.

En ambas zonas se usan las mismas estructuras pero con materiales diferentes, todos están en la norma de modo que fui aprendiendo las formas de construir en cada lugar, desde que se hace la licitación, en las especificaciones técnicas lo menciona el departamento de planeación que es quien elabora los paquetes de obra.

El trabajo que he realizado en estos más de 4 años de trabajo me ha gustado mucho y pienso seguir trabajando y adquiriendo más conocimientos en las diversas áreas de la Ingeniería Eléctrica para complementarme y ser un profesionalista más completo y más competente para satisfacer los requerimientos de la empresa donde trabajo actualmente y de próximas empresas que contraten mis servicios.