

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ  
CHIAPAS**

**ING. ELECTRICA**

**REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN  
(M.T.) Y BAJA TENSIÓN (M.T.) DEL ÁREA DE SEGURIDAD  
FÍSICA EN LA C.H. BELISARIO DOMÍNGUEZ (ANGOSTURA)**

**ASESOR INTERNO**

**ING. LUIS ALBERTO PEREZ LOZANO**

**ASESOR EXTERNO**

**ING. TIORFE MORENO LOPEZ**

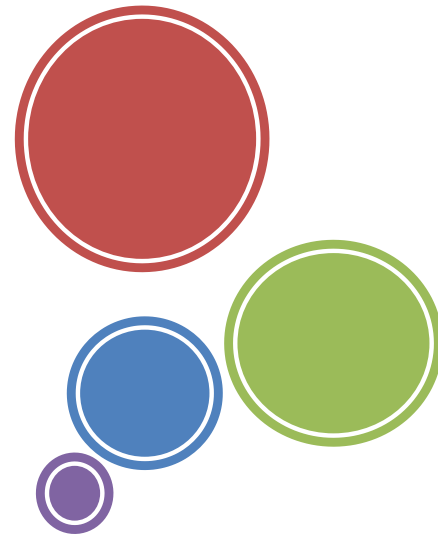
**ALUMNO**

**VELASCO CORZO BRANDO ALITH**

**10° SEMESTRE**

**TUXTLA GURIERREZ CHIAPAS**

**Agosto – Diciembre 2016**



## TERMINOLOGIA

**Acometida:** Tramo de línea que conecta la instalación del usuario a la línea suministradora.

**Aislar:** Interponer un elemento no conductor para evitar el flujo de la corriente eléctrica de un punto a otro.

**Alinear:** Instalar postes o estacas en una trayectoria recta.

**Amarre:** Alambre blando para sujetar los conductores a los aisladores de paso.

**Amortiguar:** Acción de atenuar en los conductores aéreos la amplitud de una onda causada por viento, golpe o vibración.

**Área rural:** Son las localidades o áreas con menos de 5 000 habitantes.

**Área urbana:** Son las localidades o áreas con 5 000 habitantes o más; o bien, las cabeceras municipales independientemente del número de habitantes.

**Área de baja tensión:** Conjunto de transformador, línea de baja tensión y acometidas.

**A tierra:** Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

**Accesible:** Que admite acercarse; no está protegido por puertas con cerradura, ni por elevación, ni por otro medio eficaz.

**Apisonar:** Compactación del terreno para fijar un poste o ancla.

**Balancear carga:** Distribuir equitativamente la carga entre las fases.

**Bisectriz:** Línea imaginaria que divide un ángulo en dos partes iguales.

**Boquilla:** Aislamiento rígido que sirve para conectar los conductores de entrada o salida al equipo eléctrico.

**Brecha:** Franja de terreno libre de vegetación mínima necesaria para el trayecto de una línea. En vías de comunicación se debe entender como un acceso.

**Cimentar:** Agregar a una cepa materiales diferentes al extraído para mejorar la rigidez del terreno.

**Coca:** Vuelta de un cable o hilo enredado.

**Conectador:** Dispositivo para unir electromecánicamente dos conductores.

**Deflexión:** Cambio de dirección horizontal o vertical de una línea. El ángulo de deflexión es el que forma el eje de la nueva dirección con el eje de la anterior.

**Densidad de rayos a tierra:** Número de descargas atmosféricas en un km<sup>2</sup> que inciden en una región en un período de un año.

**Derecho de vía:** Es una franja de terreno que se ubica a lo largo de la línea aérea cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea. Su dimensión transversal varía de acuerdo con el tipo de estructuras, con la magnitud y desplazamiento lateral de la flecha, y con la tensión eléctrica de operación.

**Desenergizar:** Interrumpir la tensión eléctrica a una línea o equipo.

**Distribución:** Parte del sistema eléctrico en alta, media y baja tensión, que tiene como objetivo el suministro de la energía eléctrica a los consumidores finales.

**Empalme:** Conexión eléctrica y mecánica entre 2 conductores.

**Empotrar:** Fijar un poste en el terreno.

**Entorche:** Unión de dos cables o alambres trenzados entre sí.

**Estacar:** Señalar el punto donde se debe localizar una estructura.

**Espaciamiento:** Distancia de centro a centro.

**Estructura de transición:** Aquellos tramos de cable que estando conectados o formando parte de un sistema de líneas subterráneas, quedan arriba del nivel del suelo y están provistos de terminales, generalmente interconectadas a instalaciones aéreas, y que se soportan en estructuras.

**Edificio:** Construcción fija, hecha con materiales resistentes, para habitación humana o para otros usos.

**Encerrado:** Rodeado por una carcasa, envolvente, cerca o paredes para evitar que las personas entren accidentalmente en contacto con partes energizadas.

## CONTENIDO

TERMINOLOGIA.....	2
1. INTRODUCCION .....	5
1.1. Antecedentes .....	5
1.2. Estado del Arte .....	7
1.3. Objetivo.....	8
1.4. Justificación.....	8
1.5. Metodología .....	9
2. FUNDAMENTO TEORICO.....	26
2.1. Normalización .....	26
2.1.1 Normalización en México .....	26
2.1.2 Normas Nacionales.....	27
2.2. Red de Distribución de la Energía Eléctrica.....	27
2.2.1. Alta Tensión .....	32
2.2.2. Media Tensión.....	33
2.2.3. Baja Tensión.....	33
2.3. Conductores.....	34
2.3.1 Selección De Conductores .....	34
2.3.1. Características Eléctricas.....	36
2.4. Equipo Eléctrico.....	36
2.4.1. Transformador .....	37
2.5. Equipo y sistemas de Protección.....	38
2.6. Estructuras (postes) .....	44
3. DESARROLLO .....	45
3.1. Media Tensión.....	45
3.2. Instalación de Baja Tensión.....	64
3.3. Resultado.....	76
4. CONCLUSION .....	80
5. BILIOGRAFIA .....	81
ANEXO A.....	82
ANEXO B .....	84

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. Antecedentes

Las líneas aéreas de Media Tensión son aquellas que se utilizan en la distribución de la energía eléctrica en las ciudades, zonas rurales y provinciales, siendo en el interior de las ciudades líneas subterráneas. Se define como línea aérea:

*"El elemento de transporte o distribución formado por conductores desnudos apoyados sobre elementos aislantes que, a su vez, son mantenidos a una determinada altura sobre el suelo y en una determinada posición, por medio de apoyos repartidos a lo largo de su recorrido".*

La red de distribución es el medio a través del cual se transmite la energía y la potencia al consumidor final. Se constituye de líneas eléctricas (aéreas o subterráneas) y de todos los dispositivos necesarios: líneas de distribución primarias y secundarias, transformadores, etc.

Toda red de distribución eléctrica debe tener como objetivo final asegurar la calidad y continuidad de servicio a sus usuarios, evitando cortes de energía y solucionando con la mayor brevedad posible estos cortes en caso de que se produzcan. Podemos hablar de algunos tipos de distribución eléctrica los cuales depende de los niveles de tensión que se están distribuyendo: BT (hasta 1kV), MT (en distribución primaria hasta 34.5kV) y AT.

Las líneas de distribución en media tensión (13.2 KV), son sin duda un paso intermedio para llevar la energía eléctrica generada en las plantas eléctricas a su destino final que es el usuario, esto mediante una serie de paso que incluye la transformación de la energía por medio de transformadores de distribución, que permiten reducir el voltaje al nivel adecuado para cada usuario, ya sea en baja o media tensión tal como se muestra en la figura 1.1.



Figura 1.1.- línea de distribución en MT (13.2kV) convencional con conductor desnudo.

Un sistema de distribución suministra potencia que describe en los puntos de recepción, lo cual es entregada a miles o millones de usuarios, distribuidos en una área geográfica determinada. Los sistemas de distribución reciben potencia en grandes cantidades y la entregan en pequeñas cantidades (0.62kw promedio por usuario).

Cabe mencionar el problema que presenta en diversas ocasiones el traslado de esta energía debido a zonas densamente arboladas o con demasiada obra civil (grandes construcciones o edificios), lo cual representa un gran impacto ambiental al tener que podar los arboles y un peligro constante para los usuarios respectivamente, al tener conductor desnudo electricificado cerca de las ventanas o azoteas de sus viviendas, así como se muestra en las figura 1.2.



*Figura 1.2.- la fotografía de la izquierda muestra una zona arbolada sobre el paso de red eléctrica con conductor desnudo, mientras que en la fotografía de la derecha se observa conductores muy cercanos a las partes altas de las viviendas, lo cual representa un peligro para los usuarios.*

Los sistemas de baja tensión son aquellos en los que se utilizan tensiones alternas de valor eficaz entre 50 V y 1000 V; o también pueden utilizarse tensiones continuas entre 75 V y 1500 V. Éste tipo de sistemas eléctricos son fundamentalmente utilizados para la conversión de la energía eléctrica en otra forma de energía, puesto que un importante número de receptores eléctricos están diseñados para el funcionamiento a baja tensión.

Todas las instalaciones de baja tensión se sustentan con corriente alterna, usualmente a tensiones eficaces de 220 V en las monofásicas y de 380 V en las que son trifásicas. No obstante, se hallan partes de las instalaciones que utilizan corriente continua o corriente



con formas de onda especiales, para fines que son específicos, tal es el caso del control de motores u otros tipos de receptores.

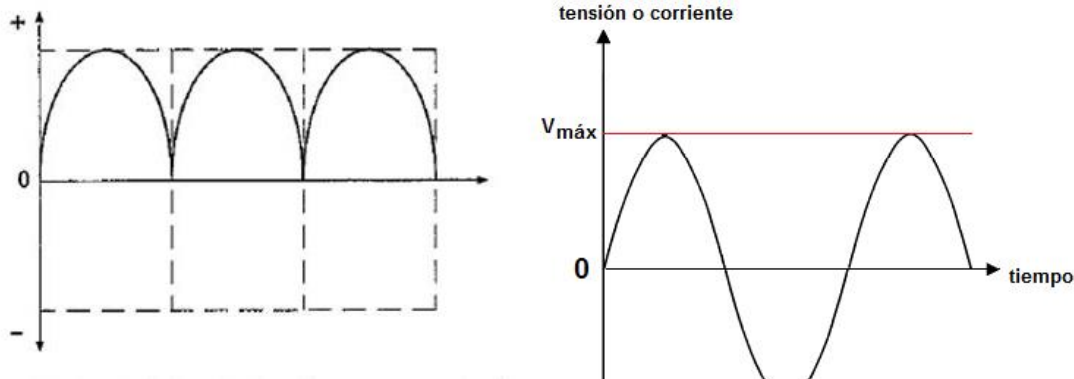


Figura 1.3.- aspecto de corriente continua en el lado izquierdo que presenta a la salida del colector.

Por éste motivo, las instalaciones receptoras de los consumidores de energía eléctrica son de baja tensión. Por lo general, son trifásicas las instalaciones cuya potencia supera los 15 kW o cuando siendo aún menor, existen receptores trifásicos, mientras que las instalaciones domésticas suelen ser monofásicas, siempre que no tengan algún receptor trifásico, como equipos de aire acondicionado de cierta potencia u otro aparato que requiera una potencia mayor, se debe de nos descuidar el mantenimiento eléctrico.

Dentro de los factores que alteran la funcionalidad de una instalación eléctrica, se destacan, las sobretensiones, que comúnmente pueden ser provocados por descargas atmosféricas, y sobre-corrientes que son originados debido a sobre cargas o circuitos cortos, las cuales son originadas por fallas monofásicas principalmente, bifásica a tierra, entre fases, y fallas trifásicas.

## 1.2.Estado del Arte

Unión Fenosa (Distribución) Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Aéreas hasta 20kv, abril 2010, Madrid.

Ramón Martínez Marcilla, Universidad de la Rioja, Instalación en Media y Baja Tensión para un local de pública concurrencia destinado a comisaría de policía, Mayo 2012.

ESET, Universitat Rovira I Virgili; Antonio Ruso, Electrificación en Media y Baja Tensión para Zona Residencial y Comercial en sector A-12 Riera Molinet, Junio 2009.

Instalación Eléctrica de Baja Tensión en edificio destinado a “residencia para la tercera edad” en avenida de la Hispanidad 60, Fuenlabrada, Madrid.

### 1.3.Objetivo

Este trabajo tiene como principal objetivo presentar el desarrollo de la ingeniería eléctrica, detalle que se ha de tomar como base para ejecutar los trabajos relativos a la construcción de una red de distribución en media y baja tensión del tipo aéreo, que tendrá como fin principal energizar al aérea física de seguridad asentado en la C.H. Belisario Domínguez denominado también la angostura.

Donde se utilizaran las formulas básicas de las instalaciones eléctricas, así como las normas mexicanas y los lineamientos que requiere la CFE para aprobar dicho proyecto y para que de esta manera se puesto en operación el sistema.

### 1.4.Justificación

La elaboración de este proyecto sobre la electrificación de un departamento físico de seguridad aplicando las normas por parte de CFE y las exigencias del mundo actual. Además en una aplicación más de las instalaciones en media y baja tensión.

En aspecto de seguridad es un factor de gran importancia que se logra con la implementación de este sistema, donde beneficia tanto a la empresa suministradora como al usuario; a pesar del impacto y económico que tiene este sistema de redes eléctricas de distribución.

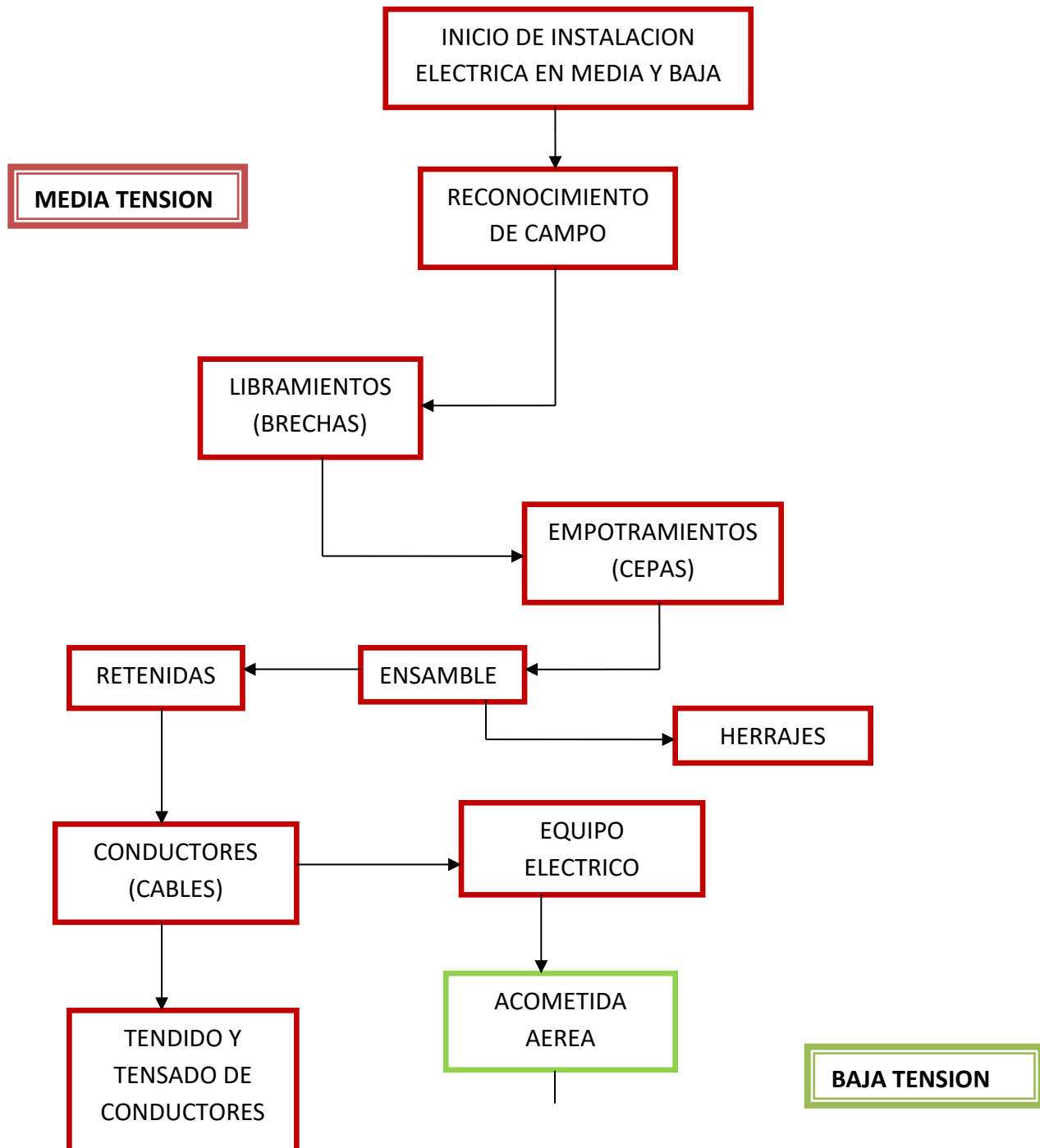
Además de esto; es un tema que nos ayuda para en un momento dado tener las herramientas necesarias para trabajar en el ámbito del diseño y construcciones eléctricas en sistemas aéreos. Ya que cuenta con los cálculos necesarios tanto de media tensión y baja tensión tomando en cuenta las normas de la CFE y la Norma Oficial Mexicana.

En tanto que un aspecto fundamental del proyecto hace referencia a la normatividad necesaria como los requisitos establecidos en el reglamento de la servicio público de energía eléctrica.

Asimismo el cumplimiento obligado de la Norma Oficial Mexicana (NMX) vigente **NOM-001.SEDE.2012, Instalaciones Eléctricas (utilización), Normas Mexicanas (NMX)** y recomendaciones o criterios de asociaciones internacionales como el IEEE e IEC donde se manifiesta los requerimientos técnicos para el buen funcionamiento y descripción de los procedimientos para la realización del proyecto, evitando poner en riesgo al personal que esté operando, de esta manera se avala que los conductores instalados cumplan con los requisitos de operación garantizando su puesta en servicio o continuidad de operación.



## 1.5. Metodología



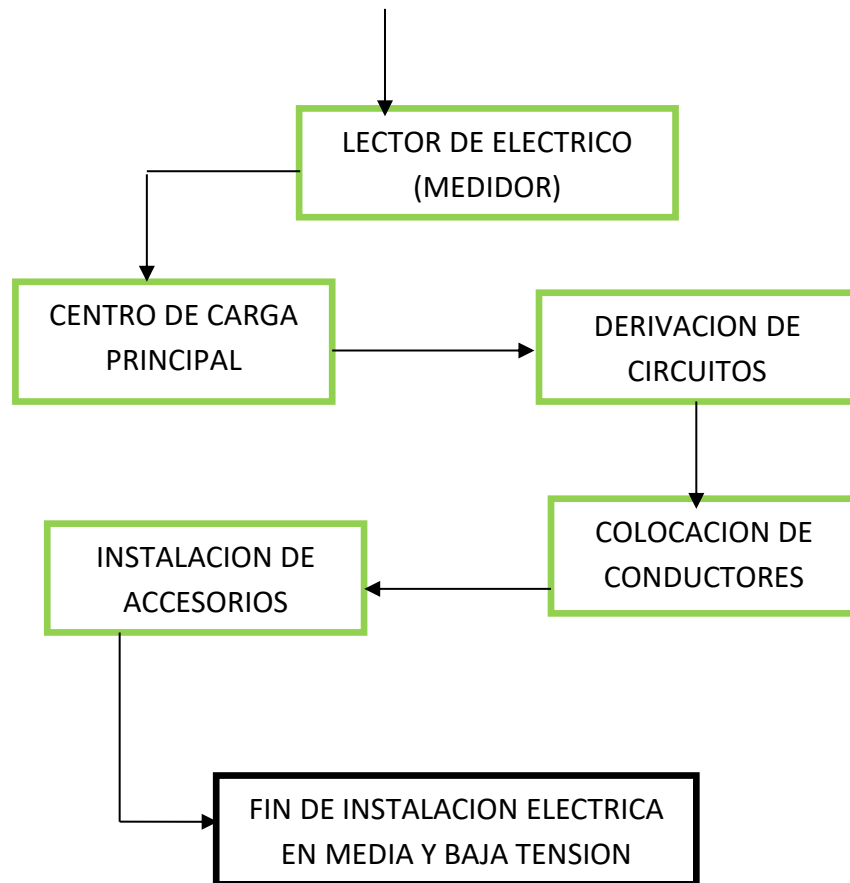


Fig. 1.5.1 Diagrama a bloques hardware. Instalación de Media y Baja Tensión.

- **Reconocimiento De Campo**

El proyecto para la construcción de las instalaciones debe considerar: la menor longitud, menor número de estructuras, operación simple, y segura, costo mínimo de mantenimiento, para asegurar el cumplimiento de los compromisos de suministros ofertados a los clientes. Ya que el primer factor para construir es el conocimiento detallado del entorno, lo cual se requiere analizar las condiciones del terreno y definir la alternativa técnico-económica más conveniente.

- **Libramientos (Brechas)**

Normalmente el trazo de las líneas de media tensión en el medio rural no requiere de un levantamiento topográfico con curvas de perfil, por construirse generalmente con referencias de carretera o caminos y teniendo en cuenta siempre la ubicación de los servicios a alimentar. Por lo tanto solo se requiere contar con:

- un plano
- una cinta de medir de 50m
- tres balizas

-GPS

-estacas de madera

Cuando se tenga que talar árboles para abrir brecha se requiere de la autorización de SEMARNAT y PROFEPA. Preferentemente para la apertura de la brecha, se debe considerar el árbol maduro. Se debe eliminar todo los árboles secos o en terrenos flojos, para evitar que al caer pudiera pegar en la línea. Antes de podar o cortar árboles se debe pedir la autorización del propietario del árbol. Además es necesario conseguir los permisos de poda exigidos por las autoridades competentes.

- **Empotramientos (Cepas)**

En los empotramientos incluye las cepas y cimentaciones que en función de la naturaleza del terreno y características del material a empotrar, difieren en las distintas regiones de la república mexicana dada su gran variedad de tipos de terreno. Una vez que se cuente con el trazo de la línea, la excavación de las cepas es la primera acción propia del constructor.

Se debe tomar en cuenta que la cepa debe estar al centro de la línea de trazo para que los postes queden alineados, ya que el poste debe quedar al centro de la cepa. Para compactar, hay que utilizar en material extraído de la cepa, acepto que se indique que se debe substituirse o adicionar otros materiales.

- **Ensamble**

Esta parte se hace mención del montaje, detalles de todos los componentes de la estructura, separando en subcomponentes de herrajes, retenida, conductores y equipo.

-HERRAJES en esta parte hace mención de los herrajes utilizado en la construcción de las líneas aéreas con postes de concreto, indicando la instalación.

- **Retenidas**

Se muestra el ensamble de retenidas con sujeción a postes de concreto indicándose el montaje. La retenida es el elemento que compensa la tensión mecánica de los conductores. El cable que se utiliza en las retenidas es de aceros galvanizado o acero con recubrimiento de cobre soldado. Las retenidas son aceradas y rígidas por lo cual las puntas deben manejarse con mucho cuidado para evitar accidentes.

- **Conductores (Cables)**

Se presenta el ensamble de conexión o fijación de conductores, donde la conexiones eléctricas deben superar o cuando menos igualar las características eléctricas del conductor. La sujeción de los conductores con amarres en los aisladores de paso, deben soportar las condiciones críticas para la presión de viento. Los remates deben resistir las

condiciones de ruptura de un conductor, el conductor del neutro se debe considerar como fase para defectos de seguridad.

**Tendido y Tensado De Conductores.**\_ en esta parte del tendido y tensado de conductores se norma el manejo de los conductores y su manejo más cuidadoso que los conductores de cobre. Los conductores están sujetos definitivos cuando se les aplica tensión mecánica permanente. Las técnicas de tendido están en función del tipo de material (aluminio o cobre), calibre del conductor, de la longitud a tender y del lugar de instalación (urbana o rural).

- **Equipo**

En esta sección se presenta los ensambles normalizados para fijar el equipo eléctrico en postes de concreto. Se hace mención del equipo y elementos que se emplean para su fijación. En los transformadores cuentan con soportes para sujetarse al poste con abrazaderas o tornillos.

- **Acometida Aérea**

la parte de la instalación eléctrica que se construye desde las redes de distribución, hasta las instalaciones del usuario, y estará conformada por los siguientes componentes: punto de alimentación, conductores, ductos, tablero general de acometidas, interruptor general, armario de medidores o caja para equipo de medición.

- **Lector de Energía (Medidor)**

Es un dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico, siendo éste su objetivo específico. Normalmente están calibrados en unidades de facturación, siendo la más común el kilovatio-hora [kWh]. Se trata de aparatos que permiten medida de energía utilizadas por los aparatos individuales. Hay una variedad de modelos disponibles en el mercado hoy en día, pero todos ellos funcionan mediante el mismo principio básico.

El medidor está enchufado a una toma de corriente y el aparato a medir se conecta en el medidor. Estos dispositivos pueden ayudar a ahorrar energía al ayudar a conocer qué aparatos consumen más energía, o incluso si un aparato presenta un problema y está consumiendo más energía de la que debería.

- **centro de carga principal**

Un centro de carga es un tablero metálico que contiene una cantidad determinada de interruptores termo-magnéticos, generalmente empleados para la protección y desconexión de pequeñas cargas eléctricas. La función principal de un centro de carga

(es decir, caja de interruptores, caja de fusibles) es tomar la electricidad suministrada por la red pública y distribuirla por toda la casa para alimentar las luces y las tomas.

- **Derivación de circuitos**

Los circuitos derivados son aquellos que se derivan o parten de las barras colectoras de un centro de cargas o de un tablero de alumbrado y control, nunca deben partir de un autotransformador, a no ser que el circuito tenga un conductor que esté conectado eléctricamente a un conductor puesto a tierra de la instalación de suministro del autotransformador.

Los conductores de un circuito derivado deben contar con un medio de protección contra sobre corriente y contra corto circuito, conectado en serie en el punto donde se origina y se deben identificar por color en su aislamiento de la manera siguiente: Conductor de puesta a tierra, conductor de fase.

Son los encargados de dirigir la corriente a todos los componentes de la instalación eléctrica. Sin ellos, la instalación como tal, no podría existir. Los hilos y los cables se diferencian por su construcción. Un hilo consiste en un solo alambre que suele ser de cobre o, a veces, de aluminio.

- **Colocación De Conductores**

Un cable está constituido por varios hilos. La ventaja del segundo sobre el primero es que es capaz de conducir más cantidad de corriente para la misma sección; su desventaja es que es más caro (la corriente no emplea toda la sección del mismo modo: emplea principalmente la superficie del conductor, de modo que el cable, para la misma sección, tiene más superficie). Para empotrar, se emplean normalmente solo hilos, salvo en algunos usos de pequeñas corrientes.

- **Instalación De Accesorios**

Suele llamar accesorio a aquellos elementos que pueden hacer parte de un sistema o de una máquina pero se pueden complementar en un sistema pre terminado, (tienen que ser compatibles) y son necesarios para realizar funciones ejecutadas por medio de la conexión de un sistema y el accesorio, aquellos accesorios tienen que llevar una conexión electrónica para que todos cumplan una función vital dentro de un sistema mutuamente.

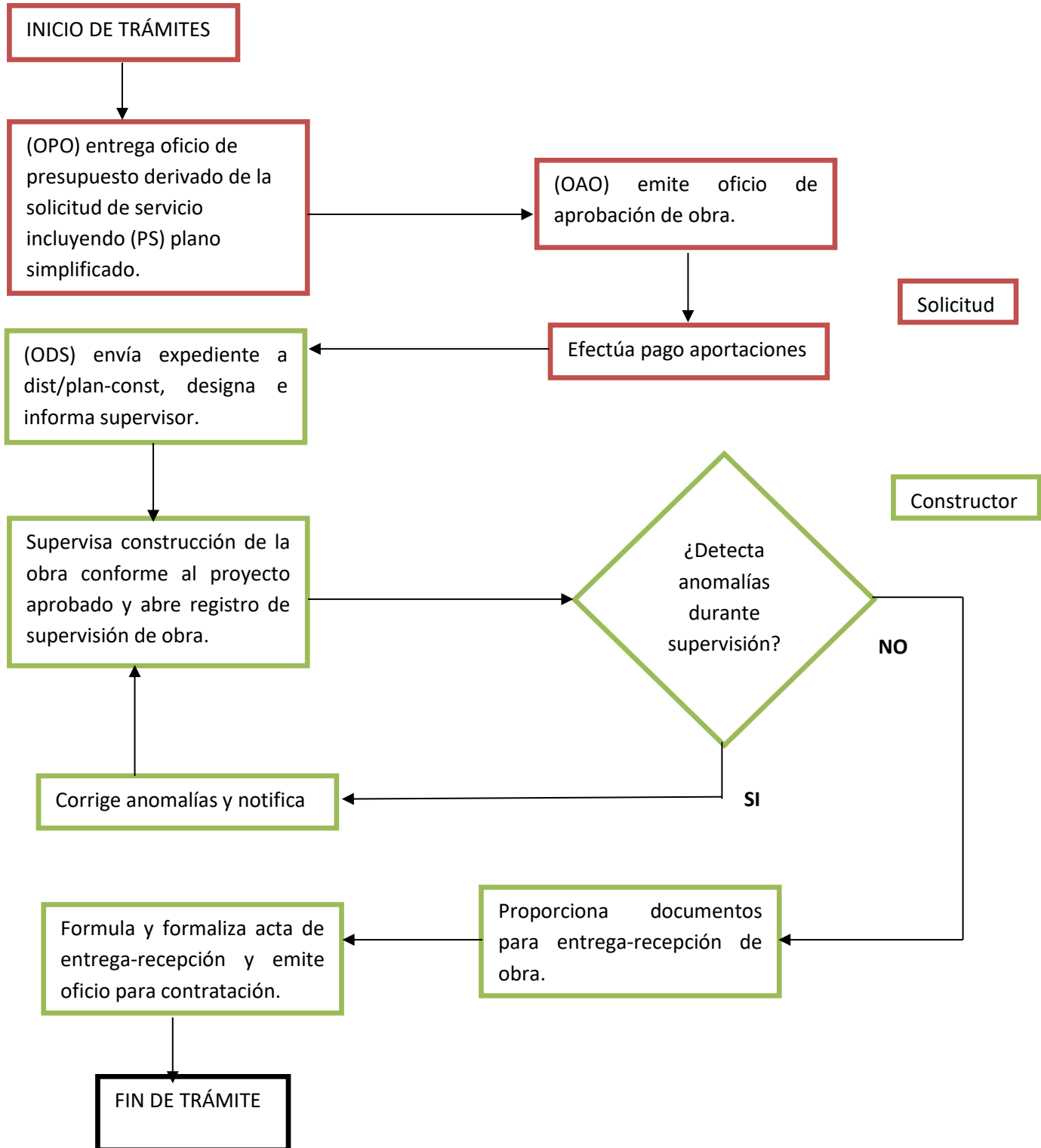


Fig. 1.5.2 diagrama a bloques software. [Realización tramites y acreditación de proyecto.](#)



## Descripción Del Procedimiento:

0. INICIO DE TRÁMITE. (Responsable solicitante/constructor)

1. presenta oficio de presupuesto de obra derivado de la solicitud de servicio de energía eléctrica bajo el régimen de aportaciones (formato 1), proyecto simplificado y carta poder simple. (Responsable solicitante/constructor)

2. emite oficio de aprobación; en su caso, indica las modificaciones a realizar al plano simplificado para su construcción. (Responsable departamento de planeación)

3. efectúa pago de aportación, mismo que se considera como aviso de inicio de obra. (Responsable solicitante/constructor)

4. envía expediente a distribución/planeación-construcción quien designa e informa el nombre del supervisor. (Responsable departamento de planeación)

5. supervisa la construcción de la obra conforme al proyecto aprobado y abre registro de supervisión de obra (formato 4). (Responsable distribución / planeación-construcción)

6. ¿detecta anomalías durante la supervisión? (responsable distribución/planeación-construcción)

Si= continua en actividad 7.

No= cierre registro de supervisión de obra, continua en actividad 8.

7. corrige anomalías relevantes observadas por el supervisor de obra de CFE y continúa en la actividad 5. (Solicitante/constructor)

8. proporciona documentos (anexo B) para entrega-recepción de la obra. (Solicitante/constructor)

9. formula y formaliza con el solicitante el acta de entrega-recepción (formato 6), emite para energizar y contratar. (Distribución/planeación-construcción)

10. FIN DEL TRÁMITE.

## FORMATO 2

**Asunto: Solicitud de revisión y aprobación de proyecto**

[Lugar y fecha]

[Nombre del representante de CFE]

[Cargo]

[Dirección]

Por medio del presente solicitamos la revisión y aprobación del proyecto para suministrar energía eléctrica a [razón social o persona física], localizada en [Calle, No., No. Interior, Colonia], [Ciudad], [Municipio], [Estado]; el cual elaboramos tomando en cuenta las bases de proyecto [Indicar el tipo de bases tomadas como referencia del portal web de CFE]

**A t e n t a m e n t e**

[Nombre y firma del desarrollador o representante]

### FORMATO 3

**Asunto: Aviso de inicio de obra y designación de residente de obra.**

[Lugar y fecha]

[Nombre del representante de CFE]

[Cargo]

[Dirección]

Por medio del presente le informamos que la fecha de inicio de las obras para el servicio denominado (\_\_\_\_\_), conforme al proyecto aprobado mediante oficio \_\_\_\_\_, de fecha \_\_\_\_\_ y que se ubica en: (\_\_\_\_\_), será el [día, mes y año]; para ello anexo el programa de obra calendarizado (expresado en semanas), designando como residente de obra al C. \_\_\_\_\_, agradeciendo informarnos el nombre de su supervisor.

**A t e n t a m e n t e**

[Nombre y firma del solicitante o representante]

**FORMATO 4**

**DIVISIÓN** \_\_\_\_\_

**ZONA** \_\_\_\_\_

**REGISTRO DE SUPERVISIÓN DE OBRA**

Nombre de la obra \_\_\_\_\_

Ubicación. \_\_\_\_\_

Constructor \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

**ANOMALÍAS DETECTADAS Y ACUERDOS ESTABLECIDOS**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**FIRMAS AUTORIZADAS**

**POR CFE**

\_\_\_\_\_

*SUPERVISOR DE OBRA*

**POR EL CONSTRUCTOR**

\_\_\_\_\_

*RESIDENTE DE OBRA*

## FORMATO 5

**Asunto: Aviso de terminación de obra.**

[Lugar y Fecha]

[Nombre del representante de CFE]

[Cargo]

[Dirección]

Por medio del presente nos permitimos comunicarle que con esta fecha hemos dado por terminadas la(s) obra(s) [Nombre de la obra] que nos aprobaron mediante oficio No. [Número de oficio], de fecha [día, mes y año] para el suministro de energía eléctrica a [razón social o persona física].

Así mismo solicitamos se elabore el acta de entrega-recepción de las instalaciones arriba indicadas, para lo cual hacemos entrega de la documentación que se relaciona a continuación:

- Planos definitivos de construcción, impresos (tres juegos) y en archivo electrónico georeferenciado, generados en base a las especificaciones de CFE.
- Inventario físico valorizado.
- Informes de resultados emitidos por laboratorio de pruebas acreditados que ostenten el emblema oficial del sistema nacional de acreditación de laboratorios de pruebas.
- Facturas con endoso original a favor de CFE del equipo y material instalado (Comprobantes fiscales digitales impresos, factura original, copia certificada de la factura).
- Resultado de las pruebas por puesta en operación de los equipos (cuando aplique).
- Carta responsiva a favor de CFE (Formato 8) firmada por el solicitante o su representante legal y el Constructor.
- Contrato de alumbrado público (cuando aplique).

**A t e n t a m e n t e**

[Nombre y firma del desarrollador o representante]

## FORMATO 6

### ACTA DE ENTREGA – RECEPCIÓN

En la ciudad de \_\_\_\_\_ siendo las \_\_\_\_\_ del día \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, reunidos en las oficinas de CFE, comparecen por una parte el \_\_\_\_\_, en su carácter de Superintendente de la Zona \_\_\_\_\_ División \_\_\_\_\_, por la otra parte \_\_\_\_\_ en su carácter de \_\_\_\_\_, ambas partes de común acuerdo manifiestan haber cumplido fielmente las normas, y procedimientos para la construcción de la obra \_\_\_\_\_ ubicada en el municipio de \_\_\_\_\_, la cual fue certificada bajo la supervisión del \_\_\_\_\_.

El \_\_\_\_\_ en su carácter de \_\_\_\_\_, hace entrega física de las instalaciones correspondientes a la obra señalada en el párrafo anterior, mismas que fueron construidas, según proyecto aprobado mediante oficio No. \_\_\_\_\_, de fecha \_\_\_\_\_.

El \_\_\_\_\_, en su carácter de representante de la CFE, recibe las instalaciones antes mencionadas, de acuerdo a inventario físico anexo, las cuales serán incorporadas al patrimonio de la CFE, para realizar a través de las mismas, las funciones que le otorga la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica vigente.

**ENTREGA:**

\_\_\_\_\_

*Solicitante*

**TESTIGO:**

\_\_\_\_\_

*Constructor*

**RECIBE:**

\_\_\_\_\_

*Superintendente de Zona*

**TESTIGO:**

\_\_\_\_\_

*Jefe Departamento Distribución/Planeación-  
Construcción*



**FORMATO 7**

**INVENTARIO FISICO VALORIZADO**

Nombre de la obra \_\_\_\_\_

Expediente \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Estado \_\_\_\_\_

Municipio \_\_\_\_\_

Concepto	CODIGO DE MySAP	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
-Equipo eléctrico					
-Postes o Registros					
-Transformadores					
-Herrajes y Otros					
				Sub-total	\$
				I.V.A.	\$
				Total	\$

Firma

\_\_\_\_\_

Solicitante o Representante Legal

\* Para el caso de equipos, adicionalmente se requiere presentar por escrito los principales datos de placa del mismo, así como el número económico asignado por CFE.

## FORMATO 8

Asunto: Carta responsiva

En la ciudad de \_\_\_\_\_, del estado de \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_.

Ing. \_\_\_\_\_

**Superintendente de Zona**

*Comisión Federal de Electricidad*

Zona \_\_\_\_\_

*Dirección*

Por medio del presente, por libre voluntad manifestamos lo siguiente:

Los que suscribimos la presente, asumimos la co-responsabilidad legal en la ejecución de los trabajos inherentes a la obra eléctrica para alimentar a: \_\_\_\_\_, localizado en \_\_\_\_\_, en el municipio de \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_; garantizando lo siguiente:

Que los materiales utilizados en la construcción son de buena calidad, lícitos de procedencia y que la mano de obra empleada en la construcción de la obra en comento está libre de vicios ocultos, defectos de construcción y responsabilidades derivadas por la ejecución de los trabajos, aún cuando todo o parte de ellos se hubieran subcontratado, por lo que se constituye la presente responsiva.

Nos responsabilizamos espontánea e inmediatamente a cubrir un monto del 100% del costo total de los daños que llegaran a presentarse de la obra incluyendo materiales y mano de obra.

Reconocemos y aceptamos que la vigencia de la presente responsiva será por 12 meses contados a partir de la contratación y de la conexión definitiva.

La vigencia de la responsiva se prorrogará a solicitud expresa de la Comisión Federal de Electricidad, en caso de existir responsabilidad derivada de defectos de construcción de la obra.

La cancelación surtirá sus efectos al término de un año, siempre y cuando no medie queja expresa de la Comisión Federal de Electricidad, caso contrario se exigirá su cumplimiento.

Reconocemos expresamente el derecho de la Comisión Federal de Electricidad a requerirnos a resarcir el daño principalmente en especie, acreditando documentalmente el inicio de las acciones o en su caso a indemnizar en forma pecuniaria de acuerdo al Catálogo de Precios vigente aprobado por la Comisión

Reguladora de Energía, sustituyendo la Comisión Federal de Electricidad la obligación de requerir el resarcimiento de daños, con los cargos a responsabilidades pertinentes.

**Acepto responsabilidad**

**Acepto responsabilidad**

\_\_\_\_\_  
(Solicitante (persona física o moral))

\_\_\_\_\_  
(persona física o moral)

### **REQUISITOS PARA EL LLENADO DEL REGISTRO DE SUPERVISIÓN DE OBRA**

- 1.- El llenado se hará con tinta indeleble, letra de molde legible y sin abreviaturas ó en forma electrónica (SISPROTER).
- 2.- Cuando se cometa algún error de escritura, de intención o redacción, la nota deberá anularse por quien la emita, abriendo de inmediato otra nota con el número consecutivo que le corresponda y con la descripción correcta.
- 3.- La nota cuyo original y copias aparezcan con tachaduras y enmendaduras, será nula.
- 4.- No se deberá sobreponer ni añadir texto alguno a las notas del registro, ni entre renglones, márgenes o cualquier otro sitio, de requerirse se deberá abrir otra nota haciendo referencia a la de origen.
- 5.- Se deberán cancelar los espacios sobrantes de una hoja al completarse el llenado de las mismas.
- 6.- Todas las notas deberán numerarse en forma seriada y fecharse consecutivamente respetando sin excepción, el orden establecido.
- 7.- Cada nota deberá ser firmada de enterado por el residente y el supervisor de la obra.
- 8.- Registrar todas las deficiencias que el supervisor de CFE detecte.
- 9.- Destinar un espacio para dibujar un croquis explicativo cuando así lo requiera la nota.

#### **NOTAS:**

- a) Las observaciones independientemente de quedar registradas en el registro de supervisión de obra, de ser necesario se ratificarán por escrito al interesado o su representante para su corrección oportuna.*
- b) Si por algún motivo no se encontrara el supervisor durante la construcción de una sección de la obra, se podrán hacer muestreos excavando o desarmando accesorios y de encontrarse alguna anomalía, se debe revisar toda la sección minuciosamente.*
- c) En caso de que se requieran modificaciones que afecten sustancialmente el tiempo o las características del proyecto aprobado, se deberán autorizar por el mismo nivel jerárquico que autorizó el proyecto.*
- d) El original del registro de supervisión de obra será integrado al expediente de la obra y la copia entregada al responsable de la construcción.*

### ***REQUISITOS DOCUMENTALES PARA LA RECEPCIÓN DE LAS OBRAS***

- 1.- Planos definitivos de construcción y archivo electrónico georeferenciado\*
- 2.- Inventario físico valorizado (Formato 7).
- 3.- Informes de resultados emitidos por laboratorio de pruebas acreditados que ostenten el emblema oficial del sistema nacional de acreditación de laboratorios de pruebas.
- 4.-Facturas con endoso original a favor de CFE del equipo y material instalado (Comprobantes fiscales digitales impresos, factura original, factura al carbón, o copia notariada hasta que solo prevalezca los comprobantes fiscales digitales).
- 5.- Resultado de las pruebas de puesta en operación de los equipos (cuando aplique).
- 6.- Contrato de servidumbre legal de paso (cuando aplique).
- 7.- Carta responsiva (Formato 8) a favor de CFE firmada por el solicitante o su representante legal y el constructor.
- 8.- Contrato de alumbrado público (cuando aplique).

***\*.NOTA: Los planos definitivos de construcción, deberán ser impresos por triplicado y entregarse en un archivo electrónico generado mediante el software para la elaboración de redes eléctricas proporcionado por CFE.***

## REQUISITOS MÍNIMOS QUE DEBE CONTENER UN PLANO SIMPLIFICADO

- a) Orientación geográfica.
- b) Tipo y calibre del conductor.
- c) Número e identificación de fases.
- d) Tipo de aislamiento.
- e) Dispositivos de protección y seccionamiento.
- f) Características del transformador.
- g) Altura de postes y longitud de los claros interpostales.
- h) Tipo de registros y distancia entre éstos (cuando aplique).
- i) Carga solicitada individual y total.
- j) Coordenadas UTM de cuando menos el punto de conexión y el extremo de la línea.
- k) Firma y nombre del responsable del proyecto con número de cédula profesional.

## 2. FUNDAMENTO TEORICO

### 2.1. Normalización

La transmisión de la energía eléctrica por líneas aéreas sigue siendo uno de los elementos más importantes de los sistemas eléctricos de la actualidad. Los sistemas de transmisión entregan la energía desde las plantas generadoras en las estaciones industriales y subestaciones eléctricas, desde las cuales los sistemas de distribución proporcionan el servicio a zonas residenciales, comerciales, y además debe cumplir con los dispuestos en:

- Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica.
- Reglamento de la ley del servicio público de energía eléctrica.
- Norma oficial mexicana NOM-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización).
- Ley federal de metrología y normalización, su reglamentación.
- Norma oficial mexicana NOM-008-SCFI-2002, sistemas generales de unidades de medida.
- NOM-029-STPS-2012

Desde que la humanidad se organizó las normas empezaron a tomar un papel importante en las actividades del ser humano, ayudando a instaurar estándares internacionales de calidad, a nivel público y privado, ayudando a tener suficientes herramientas e control en políticas concernientes a medio ambiente, salud, agricultura, seguridad del usuario y consumidores.

#### 2.1.1 Normalización en México

**Dirección General de Normas (DGN).**\_ acredita a los organismos de certificación y emite certificados de productos para las cuales no existían un organismo de certificación.

**Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).**\_ evalúa y acredita unidades de verificación, laboratorios de prueba y/o calibración así como organismos de certificación.

**Asociación de Normalización y Certificación A.C. (ANCE)** responsable de la emisión de normas y de las certificación de productos eléctricos, tales como electrodomésticos. Este organismo es también un laboratorio de pruebas acreditada y aprobada nacionalmente.





### 2.1.2 Normas Nacionales

**Normas Oficiales Mexicanas.**\_ Abreviadas NOM, PROY-NOM O NOM-EM; es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias normalizadas competente a través de sus respectivos Comités Consultivos Nacionales de Normalización, de conformidad con las finalidades establecidas en el art 40 de las Ley Federal sobre Metrología y Normalización, establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistemas, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje marcado o etiquetado y las que se le refieren a su cumplimiento o aplicación.

**Normas Mexicanas.**\_ abreviada como NMX O PROY-NMX; es la parte que elabora un organismo nacional de normalización de conformidad con lo dispuesto por el art 54 de la LFMN, en los términos de la LFMN, que prevé para uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistemas, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje marcado o etiquetado. En principio es de aplicación voluntaria.

## 2.2. Red de Distribución de la Energía Eléctrica

Es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales (medidor del cliente).  
**Subestación de Distribución:** conjunto de elementos (transformadores, interruptores, seccionadores, etc.) cuya función es reducir los niveles de alta tensión de las líneas de transmisión (o sub-transmisión) hasta niveles de media tensión para su ramificación en múltiples salidas.

**Alimentadores Primarios de Distribución:** \_ Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de potencias hasta los transformadores de distribución. Los conductores van soportados en postes cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos cuando se trata de instalaciones subterráneas.

Los componentes de un alimentador primario son: troncal y ramal. Donde troncal es el tramo de mayor capacidad de alimentador que transmite la energía eléctrica desde la subestación de potencia a los ramales. En los sistemas de distribución estos conductores son los de calibres gruesos del 6 AWG hasta 1 113 kcmil ACSR, dependiendo del valor de la densidad de carga.

El ramal es parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en el cual van conectados los transformadores de distribución y servicio particulares suministrados en media tensión. Normalmente son de calibres menor troncal. Los alimentadores primarios normalmente se estructuran en forma radial, en un sistema de este tipo la forma geométrica del alimentador semeja la de un árbol, donde por el grueso del tronco, el mayor flujo de la energía eléctrica se transmite por toda una troncal, derivándose a la carga a lo largo de los ramales.

Los alimentadores primarios por el número de fases e hilos se pueden clasificar en:

- Trifásicos tres hilos.
- Trifásicos cuatro hilos.
- Monofásicos dos hilos.
- Monofásicos un hilo.

Los alimentadores primarios trifásicos con tres hilos requieren una menor inversión inicial, en lo que a material del alimentador se refiere, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterrizamiento mayor que uno trifásico cuatro hilos, permiten que los equipos que se instalen en estos sistemas de distribución tengan niveles de aislamiento mayores con costos mayores. Una característica adicional de estos sistemas es que los transformadores de distribución conectados a estos alimentadores son de neutro flotante en el lado primario.

Los alimentadores primarios trifásicos con cuatro hilos requieren una mayor inversión inicial, ya que se agrega el costo del cuarto hilo (neutro) al de los tres hilos de fase, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterrizamiento menor de la unidad, los equipos que se conecten a estos alimentadores requieren de un menor nivel de aislamiento con menor costo de inversión. Estos sistemas se caracterizan por que a ellos se conectan transformadores con el neutro aterrizado a tierra en el devanado primario y transformadores monofásicos cuya tensión primaria es la de fase neutro.

Los alimentadores primarios monofásicos de dos hilos se originan de sistemas de distribución trifásicos, de hecho son derivaciones de alimentadores trifásicos tres hilos que sirven para alimentar transformadores monofásicos que reciben la tensión entre fases en el devanado primario. Este sistema de distribución es usado en zonas rurales o en zonas de baja densidad.

Los alimentadores primarios monofásicos de un hilo son derivaciones de sistemas trifásicos que permiten alimentar transformadores monofásicos usándose estos alimentadores en zonas rurales, debido a la economía que representa en costo.

**Transformadores de Distribución:** \_ Son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de quipos e instalaciones costosas y peligrosas. En si el transformador de distribución es liga entre los alimentadores primarios y alimentadores secundarios. La capacidad del transformador se selecciona en función de la magnitud de la carga, debiéndose tener especial cuidado en considerar los factores que influye en ella, tales como el factor de demanda y el factor de conciencia.

El número de fases del transformador es función del número de fases de la alimentación primaria y del número de fases de los elementos que componen la carga. En muchas ocasiones la política de selección del número de fases de los transformadores de distribución que decida emplear una compañía, señala el número de fases que deben tener los motores que se conecten en el lado secundario de los transformadores, dictando así una política de desarrollo de fabricación de motores en una cierta zona de un país o en un país entero.

La magnitud del porciento de impedancia de un transformador afecta la regulación de la tensión y el valor de las corrientes de corto circuito que fluyen por los devanados ante fallas en los alimentadores secundarios. A menores valores de impedancia mayores valores de regulación y de corriente de corto circuito; es por ello que el valor del porciento de impedancia se debe seleccionar tratando de encontrar un punto económico de estos dos factores, debiéndose tomar en cuenta que la calidad de tensión que se entrega a los usuarios se puede variar con los cambiadores de derivación de que normalmente se provee a un transformador.

**Alimentadores Secundarios:** \_ Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas a los usuarios. En la mayoría de los casos estos alimentadores secundarios son circuitos radiales, salvo en los casos de las estructuras subterráneas malladas (comúnmente conocidas como redes automáticas) en las que el flujo de energía no siempre sigue la misma dirección. Los alimentadores secundarios de distribución, por el número de hilos, se pueden clasificar en:

- Monofásico dos hilos.
- Monofásico tres hilos.
- Trifásico cuatro hilos.

**Elementos Secundarios De Los Sistemas De Distribución:** \_ Entre los elementos secundarios de una red de distribución se tienen:

- Cuchillas
- Reactores
- Interruptores
- Capacitadores
- Fusibles
- Restauradores
- Seccionadores

**Las cuchillas:** \_ son los elementos que sirven para seccionar o abrir alimentadores primarios de distribución, su operación es sin carga y su accionamiento de conectar y desconectar es por pértiga, abriendo o cerrando las cuchillas una por una o en grupo según el tipo de la misma; su montaje en poste puede ser horizontal o vertical.

**Los reactores:** \_ son dispositivos utilizados para introducir reactancia en alimentadores primarios de distribución con el propósito de limitar la corriente que fluye en un circuito, bajo condiciones de cortocircuito, se conectan en serie con el alimentador.

**Los interruptores:** \_ son dispositivos que permiten conectar o desconectar con carga un alimentador primario de distribución, son instalados en poste o estructura en juegos de tres interruptores, son operados en grupo con mecanismo reciprocante de operación manual.

**Los capacitores:** \_ son dispositivos cuya función primordial es introducir capacitancia, corrigiendo el factor de potencia en alimentadores primarios de distribución.

**Los fusibles:** \_ son dispositivos de protección que interrumpen el paso de la corriente eléctrica fundiéndose cuando el amperaje es superior a su valor nominal, protegen transformadores de distribución y servicios interiores de media tensión contra sobrecorriente y corriente de cortocircuito, van colocados dentro del tubo protector de los cortocircuitos fusible.

**Los restauradores:** \_ son equipos que sirven para reconectar alimentadores primarios de distribución. Normalmente el 80 % de las fallas son de naturaleza temporal, por lo que es conveniente restablecer el servicio en la forma más rápida posible para evitar interrupciones de largo tiempo. Para estos casos se requiere de un dispositivo que tenga la posibilidad de desconectar un circuito y conectarlo después de fracciones de segundo.

Los restauradores son dispositivos auto-controlados para interrumpir y cerrar automáticamente circuitos de corriente alterna con una secuencia determinada de aperturas y cierres seguidos de una operación final de cierre o apertura definitiva.

**Los seccionadores:** \_ son elementos que no están diseñados para interrumpir corrientes de cortocircuito ya que su función es el de abrir circuitos en forma automática después de cortar y responder a un número predeterminado de impulsos de corriente de igual a mayor valor que una magnitud previamente determinada, abren cuando el alimentador primario de distribución queda desenergizado, tratándose de la desconexión de cargas se puede hacer en forma manual.

Se lleva a cabo por los Operadores del Sistema de Distribución (Distribution System Operator o DSO en inglés). Los elementos que conforman la red o sistema de distribución son los siguientes:

La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la red de transporte se realiza en dos etapas. La primera está constituida por la red de reparto, que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 kv intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión.

La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 kv y con una característica muy radial. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (125/220 o 220/380 v<sup>1</sup>).

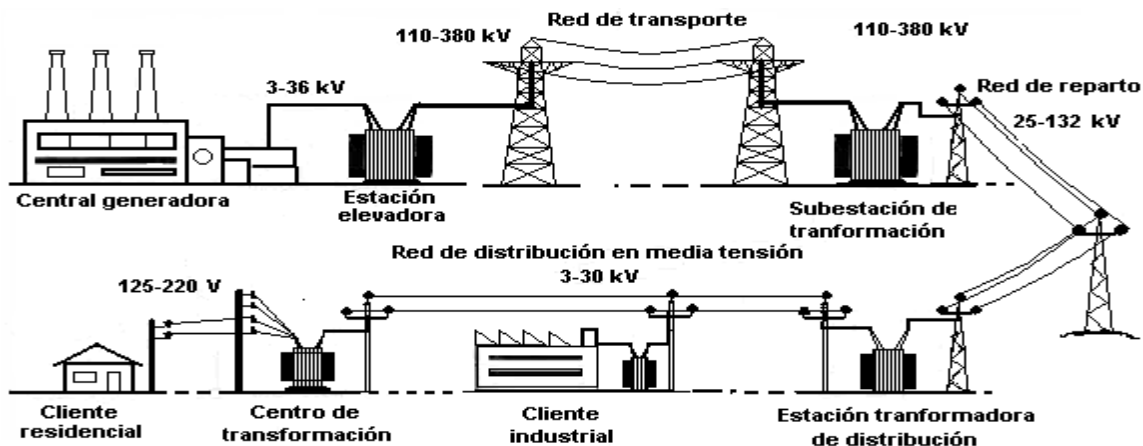


Fig. 2.1 Red de Distribución Eléctrica



### 2.2.1. Alta Tensión

Las líneas de alta tensión son las de mayor tensión en un Sistema Eléctrico, las de mayor longitud y las que manipulan los mayores bloques de potencia. Enlazan entre sí las diferentes regiones del país. Su función es intercambiar energía entre las regiones que unen, por lo que la transferencia de potencia puede ser en ambos sentidos.

Para transportar la energía eléctrica a grandes distancias, minimizando las pérdidas y maximizando la potencia transportada, es necesario elevar la tensión de transporte. La tensión en los circuitos de transmisión puede extenderse desde 69 kV hasta 750 kV.

Un aumento de tensión significa una disminución de la intensidad que circula por la línea, para transportar la misma potencia, y por tanto, las pérdidas por calentamiento de los conductores y por efectos electromagnéticos. A mayor tensión, menor intensidad y, en consecuencia, menor pérdida energética, lo cual es muy importante si se toma en consideración el hecho de que las líneas de alta tensión suelen recorrer largas distancias.

Se considera instalación de alta tensión eléctrica aquella que genere, transporte, transforme, distribuya o utilice energía eléctrica con tensiones superiores a los siguientes límites:

Corriente alterna: Superior a 1000 voltios.

Corriente continua: Superior a 1500 voltios.



Fig. 2.2.1 Red Eléctrica de Alta Tensión.



### 2.2.2. Media Tensión

Media tensión eléctrica es el término que se usa para referirse a instalaciones con tensiones entre 1 y 36 kilovoltios (kV). Dichas instalaciones son frecuentes en líneas de distribución eléctrica que finalizan en centros de transformación, en dónde normalmente se reduce la tensión hasta los 400 voltios. En realidad no existe una definición clara en ningún reglamento de hasta dónde llega la media tensión; la denominación de media tensión es usada por las compañías eléctricas para referirse a sus tensiones de distribución.



Fig. 2.2.2 Red Eléctrica de Media Tensión.

### 2.2.3. Baja Tensión

Los sistemas de baja tensión son aquellos en los que se utilizan tensiones alternas de valor eficaz entre 50 V y 1000 V; o también pueden utilizarse tensiones continuas entre 75 V y 1500 V. Éste tipo de sistemas eléctricos son fundamentalmente utilizados para la conversión de la energía eléctrica en otra forma de energía, puesto que un importante número de receptores eléctricos están diseñados para el funcionamiento a baja tensión. Tensión alterna: igual o inferior a 1000 voltios. Tensión continua: igual o inferior a 1500 voltios.



Fig. 2.2.3 Red Eléctrica de Baja tensión.

### 2.3. Conductores

Consiste de un cuerpo o un medio adecuado, utilizado como portador de corriente eléctrica. El material que un conductor eléctrico es cualquier sustancia que puede conducir una corriente eléctrica cuando este conductor se ve sujeto a una diferencia de potencial entre sus extremos. Esta propiedad se llama conductividad, y las sustancias con mayor conductividad son los metales. Los materiales comúnmente utilizados para conducir corriente eléctrica son en orden de importancia: cobre. Aleaciones de cobre, hierro, acero.

Con el constante crecimiento de los sistemas eléctricos de potencias, fue indispensable al avance tecnológico de los conductores de energía con los que se atribuye la electricidad. Para seleccionar conductores se deben considerar factores eléctricos, mecánicos, ambientales y económicos. Eléctricamente se calcula el calibre en función de la carga por alimentar y la distancia de la fuente a la carga.

La líneas de media tensión aérea con conductor desnudo: AAC (en áreas urbanas y de contaminación); ACSR (líneas y aéreas rurales en todos los calibres normalizados); COBRE (en aéreas donde se justifique y económicamente. Líneas de baja tensión aéreas: cable múltiple forrado es el formado por un conductor desnudo o de soporte y uno o varios conductores de aluminio o de cobre forrados y dispuestos helicoidalmente alrededor del conductor desnudo.

#### 2.3.1 Selección De Conductores

Los elementos que se deben considerar para una buena elección de conductores son los siguientes:

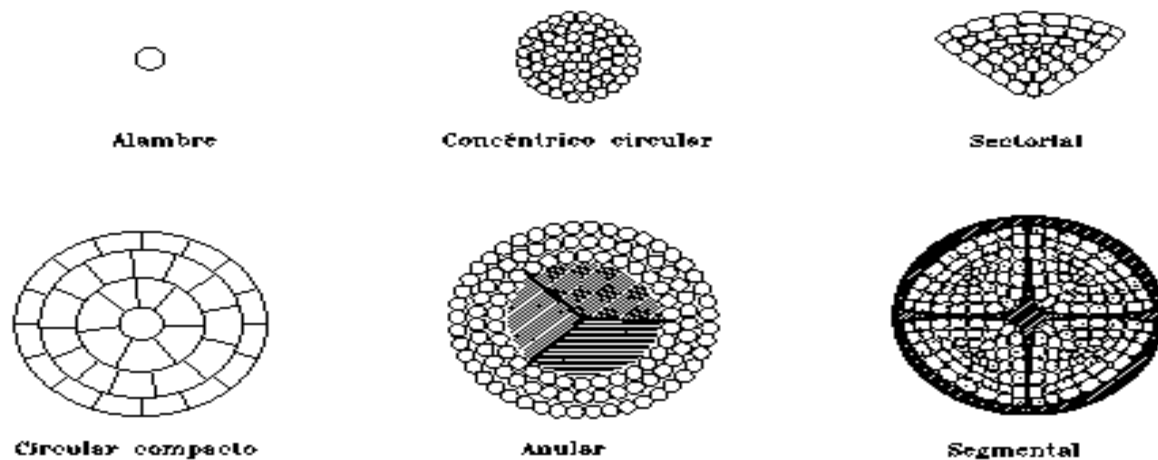
**Material:** \_ en las instalaciones eléctricas los materiales que más se utilizan hoy en día son cobre y aluminio, esto debido, a que los conductores de cobre poseen optimas características tanto eléctricas como mecánicas, mientras que los de aluminio son muy ligeros, con lo cual han dado lugar a construcción de conductores aislados y desnudos, siendo las líneas de transmisión y distribución, es decir, alta y media tensión lugares adecuados para el uso de este tipo de material.

**Flexibilidad:** \_ la flexibilidad que presenta un conductor puede alcanzarse de dos formas diferentes, la primera es haciendo el recocido del material, mientras que la segunda es ampliado la cantidad de alambre de los que esta constituido. El proceso de alambrado, consiste en agrupan varios hilos y se tiene como resultado distintos grados de flexibilidad, que se encuentran clasificados por el número total de hilos que lo forman, longitud de los hilos agrupados y el tipo de cuerda.

**Forma:** \_ los conductores que son utilizados en media tensión puede tener varias formas, siendo las más comunes y usadas en conductores aislados las siguientes: REDONDA, SECTORIAL Y SEGMENTAL. Los conductores que tiene sección transversal circular son utilizados en alimentadores mono-conductores y en alimentos multi-conductores con cualquier clase de aislamiento. Los conductores que son de tamaño reducidos,  $8.37\text{mm}^2$  (8AWG) o de menos dimensión, por lo regular son alambres sólidos, mientras los que tienen tamaños mayores están hechos con varios hilos formando un conductor.

Un conductor sectorial es formado por un conductor cuya sección transversal es un sector de círculo. Los conductores sectoriales tienen su principal aplicación y es fácil encontrarlos en conductores de energía trifásicos, ya que este tipo de conductores tiene tamaños superiores a  $53.5\text{ mm}^2$  (1/0 AWG). En estos casos, los conductores sectoriales involucran una reducción en el número de rellenos y el diámetro sobre la reunión de las tres estructuras, permitiendo reducciones sustanciales en los revestimientos de protección.

Las ventajas que presenta un conductor sectorial son respecto a un conductor redondo, son las siguientes: Menor Diámetro, Menor Peso, Costo más Bajo. Como en cualquier comparación a la parte de las ventajas que poseen ciertos conductores, también presentan algunas desventajas: Menor flexibilidad, Mayor dificultad en la ejecución de uniones.



Cuando son utilizados conductores de energía en alta tensión, regularmente en tensiones de 115 kV y 230kV, se emplean conductores segmentales para tamaños de conductores arriba del 1000kcmil. Esta categoría de conductores los segmentos están aislados entre sí. Además este tipo presenta una menor resistencia por tener un menor efecto piel que estos.

**Dimensiones:** \_ la medida de los conductores indica su geometría. Como son circulares, es equivalente indicar su diámetro o su sección transversal (el área del hilo/hilos que lo forman). A partir de este valor y conociendo el material con el que están fabricados generalmente cobre o aluminio es posible inferir sus principales características mecánicas y eléctricas. Escala AWG: desde años, los tamaños de los conductores se han expresado

comercialmente por números. Esta práctica ha traído consigo cierta confusión, debido al gran número de escalas de tamaños que se han utilizados.

### 2.3.1. Características Eléctricas

La rigidez dieléctrica de un material es el valor de la intensidad del campo eléctrico al que hay que someterlo para que se produzca una perforación en el aislamiento. Normalmente, este valor es cercano al del gradiente de prueba y de 4 a 5 veces mayor que el gradiente de operación normal. Las unidades en que se expresan este valor por lo común es kV/mm.

Debido a su mayor grado de flexibilidad, el conductor tipo EP, es preferido por ingenieros, ya que facilita el manejo durante la instalación, destacándose en alimentadores de muy altas tensiones. Debido a la dureza de conductores tipo XLP, los extremos se precalientan, con el fin de colocar al conductor en posición adecuada para empalmar. Para en el empalme utilizando cintas lo cual emplea diferentes tipos de cintas, se restituye los diferentes componentes del conductor a excepción del conductor, esto lleva a cabo aplicando cintas en formas sucesivas, hasta obtener todos los elementos del conductor.

El factor de potencia permite relacionar y calcular las pérdidas del dieléctrico de los conductores de energía. También otra característica es la resistencia a la humedad ya que los conductores de energía frecuentemente entran en contacto con la humedad y el conductor absorbe agua a una velocidad que queda determinada por las temperaturas del medio ambiente, la temperatura en el conductor, la temperatura en el mismo aislamiento y la permeabilidad del aislamiento y cubierta.

**Corriente d corto circuito:** \_ Aumento brusco de intensidad en la corriente eléctrica de una instalación por la unión directa de dos conductores de distinta fase.

**Caída de tensión:** \_ Llamamos caída de tensión de un conductor a la diferencia de potencial que existe entre los extremos del mismo. Este valor se mide en voltios y representa el gasto de fuerza que implica el paso de la corriente por el mismo.

#### corriente d corto circuito

$$I_{cc} = (KVA \ b) / (\sqrt{3} \ x \ V_n \ x \ Z_{eq}F)$$

#### caída de tensión

$$\%e = (3 * L * I) / (V_n * s)$$

### 2.4. Equipo Eléctrico

Un aparato o dispositivo eléctrico es un aparato que, para cumplir una tarea, utiliza energía eléctrica alterándola, ya sea por transformación, amplificación/reducción o interrupción. Todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos; y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1.000 voltios en corriente alterna y 1.500 voltios en corriente continua.

En realidad en términos de sistemas de distribución comúnmente se acepta que es el conjunto de instalaciones desde 120 Volts hasta tensiones de 34.5 kV encargadas de entregar la energía eléctrica a los usuarios a los niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por los reglamentos.

En el nivel de baja tensión por lo general hay confusiones con las instalaciones internas o cableados de predios comerciales o grandes industrias y en tensiones mayores de los 34.5 Kv como es el caso de cables de sub-transmisión de 85kv que se traslapan con tensiones mayores, especialmente en países industrializados en que la población urbana es lata y se consideran estas tensiones como de distribución.

Uno de los sistemas que se emplea en la transportación de la energía eléctrica es el sistema aéreo, estos sistemas por su construcción se caracterizan por su sencillez y economía, razón por lo cual su utilización está muy generalizada, se emplean principalmente para: zonas urbanas con cargas residenciales, comerciales, industrial; zonas rurales con carga domesticas o pequeñas industrias.

Los sistemas aéreos están constituidos por transformadores, cuchillas, apartarrayos, cortacircuitos fusibles, cables desnudos, etc.: los que se instalan en postes o estructuras de distintos materiales. La configuración más sencilla para los sistemas aéreos es del tipo arbolar. La cual consiste en conductores desnudos de calibre grueso en el principio de la línea y de menor calibre en las derivaciones a servicios o al fin de la línea. Cuando se requiere una mayor flexibilidad y continuidad del servicio es posible utilizar configuraciones más elaboradas.

#### **2.4.1. Transformador**

Un transformador es una máquina estática de corriente alterno, que permite variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia, en el caso de un transformador ideal. Para lograrlo, transforma la electricidad que le llega al devanado de entrada en magnetismo para volver a transformarla en electricidad, en las condiciones deseadas, en el devanado secundario. La importancia de los transformadores, se debe a que, gracias a ellos, ha sido posible el desarrollo de la industria eléctrica. Su utilización hizo posible la realización práctica y económica del transporte de energía eléctrica a grandes distancias. CFE 08-TR-01

Transformadores de distribución, generalmente a los transformadores de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 kV, tanto monofásicos como trifásicos que se encargan de reducir la tensión de sub-transmisión a nivel de consumo. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.



Por las condiciones de servicio los transformadores de distribución se pueden clasificar en:

- Para uso interior: tiene como características una tensión bifásica y las terminales aisladas de tierra a su plena tensión de aislamiento. Es de tipo seco aislado en bloque de resina. Se les utiliza para medida y protección hasta con dos devanados secundarios.
- Para uso a la intemperie: es de tipo seco, aislado en bloque de resina. Transformador de Tensión para medida y protección hasta con 3 devanados secundarios. Diseñado para soportar condiciones como por ejemplo: temperatura ambiente del aire, humedad, polución, etc.

Tipo poste; la aplicación principal de los transformadores tipo poste es la distribución de energía eléctrica, reduciendo el voltaje de las líneas de transmisión de media tensión a los niveles de baja tensión residencial o industrial. Normalmente se utiliza aceite mineral como aislante.

## 2.5. Equipo y sistemas de Protección

Los equipos de protección serán los encargados de mantener una red de distribución sin fallas y si las hay se encargaran de componerlas lo más rápido posible.

**Apartarrayos:** \_ Son dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que en otro caso, se descargarían sobre aisladores o perforarían el aislamiento. Ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico. Para su correcto funcionamiento, los Apartarrayos siempre se encuentran conectados entre la línea y la tierra, y son elegidos con características tales que sean capaces de actuar antes de que el valor de la sobretensión alcance los valores de tensión del aislamiento de los elementos a proteger.

Entre las características más importantes de un Apartarrayos están:

- Tensión nominal: valor máximo de la tensión en condiciones normales.
- Frecuencia nominal: es la frecuencia nominal de la red.
- Corriente de descarga nominal: es la corriente de descarga utilizada para la selección de un Apartarrayos.
- Relación de protección: es la relación entre el nivel de aislamiento del material protegido y el nivel de protección del Apartarrayos.

El más utilizado hoy en día es el Apartarrayos de óxidos metálicos que tiene tres características muy importantes:

- Envoltente exterior: puede ser de cerámico de porcelana de alta resistencia o polimérico para tener una mayor resistencia a los golpes.
- Resistencias no lineales de óxidos metálicos: las resistencias son encargas de conducir una corriente de fuga despreciable; y absorben perfectamente las corrientes de descargas.
- Conexión a tierra eyectable: se encarga de conectar el Apartarrayos con tierra y garantizar el paso de la corriente de descarga, así como la de evitar que una línea se quede fuera de servicio por una serie continua de descarga ya que este se desconecta de tierra poniendo el apartarrayos fuera de servicio.

**Cortacircuitos fusible:** \_ En las instalaciones aéreas de media tensión se tienen dos tipos de cortacircuitos que son:

- De simple expulsión.
- De triple disparo.

El cortacircuitos de simple expulsión es un dispositivo que por la fusión de uno o más de sus componentes especialmente diseñados y dimensionados, abre el circuito al que se encuentra interconectado e interrumpe la corriente cuando esta excede un valor dado durante un tiempo suficiente. Lo anterior lo realiza por medio de la caída automática del porta fusible a una posición que proporciona una distancia de aislamiento después de que el fusible ha operado.

**Restaurador:** \_ Los restauradores son equipos que sirven para reconectar alimentadores de distribución. Normalmente el 80% de las fallas son transitorias por lo que es conveniente que el servicio se restablezca lo más pronto posible por lo que se utilizan los restauradores. Los restauradores son equipos auto-controlados para interrumpir y cerrar automáticamente circuitos con una secuencia determinada de aperturas y cierres seguidos de una operación final de cierre o apertura definitiva. Normalmente los restauradores están aislados por aceite o SF<sub>6</sub>.

Los restauradores se dividen en:

- Hidráulicos.
- Electrónicos.

Los requisitos que se deben cumplir para asegurar un correcto funcionamiento de un restaurador son:



- La capacidad normal de interrupción del restaurador deberá ser igual o mayor de la máxima corriente de falla.
- La capacidad normal de corriente constante del restaurador deberá ser igual o mayor que la máxima corriente de carga.
- El mínimo valor de disparo seleccionado deberá permitir al restaurador ser sensible al cortocircuito que se presente en la zona que se desea proteger.

**Los seccionadores:** \_ son equipos que no están diseñados para interrumpir corrientes de cortocircuito ya que su función es la de abrir circuitos en forma automática después de cortar y responder a un número de predeterminado de impulsos de corriente de igual o mayor valor que una magnitud previamente predeterminada, abren cuando el alimentador primario de distribución queda desenergizado.

En cierto modo el seccionador permite aislar sectores del sistema de distribución llevando un conteo de las operaciones de sobrecorriente del dispositivo de respaldo. El medio aislante para estos equipos puede ser aire, aceite o vacío y al igual que en los restauradores estos equipos también se dividen en:

- Hidráulicos.
- Electrónicos.

Los seccionadores utilizados comúnmente en las instalaciones eléctricas son:

- Seccionadores de cuchillas giratorias: son de los más empleados en media tensión. Se compone de dos aisladores un contacto fijo y un contacto móvil o cuchilla giratoria.
- Seccionadores de cuchillas deslizantes: tienen la ventaja de requerir menor espacio en las maniobras que las giratorias gracias a la forma como se desplazan sus cuchillas, aunque tienen una capacidad de desconexión menor a las giratorias.

**Las cuchillas:** \_ son los elementos que sirven para seccionar o abrir alimentadores primarios de distribución, su operación es sin carga y su accionamiento de conectar y desconectar es por pértiga, abriendo o cerrando las cuchillas una por una o en grupo según el tipo de la misma; su montaje en poste puede ser horizontal o vertical.

**Sistemas de tierra:** \_ Los sistemas de puesta a tierra es un conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico sin interrupciones ni fusibles que unen las redes eléctricas con el suelo o terreno. En la norma de bajante para tierra se tiene que toda bajante para tierra debe de estar construida por material de cobre, por ningún motivo se debe de utilizar conductores ACSR o AAC, así como también consta de un electrodo para

tierra y un conector mecánico para tierra. Los bajantes para tierra podrán ser utilizados tanto para condiciones de ambiente normales como con contaminación.

Las especificaciones para el alambre de cobre, el electrodo y el conector mecánico están dadas por las normas E0000-32, 56100-16 y 2DI00-25 respectivamente donde se pueden encontrar las características y pruebas realizadas a estos mismos para su correcto funcionamiento. También se debe de tomar en cuenta que la resistencia máxima del suelo para condiciones secas no deberá ser mayor de 25 ohms y para condiciones húmedas no deberá exceder los 10 ohms.

**Bajante para tierra:** \_ La bajante para tierra está compuesta por conductor de cobre conectado a uno o varios electrodos para tierra e interconectados. Estos electrodos pueden estar formados por uno o más electrodos para tierra o por conductores de cobre enterrados y conectados a un electrodo para tierra. Algunas consideraciones a tomar son:

- La bajante de tierra en postes de concreto se hace por el interior del poste.
- Debe ser en una sola, es decir, un solo conductor de una pieza (sin empalmes) al cual se conectarán las terminales de los Apartarrayos, por medio de cruceta.
- El extremo superior de la bajante de tierra se debe conectar directamente a la cruceta de fijación de los Apartarrayos sujeta y oprimida por la tuerca de la abrazadera “u” de la cruceta. En el caso de hilo de guarda se debe conectar directamente a él.
- De existir "puentes" en la estructura, la conexión se hará en un “puente” no en la línea con tensión mecánica.

**Electrodo para tierra:** \_ El electrodo para tierra es un cuerpo metálico conductor con forma de varilla, en contacto mínimo con el suelo y destinado a establecer una conexión con el mismo. Estos deben de estar libres de grietas, desprendimientos, áreas desnudas, escurrimientos o cualquier otro desperfecto.

**Aisladores:** \_ Aisladores tipo poste: Un aislador tipo poste es aquel que consiste de una pieza de material aislante ensamblado permanentemente a una base metálica y en ocasiones a un herraje para fijación del conductor, para ser montado rígidamente a una estructura o cruceta por medio de un perno o varios tornillos.



Fig. 2.5.2.1 aislador tipo poste.

Este aislador se divide en dos tipos importantes:

- Aislador para zonas contaminadas (PC).
- Aislador para zonas con descargas atmosféricas (PD).

Los aisladores para zonas contaminadas son aisladores de tipo poste que por sus características dimensionales de diseño del perfil y materiales, es adecuado para trabajar en zonas con nivel de contaminación media, alta y extra alta. Los aisladores para zonas con descargas atmosféricas son aisladores de tipo poste que por sus características dimensionales de diseño del perfil y materiales, es adecuado para

trabajar en zonas con incidencia de descargas atmosféricas, con una probabilidad mínima de flameo o perforación a 60 Hz.

Los aisladores tipo poste se clasifican de acuerdo ha:

- Tensión eléctrica nominal del sistema (Kv): será de 13,8, 23, 34,5.
- Instalación: ya sea en postes de madera, fibra de vidrio, metálicos o postes de concreto.
- La zona de aplicación: puede ser de contaminación o descargas atmosféricas.
- Material: puede ser envolvente de hule silicón con núcleo de fibra de vidrio, porcelana, concreto polimérico.
- Distancia de fuga: puede ser con distancia de fuga simple o distancia de fuga protegida.

**Aislador tipo suspensión.**\_ Un aislador de tipo suspensión es un arreglo de esbozo aislante y herrajes para el acoplamiento no rígido con otras unidades o al herraje de sujeción. Los aisladores tipo suspensión se pueden clasificar en:

- Por su aplicación: pueden ser de horquilla y ojo anular o calavera y bola.
- Por su aplicación: puede ser para condiciones normal, con contaminación y corrosiva.

Normal: Es aquella con niveles de contaminación menores o iguales a 0.06 mg/cm<sup>2</sup>.

Contaminada: es la que sobrepasa los niveles de 0.06 mg/cm<sup>2</sup>.

Corrosiva: es aquella donde existen ambientes industriales, de alta humedad y marinos que aceleran la degradación de partes metálicas del aislador. Para el aislamiento el esbozo debe tener un acabado vidriado y liso; de constitución homogénea, compacta y libre de porosidades. Los aisladores de porcelana deben ser de color gris o café oscuro y los de vidrio templado deben ser verdes o de un color claro translucido.

El vástago (ojo anular o bola) debe ser de acero o hierro nodular o maleable que cumpla con el valor de la resistencia mecánica para su aplicación. La posición del vástago debe ser perpendicular al plano del esbozo del aislador y estar alineado con

respecto al eje central del esbozo y horquilla o calavera. Entre los aisladores de suspensión también se encuentran los aisladores “asus”, los cuales son aisladores de tipo sintéticos.

Los aisladores de suspensión sintéticos son aquellos que están formados al menos de dos partes aislantes, llamadas núcleo y una cubierta, equipada con herrajes metálicos para su uso en tensión o suspensión. El núcleo tiene una cubierta integral hermética, sobre la cual se colocan los faldones.



Fig. 2.5.2.2 aislador tipo suspensión.

**Aislador tipo carrete y retenida.** El aislador de tipo carrete (1c) tiene forma cilíndrica, con una o varias ranuras circunferenciales externas y perforado axialmente para su montaje. En media tensión son utilizados normalmente para el neutro o el hilo de guarda. El aislador de tipo retenida es un aislador de forma cilíndrica con dos agujeros y ranuras transversales. Es utilizado en tirantes de postes de remate final e intermedio.

Los comúnmente más utilizados son los 3r y los 4r que son para 23 Kv y 33 Kv respectivamente. El material del que están hechos es porcelano. El aislamiento debe tener una superficie vidriada y lisa, de constitución homogénea, compacta y libre de porosidades.



Fig. 2.5.2.3 aislador tipo carrete.

## 2.6. Estructuras (postes)

Se consideran estructuras de líneas de media tensión todas aquellas que soporten conductores cuya operación sea de 13 hasta 33 kV. La identificación de las estructuras está codificada con base al tipo, de la posición de los diferentes niveles y número de conductores en la estructura. Esto facilita su sistematización al momento de presupuestar o requerir materiales.

Las estructuras metálicas, incluyendo postes de alumbrado, canalizaciones metálicas, marcos, tanques y soportes del equipo de líneas, cubiertas metálicas de los cables aislados, manijas o palancas metálicas para operación de equipo, así como los cables mensajeros, deben estar puestos a tierra efectivamente de tal manera que durante su operación no ofrezcan peligro a personas o animales.



### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Media Tensión

##### Localización Del Lugar

Presas la angostura más formalmente llamada C.H. Belisario Domínguez es una presa ubicada en el cauce del Rio Grijalva en el municipio de Venustiano Carranza, Chiapas; con una localización  $16^{\circ}24'06''N$   $92^{\circ}46'30''$ . Como se muestra en la figura.

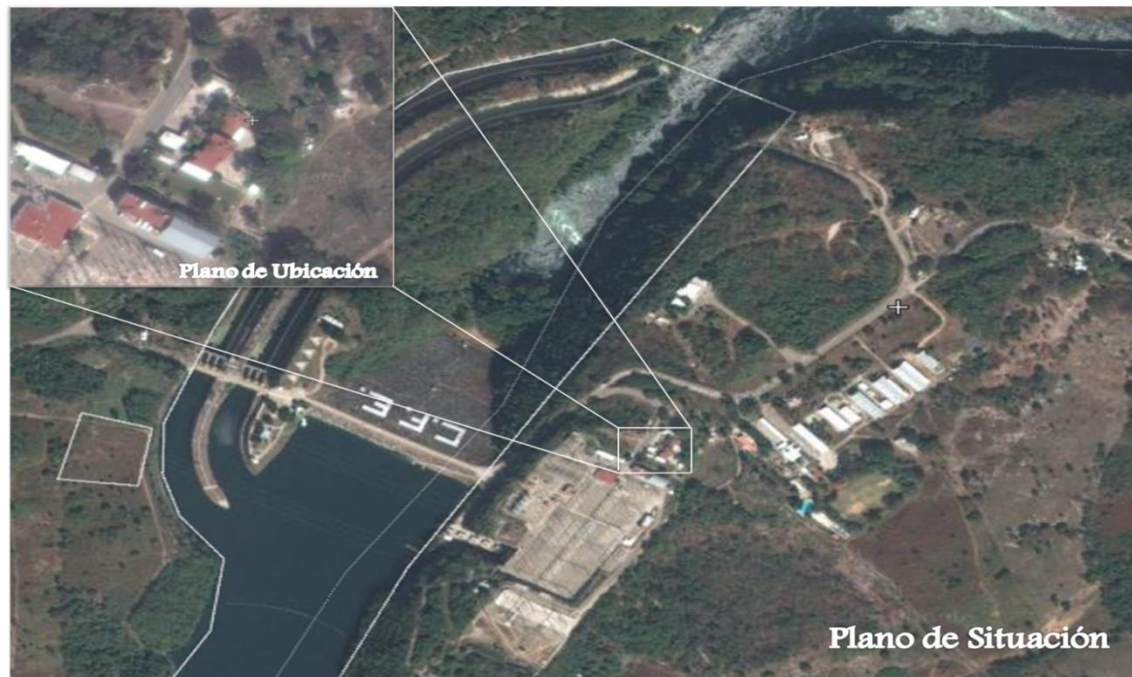


Fig. 3.1.1 Localización de lugar de trabajo.

##### Reconocimiento de Campo

Para el levantamiento de obra, se realizó un estudio geotécnico o reconocimiento de campo para la construcción ya que tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarias para definir el tipo y condiciones de construcción; tomando en cuenta limitaciones y delimitaciones de dicho lugar. Para el estudio geotécnico se necesitó un plano topográfico para la ubicación de los servicios a alimentar.

Una vez localizada el camino que pudiera resultar conveniente para el trazo de la línea de media tensión, con una cinta de 50m se midió la distancia entre las estructuras

obligadas y en base al tramo máximo de la estructura que se seleccione, se distribuirá equidistantemente el número de estructuras en dicho tramo.



Fig. 3.1.2 Estudio geotécnico de lugar de obra.

De acuerdo al reconocimiento de campo se realiza un presupuesto aproximado, que se le hace llegar al cliente, y así el cliente da la autorización para empezar los trámites necesarios para la acreditación de proyecto; donde la acreditación lo da CFE ya que el

efectúa la aprobación de dicho proyecto. Una vez aprobado el proyecto pasamos al levantamiento de obra, siguiendo con las normatividad que CFE maneja.

### **Libramientos (brechas)**

Si hablamos de libramientos o libranza se refiere en hacer un espacio, es decir, una brecha en donde los conductores atravesaran hasta llegar al equipo eléctrico (transformador). Así que para cuando se tenga que talar árboles para abrir brecha se requiere la autorización de la SEMARNAT y PROFEPA de preferencia para la apertura de la brecha, se debe considerar arboles maduros.



Se debe eliminar todo los árboles secos o en terrenos flojo para evitar que al caer pudiera pegar la línea. La brecha se debe ejecutar dentro del ancho del derecho de vía, antes de podar o cortar árboles se debe pedir la autorización del propietario del árbol. La poda se debe efectuar con cuidado y buen juicio y a la vez debe ser satisfactorio para el propietario del árbol. Es recomendable que la persona que obtuvo el permiso debe estar presente para asegurar el trabajo. Las herramientas necesarias para la realización de la poda de árboles son escalera, motosierra, tijeras o sierra hidráulica o machete para uso limitado.



Fig. 3.1.3 Eliminación de árboles para la ejecución de la brecha para media tensión.

En la figura 3.1.3 se observa la poda del árbol ya que era un obstáculo para la colocación de la línea; en donde se utilizaron herramientas como motosierra y machetes. La motosierra se usó para el corte de troncos grueso y el machete para ramas delgadas. Lo cual, las ramas y troncos gruesos se cortaron en trozos pequeños para tener mejor despliegue en su limpieza.

Por último se realiza una limpieza obligatoria del podador que es recoger todas las ramas y hojas que se hayan cortado. El sitio debe quedar limpio independientemente de su ubicación.



Fig. 3.1.4 Limpieza del área de trabajo.

Se realizó la limpieza del lugar donde se cortó el árbol dejando libre de ramas o troncos que puedan ser un obstáculo para el movimiento de la colocación del conductor, el paso de los trabajadores de la instalación de la media tensión, el paso de transportes de material y transporte de limpieza (volteo).

En el lugar de la poda del árbol se presentó la persona que obtuvo el permiso de cortar el árbol, así permitiendo la factibilidad de ejecutar dicho trabajo. Manteniendo un buen corte y no afectando otros espacios cercanos a la caída del árbol.

### **Empotramientos (cepas)**

Una vez que se cuenta con el trazo y estacado de la línea, la excavación de las cepas es la primera acción propia para el conductor, por lo que se requiere que el supervisor de la obra compruebe las características de las cepas. Se debe tomar en cuenta que la cepa debe de estar al centro de la línea de trazo para que los postes queden alineados, ya que el poste debe quedar al centro de la cepa. Ante de empezar las cepas, se necesitan comprobar las dimensiones de la misma, así como las características de consistencia del terreno, las del poste a hincar del ancla a enterrar.



Una vez comprobadas las dimensiones se inicia las excavaciones de las cepas para postes y para las anclas; la profundidad de la cepa para empotrar postes está en función del tipo de terreno, de la altura del poste y su diámetro en el empotramiento. El diámetro de cepa es de 50cm como mínimo en todos los casos. CFE0 30 00 02



Fig. 3.1.5 Excavación de cepa para poste.

Para cepa para hincar el poste debe tener un diámetro de 50cm (mínimo) y una profundidad indicada en la norma 03 00 02 en función al tipo de terreno. En el caso del trabajo realizado se escavo una cepa de 170cm ya que se consideró un terreno blando (terreno normal) y se complementó con piedras compactándola junto con la misma tierra que se extrajo de la excavación de la cepa.

Ya teniendo la cepa echa se pasa a insertar el poste en la cepa centrándolo con la ayuda de una grúa, girando el poste para que la cara con las características del mismo quede del lado tránsito.



Figura 3.1.6 En la imagen izquierda se observa a la grúa lo cual ayudó en el traslado y a la colocación del poste; la imagen derecha se observa la colocación del poste en la cepa.



Ya con el material extraído en la excavación se rellenó alrededor del poste y compactándolo; plomeando el poste y continuando con el relleno de la cepa en capas, al mismo tiempo compactándolo. Después de rellenar el poste se verifica la verticalidad del poste.



Después de la cepa para poste se pasó a realizar la excavación de cepa para en ancla; con una profundidad similar a la cepa para poste pero con la diferencia de profundidad. La profundidad de la cepa para ancla fue de 140cm y con una inclinación de 45°.



Fig. 3.1.8 Excavación de cepa para ancla.

Donde el perno del ancla debe quedar 20cm fuera del nivel del piso y se hace una zanja para que el perno quede alineado al punto de sujeción del cable de retenida en la estructura. Como se muestra en la figura siguiente:



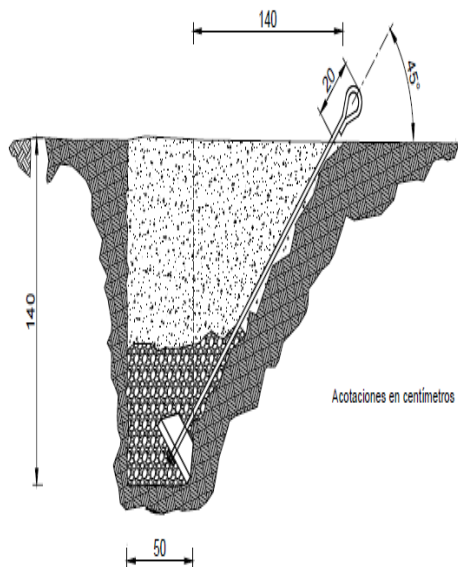


Fig. 3.1.9 Modo de colocación de un ancla.

Para la compactación del ancla no requirió de otros materiales sino del mismo material extraído agregando piedras y plomeando para su mejor sujeción.

*Una observación que se hizo fue en el empotramiento fue eliminar huecos entre las piedras. También se comprobó la existencia de instalaciones de agua, drenaje, cables para no dañarlas.*

### Ensamblajes

En esta parte se hace mención de la parte de instrumentación, lo que con lleva al montaje los diferentes herrajes que lleva una estructura de media tensión en un sistema aéreo; como con abrazaderas, pernos, crucetas, aisladores, pernos, entre otros. Posteriormente se selecciona los herrajes considerando sus medidas en función del nivel de fijación al poste.

Para subir los herrajes al poste se debe usarse soga mandadera, sujetando bien los herrajes correcta y bien firmes a la soga y observando a que no se dañe al momento de subirlo y al igual evitando accidentes. También es obligatorio dar seguridad al personal en la realización de estos trabajos.



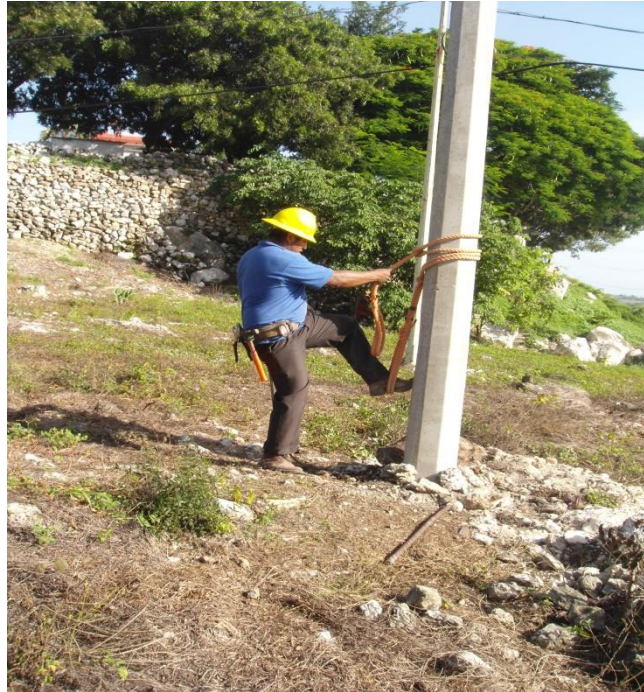


Fig. 3.1.10 se observa el equipo necesario del personal para la realización de obra (casco, maneads, cinturón de seguridad, botas eléctricas).

**Herrajes:** \_ como puede observar se llevó a la vestimenta del poste de acuerdo a su medida de función para la colocación del conductor. Se utilizó dos tipos de estructuras el TS3N Y TD3N de acuerdo a ello se empezó a colocar los herrajes. 05 T0 10

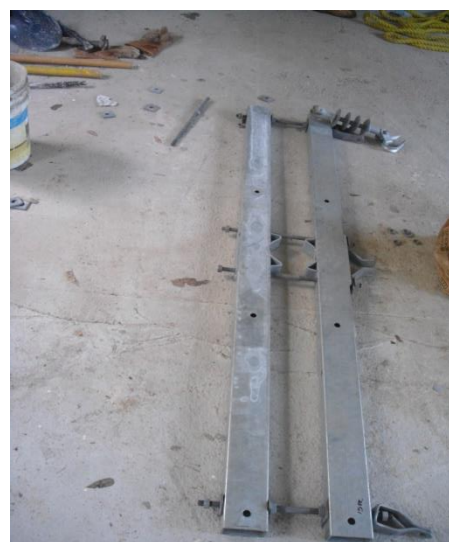


Fig. 3.1.11 la imagen izquierda es una cruceta C4T con aisladores tipo poste 13PC, la imagen de la derecha es un cruceta doble PT200, PT250 con aisladores de suspensión (Asus).



Así mismo se empezó con la vestimenta del poste.



Fig. 3.1.12 Colocación de la cruzeta doble PT200, PT250.

La colocación de la cruzeta doble fue en el primer poste de la transición y al final en la colocación del equipo eléctrico (transformador).





Fig. 3.1.13 Colocación de cruceta C4T y aislador tipo poste 13PC.

## Retenida

Es un elemento mecánico que sirve para contraerse las tensiones mecánicas de los conductores en las estructuras y así eliminar los esfuerzos de flexión en el poste. Las retenidas se instalan en sentido opuesto a la resultante de la tensión de los conductores por retener. Se debe anclar en el piso con ángulo de 45°. Para estructuras RD, AD y DA, las retenidas se colocan en la dirección de la línea, para contrarrestar la tensión horizontal de los cables. 06 00 05



Fig. 3.1.14 Colocaciones de retenida.

En la colocación de retenida como se observa en la figura se tensa de manera contraria a la tensión de los conductores, de tal manera que en la tensión de la retenida se debe tener cuidado ya que se puede dañar el poste por ejemplo haciendo cuarteaduras o podría llegar hasta quebrarse el poste. La retenida que se utilizó fue RSA (retenida sencilla de ancla).



## Conductor

Para seleccionar conductores se deben considerar factores eléctricos, mecánicos, ambientales y económicos. Eléctricamente se calcula el calibre en función de la carga por alimentar y la distancia de la fuente a la carga. (Analizando regulación y pérdidas de energía por conducción). Empleando como mínimo 1/0 ACSR, 3/0 AAC y N° 2 Cu. **07 00 00.**



Fig. 3.1.14 se observa el conductor 1/0 AWG O KCM ACSR (cable de aluminio con refuerzo central de acero)

**Tendido y Tensado de Conductores:** \_ para el tendido y tensado de los conductores requiere ciertas técnicas; los conductores están enrollados en carretes de madera como se observa en la figura anterior. Los carretes se deben de izar mediante cadenas o estrobo. En el caso del trabajo realizado se usó dos crucetas, montacargas, un tubo de fierro, menas y el poste (fig. 3.1.14). Así evitando que el carrete asentara sobre el suelo.

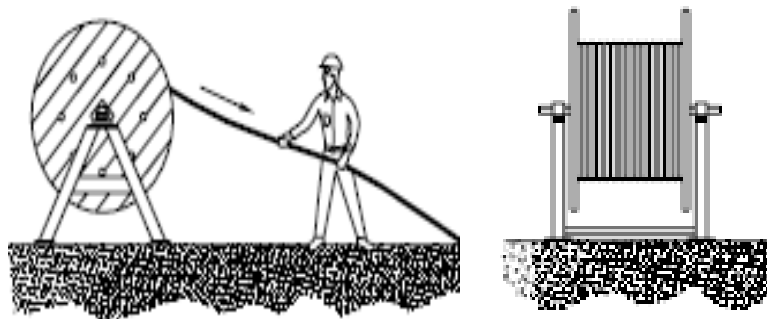


Fig. 3.1.15 Ejemplo de Tendido de Cable.

Así mismo se pasó a tender el cable, donde una persona se encarga de estabilizar el carrete a que caiga o tenga algún problema en el momento de tender el cable.



Fig. 3.1.16 Tendido de Cable.

Y otra persona es encargada de jalar el cable hacia lo puntos referenciados de los postes. Una vez tendido el cable se pasa a subir los conductores a las crucetas.



3.1.17 Tendido de los conductores y colocados en la cruceta.





Fig. 3.1.18 Realización de Tensado de los Conductores.

Tal como se muestra en la figura se realizó el tensado de los conductores, utilizando un montacargas y un a herramienta llamada tensor donde su función es jalar el cable a una cierta tensión para no dañar tanto el cable y las estructuras puesta y así tener una buena suspensión del cable.

### Equipo Eléctrico

En esta parte del trabajo se realizó la colocación del equipo eléctrico, es decir, el transformador. Donde incluye fusible para la protección contra sobre corriente, la conexión de las unidades que integra cada banco en función del sistema de alimentación de media y baja tensión, así como calibres del banco para alimentar la red de baja tensión.



Fig. 3.1.18 Transformador de 45 KVA (PROLEC).

Como se muestra en la figura el transformador se transportó en una camioneta particular, así también se observa la placa de información del transformador como lo marca la NOM-ANCE. Antes de colar en transformador se colocaron protecciones de sobre voltajes (apartarrayos) y también protección sobre corrientes (fusibles).

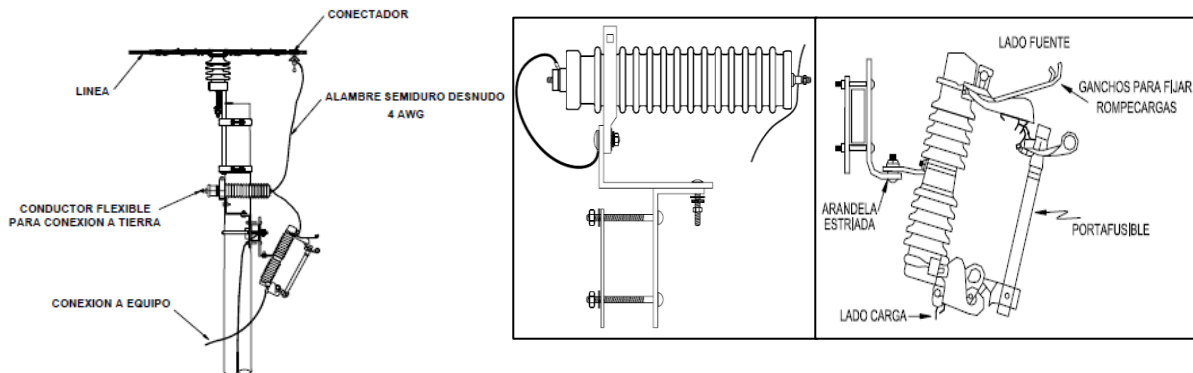




Fig. 3.1.19 la imagen de la izquierda es la colocación de apartarrayos y fusibles; la imagen de la derecha es la posición en la que se debe colocar dichas protecciones.



Fig. 3.1.20 Protecciones se Sobre-Voltajes y Protecciones de Sobre-Corrientes.

Con la ayuda una máquina de construcción se pudo colocar el transformador en su respectivo lugar, sujetándolo con cadenas resistentes y firme para evitar percances como dañar el mismo transformador o personas que pueden estar cerca de la maniobra.





Fig. 3.1.21 Colocación de transformador con ayuda de una maquina constructora.

**Sistema de tierra:** \_ La seguridad del personal y equipo es de primordial importancia en los sistemas de distribución, por lo que el neutro y la conexión a tierra tienen la misma importancia que las fases energizadas. Normalmente los sistemas de tierra deben construirse con alambre de cobre semiduro desnudo de 5.19 mm de diámetro (calibre N° 4 AWG) mínimo. La bajante para tierra en nuevas instalaciones se debe de instalar en el interior del poste, para el caso de instalaciones existentes se podrá instalar por el exterior utilizando protector TS. La bajante para tierra está compuesta por conductor de cobre conectado a uno o varios electrodos para tierra y equipos de la estructura.



Fig. 3.1.22 Colocación de un sistema de tierra.



Fig. 3.1.23 Colocación de un sistema de tierra al transformador, una conexión delta.

Después de un largo trabajo en la instalación del sistema de media tensión se pasó a la instalación del sistema de baja tensión, que empezaremos desde la acometida hasta terminar con una buena instalaciones de equipo y accesorios eléctricos.

### 3.2. Instalación de Baja Tensión

#### Acometida

Las acometidas son los recorridos que van desde la red de distribución eléctrica hasta el contador eléctrico, instalando en los predios de usuario del servicio. Estas se dividen. Aéreas y subterráneas. En la acometida aérea, las líneas de distribución van por el aire, desde el poste hasta el tubo de la bajante de dirección al contador. Calibre del cable es de 10 hacia abajo en AWG. En la acometida subterráneas, las líneas de alimentación van por ducto y bajo tierra, el calibre del cable s de #14 AWG.

En las acometidas trabajan con varios sistemas: sistema monofásico bifilar, sistema bifásico trefilar y sistema trifásico tetra filar. En término generales un transformador es un dispositivo que aumenta o disminuye el voltaje de un circuito de CA. Un sistema de corriente trifásica es el conjunto de tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud que presenta una diferencia de fase entre ellas. Una vez instalada y colocada el transformador se pasa a realizar la instalación de baja tensión y como primer paso se realiza la conexión de la acometida, del transformador hacia el contador eléctrico. En ella se utilizó un conducto de cobre forrado del calibre #2 AWG.





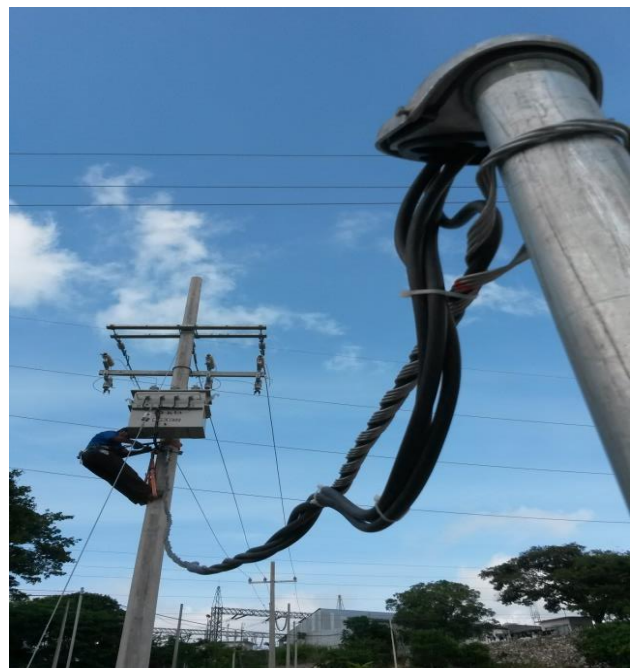


Fig. 3.2.1 Instalación de Acometida del Sistema de Baja Tensión.

En las figura 3.2.1 se observa las instalación de la acometida de baja tensión, lo cual se realizó con una buena estética, dejándolo trenzado entre sí para tener una fijación y firme para que no quede los cables sueltos, también se dejó con un ángulo de 45°. Utilizando cables de cobre calibre 2 AWG en la conexión de fase y conexión del neutro. Luego de realizar la instalación de la acometida, se realiza la conexión en el lector eléctrico (medidor).

### CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

$$I_{cc} = (KVA \text{ b} \times 100) / (\sqrt{3} \times V_n \times Z_{eqF})$$

$$I_{cc} = (45 \times 100) / (1.732 \times 0.22 \times 4.166) = 2,834.80 \text{ A}$$

Ahora ya tenemos una idea en cuanto a la capacidad de cortocircuito a lo que someterán a los equipos; por lo tanto deben estar bien proyectados nuestros sistemas de protección para evitar daños cuantiosos, lesiones al personal, interrupciones de energía, así como la producción.

### CAIDA DE TENSION

$$\%e = (3 * L * I) / (V_n * S)$$

Si conocemos la distancia que habrá del transformador al interruptor principal y para fines de cálculo consideramos un porcentaje de caída de tensión de 2%.

$$S = (3 * 50 * 143.43) / (127 * 2) = 84.70 \text{ mm}^2$$

$$\%e = (3 * 50 * 143.43) / (127 * 3.307) = 51.22$$

### Lector Eléctrico

Los medidores trifásicos también son conocidos como medidores multi-fase la diferencia entre un medidor de consumo eléctrico trifásico y un medidor monofásico se encuentra en la diferencia cantidad de elementos de medición. Los medidores trifásicos tienen elementos de medición de 220V, y es aplicado a sistemas de suministros de energías trifásicas. El medidor trifásico indica la diferencia de fase y es usado para una lectura precisa y rápida del consumo de energía activada de una red de electricidad CA trifásica.

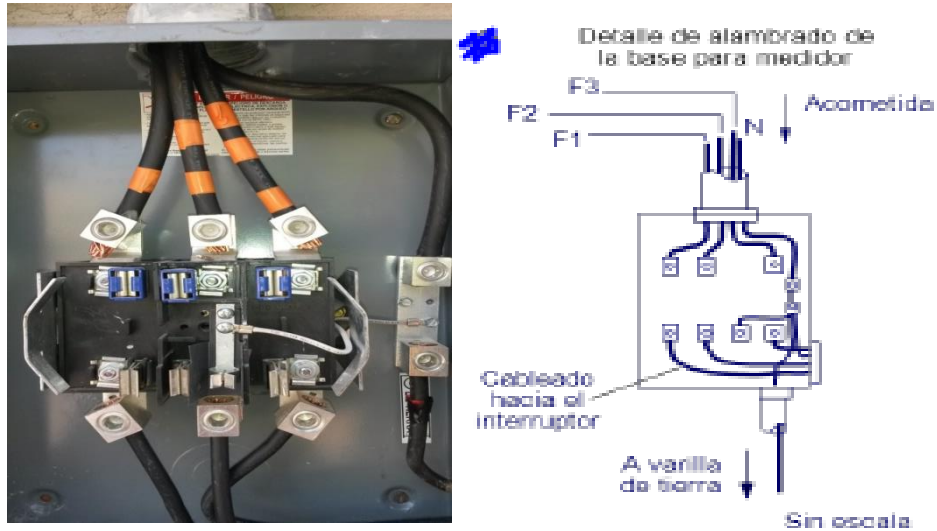


Fig. 3.2.2 conexión en el lector eléctrico trifásico y las partes que la componen.

### Centro de Carga Principal

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



Fig. 3.2.3 Conexión del Interruptor Principal. Interruptor termo magnético FAL32100.



Lo cual este interruptor general será el protector de los circuitos derivados, donde los protege de cortocircuitos cuando se produzca un escape de corriente. Lo que llevo a la conexión con el tablero de distribución pero antes de eso se llevó a una caja de registro donde se concentra el paso de las conexiones hacia el tablero de distribución, también se instaló un sistema de protección denominado también un sistema de tierra, con un electrodo de cobre de 3m de largo.



Fig. 3.2.3 Instalación de Sistema Protección (Tierra Física).

### **Tablero de Distribución o Derivación de Circuitos**

El tablero de distribución consiste en paneles sencillos o conjuntos de paneles diseñados para ser ensamblados en forma de un solo panel que incluye: barrajes, elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobre corrientes y que puede estar equipados con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza. Los tableros de distribución son diseñados para la instalación en gabinetes o cajas o montados sobre la pared y son accesibles para su frente. El tablero que la obra se utilizó fue el tablero NQOD304AB21S 3 FASES 4 HILOS.



Fig. 3.2.4 Tablero NQOD304AB21S 3 FASES 4 HILOS

De igual manera este tablero de distribución se le conectó un sistema de tierra para protección de sobre-corrientes, esta conexión se realizó en el mismo electrodo que anteriormente se instaló en el tablero principal. Ya que el tablero y los circuitos o ya se los instrumentos deben ser protegidos por un dispositivo como tierra física.



Fig. 3.2.5 conexión de a tierra física.



## Colocación de Conductores

Después de una buena conexión del tablero de distribución se empezó con el cableado del lugar, pero antes del cableado se organizó la función de cada color de cable para tener una buena organización en la instalación. Los colores que se manejó son los siguientes:

FASE 1, 2,3- ROJO (CAL. #12AWG ALUMBRADO) (CAL. #10AWG CONTACTO).

NEUTRO- NEGRO (CAL. #10AWG).

TIERRA- BLANCO (CAL. #12AWG).

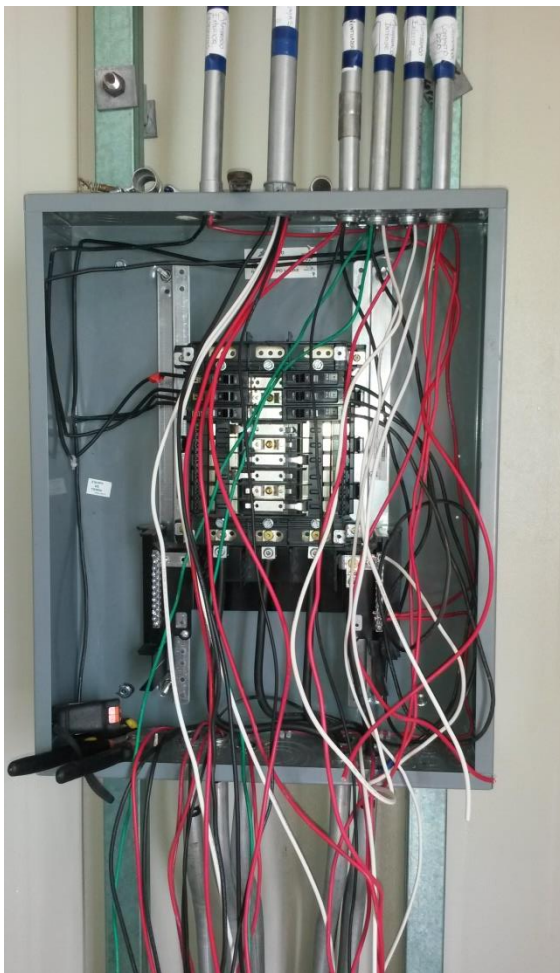




Fig. 3.2.6 colocación de cables para la instalación de accesorios.

En ella se colocó los cables antes mencionados conforme a los colores organizados desde el principio, la organización de colores nos sirve para tener un mejor conocimiento de la dirección del cable y evitar accidentes en uno mismo y al usuario, si el cable será conexión de contacto o luminaria o algún otro instrumento eléctrico.

### **Instalación de Accesorios e Instrumentos Eléctricos**

Proseguimos con la instalación de accesorios eléctricos contactos, luminarias, entre otras; ya que no existe ninguna confusión en el destino de cada cable, se empezó a conectar los accesorios.

Empezamos la instalación de los tomacorrientes (contactos):



Fig. 3.2.7 Instalación de Tomacorrientes. CONTACTO POL Y AT. 127 V 200W.

Instalación de luminarias:



Fig. 3.2.7 Se Instaló Luminarias con sus respectivos Apagadores.



Instalación de ventiladores:



Fig. 3.2.8 Instalación de ventiladores. VENTILADOR BIRTMAN 100W BLANCO DE 3 ASPAS MOD. CF – 561.

Instalación de aires acondicionados:



Fig. 3.2.9 Instalación de aire acondicionado. Equipo condensador mini split 1 ton.



En el encerramiento de los tableros de distribución debe tener sendos espacios arriba y abajo, dimensionados para el conductor de mayor sección que entre o salga de la caja, para facilitar el curvado suave y gradual de los conductores que entran o salgan de la caja. Los espacios laterales deben cumplir y deben estas dimensionados para el conductor de mayor sección que termine en estos espacios. Por ello se arregló y se puso estética al trabajo para una mayor satisfacción al trabajo.



Fig. 3.2.10 Realización de estética al tablero de distribución.

### Transición

Después de una completa instalación en baja y media tensión llego la hora de hacer la transición en media tensión, es decir, la conexión eléctrica de una línea de media tensión existente a otra línea de media tensión creada; lo cual esta maniobra se realiza después de haber hecho toda la instalación de baja y media tensión. Pero antes de eso se coloca dos sistemas de protecciones: protección de sobrecorriente (fusible) y un sistema de protección llamado tierra física. Estas protecciones se muestran en la figura 3.2.11.

Fig.3.2.11 Las imágenes de arriba son el armado y colocación de la protecciones de sobre



corriente; las imágenes de abajo es la instalación del sistema de tierra.



### 3.3. Resultado

Como resultado en la instalación del sistema de media y baja tensión se obtuvo un buen trabajo realizado durante esta obra, al igual obtuvimos un buen desempeño en el ámbito laboral, lo cual nos llevó a un buen trabajo obteniendo un excelente trabajo.



Fig. 3.3.1 transformador y acometida aérea.



3.3.2 lector eléctrico trifásico e interruptor principal.



Fig. 3.3.3 tablero de distribución.



Fig. 3.3.4 contactos polarizados y apagadores.





Fig. 3.3.5 luminarias.



Fig. 3.3.6 ventiladores



Fig. 3.3.7 aires acondicionados.

En lo personal obtuve un buen desempeño y un buen resultado ya que es una gran experiencia trabajar en este tipo de proyectos, porque conoces muchas formas de que como trabajar en media y baja tensión. También conoces toda cuestión de herramientas y un sistema de protección laboral. Gracias al equipo de protecciones civiles no hubo ningún tipo de percances, se trabajó de manera seria y firme debido a los riesgos que ahí se presenta.

## 4. CONCLUSION

Este trabajo se llevó a cabo con la finalidad de que como ingenieros eléctricos podamos tener el conocimiento acerca de lo que son las instalaciones aéreas de media y baja tensión si como accesorios que las constituyen y conocer los diferentes equipos de protección que se utiliza hoy en día.

Dentro de las instalaciones aéreas de media tensión y baja tensión lo primordial es mantener un servicio lo más continuo posible ante cualquier falla como ser las causadas por personas hasta las más comunes como son las originadas por las descargas atmosféricas, por lo que se procura que todo movimiento o trabajo que se realice se haga conforme a la norma, la cual nos dictara hasta el más mínimo detalle de cómo realizarlo para que el trabajo salga correcto, sin ningún peligro para el personal y un ahorro de tiempo.



## 5. BILIOGRAFIA

- Elementos de Líneas de Transmisión Aéreas
- Especificación para Servicio Trifásica **CFE EM-BT301**
- Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica.
- Reglamento de la ley del servicio público de energía eléctrica.
- Norma oficial mexicana NOM-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización).
- Ley federal de metrología y normalización, su reglamentación.
- Norma oficial mexicana NOM-008-SCFI-2002, sistemas generales de unidades de medida.
- NOM-029-STPS-2012
- PROY-NOM-029-STPS-2011 DOF-210911
- CONSTRUCCIÓN DE OBRAS POR TERCEROS ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CFE DCPROTER
- CONSTRUCCIONES DE INSTALACIONES AEREAS EN MEDIA TENSION Y BAJA TENSION (DCCIAMBT)
- Squared Interruptores
- <http://www.prime.com.mx/>
- Catalogo <http://tecnolite.lat/>
- <http://www.viakon.com/>

## ANEXO A

**MATERIAL ELECTRICO EN GENERAL****INSTALACIONES ELECTRICAS**

PROYECTOS DE ELECTRIFICACION Y ALUMBRADO PÚBLICO.

TEL Y FAX: 968 68 4 39 22 CEL: 968 105 8135

EMAIL: [tiorfemoreno@gmail.com](mailto:tiorfemoreno@gmail.com)**MATERIAL, EQUIPO ELECTRICO, PROYECTOS Y SERVICIOS ELECTRICOS EN MEDIA Y BAJA TENSION.**

SUCC. 1A. AVENIDA NORTE PONIENTE N. 283 COL. CENTRO, CINTALAPA, CHIAPAS.

16 agosto 2016

CANTIDAD	UNIDAD	CONCEPTO		
01	PZA	BASE DE MEDICION 3F 200AMP 7 MORDAZAS SOD		
01	PZA	TRAMO DE 3MT TUBO CONDUIT P. GRUESA 64 MM		
01	PZA	CONECTOR RECTO P.TUBO CONDUIT 64 MM		
12	PZA	TRAMO DE 3MT TUBO PVC PESADO 64 MM		
04	PZA	CODO DE 90° PVC PESADO 64 MM		
01	PZA	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO FAL32100		
01	PZA	GAVINETE P.INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO FAL32100		
01	PZA	TABLERO <b>NQOD304AB21S</b> 3 FASES 4 HILOS C. INTERRUPTOR PRINCIPAL 100A		
02	PZA	JGO. CONTRA Y MONITOR P. GRUESA 64 MM		
11	MTS	CABLE THW CAL. 1/0 CONDELMEX, VIAKON O SIMILAR		
50	MTS	CABLE DESNUDO AWG CAL. 8 CONDELMEX, VIAKON O SIMILAR		
01	PZA	VARILLA COPERWEL 13MM 3 MTS LONG. CON CONECTOR		
01	PZA	TABLERO <b>NQOD124AB11</b> 3 FASES 4 HILOS C. INTERRUPTOR PRINCIPAL 100A		
03	PZA	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD 2X30 LM221 SOD		
30	PZA	LUMINARIA <b>GAMA LED 36 W</b> MAGG SOBREPONER		

01	PZA	LUMINARIA <b>200 LED 12 W</b> MAGG SOBREPONER (XDY1N)
02	PZA	LUMINARIA <b>FERRO TL 1810/S</b> TECNOLITE SOBREPONER
07	PZA	VENTILADOR BIRTMAN 100W BLANCO DE 3 ASPAS MOD. CF – 561
17	PZA	CONTACTO POL Y AT. 127 V 200W MAGIC DE BTICINO O SIMILAR
01	PZA	CONTACTO POL Y AT. 220 V 1500W MAGIC DE BTICINO O SIMILAR
17	PZA	APAGADOR SENCILLO. MAGIC DE BTICINO O SIMILAR
07	PZA	DIMMER PARA CONTROL DE VENTILADOR 100W MCA. BTICINO
13	PZA	TRAMO DE 3MT TUBO CONDUIT GALV. P. DELGADA 25MM
120	PZA	TRAMO DE 3MT TUBO CONDUIT GALV. P. DELGADA 19MM
15	PZA	NIPLE GALV AMERICANO P. DELGADA DE 25MM
80	PZA	NIPLE GALV AMERICANO P. DELGADA DE 19MM
05	PZA	CODO DE 90° GALV. P. DELGADA 25 MM
100	PZA	CODO DE 90° GALV. P. DELGADA 19 MM
04	PZA	CONTRA MONITOR GALV. P. DELGADA 25 MM
40	PZA	CONTRA MONITOR GALV. P. DELGADA 19 MM
04	PZA	CONECTOR RECTO AMERICANO GALV. P. DELGADA 25 MM
100	PZA	CONECTOR RECTO AMERICANO GALV. P. DELGADA 19 MM
04	PZA	CONDULET LL 25MM
40	PZA	CONDULET LB 19 MM
10	PZA	CONDULET T 19 MM
05	PZA	REDUCCION BUSHIM 25/19 MM
20	PZA	TRAMO DE 3MTS UNICANAL
300	PZA	ABRAZADERA PARA UNICANAL DE TUBERIA DE 19 MM
300	PZA	PERNO HILTEE ¼ DIA. X 2 " DE LONG.
03	PZA	CINTA SUPER 23 SCOTCH
15	PZA	CINTA SUPER 33 SCOTCH
140	MTS	CABLE THW CAL. 2 CONDELMEX, VIAKON O SIMILAR

2500	MTS	CABLE THW CAL. 10 CONDELMEX, VIAKON O SIMILAR
1100	MTS	CABLE THW CAL. 12 CONDELMEX, VIAKON O SIMILAR
600	MTS	CABLE THW CAL. 14 CONDELMEX, VIAKON O SIMILAR
01	PZA	EQUIPO CONDENSADOR MINI SPLIT 1 TON.
02	PZA	EQUIPO CONDENSADOR MINI SPLIT 3 TON.
07	PZA	KIT DE DUPTO PARA EQUIPO CONDENSADOR MINI SPLIT 3 TON.
02	PZA	SOLDADURA PARA COBRE
02	PZA	PASTA PARA SOLDAR.

**ING. TIORFE MORENO LOPEZ**  
ADMINISTRADOR UNICO

**bticino** **SQUAR E D** **IUSA** **Tecono lite** **ViaKON** **PHILLIPS** *Indiana*

### ANEXO B

En este anexo se muestra [el plano definitivo](#) del proyecto de media tensión.

