



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

TESIS

Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN INGENIERÍA
CON OPCIÓN TERMINAL EN
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Presenta:

RICARDO RIVERA HERRERA

Director de tesis:

M.I. Genaro Campos Castillo

Codirector de tesis

M.I. Victorino Turrubiates Guillen

Puebla, Pue.

Mayo 2020



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”



Oficio No. 0281/2020

C. Ricardo Rivera Herrera
Pasante de la Maestría en Ingeniería
con opción terminal en Sistemas Eléctricos de Potencia
Facultad de Ingeniería, BUAP.
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema titulado: **Propuesta para la transición de instalaciones de media tensión para la 13 Sur entre la Reforma y la Av. 11 Poniente, en la ciudad de Puebla.** Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Sistemas Eléctricos de Potencia. Asignándose como Director al M.I. Genaro Campos Castillo y Co-director al M.I. Victorino Turrubiates Guillén.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Pensar bien para vivir mejor"
H. Puebla de Zaragoza, enero 16 de 2020

M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández
Director

C.c.p. M.I. Genaro Campos Castillo y M.I. Victorino Turrubiates Guillén, Director y Co-director del Tema de Tesis.

C.c.p. Archivo

ABH/GCC/sco*

Facultad
de Ingeniería

Bvd. Valsequillo y Av. San Claudio
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610





“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
PRESENTE.

ASUNTO: IMPRESIÓN DE TESIS

LOS QUE SUSCRIBEN CATEDRÁTICOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA M.I. GENARO CAMPOS CASTILLO DIRECTOR DE TESIS Y CODIRECTOR M.I. VICTORINO TURRUBIATES GUILLÉN DEL TEMA “PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA” PRESENTADA POR EL ING. RICARDO RIVERA HERRERA CON MATRÍCULA No. 218470130 PASANTE DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA, NOS PERMITIMOS INFORMAR A USTED QUE DESPUÉS DE HABER REVISADO EL CONTENIDO TEMÁTICO, METODOLOGÍA, REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA NO TENEMOS INCONVENIENTE EN AUTORIZAR LA IMPRESIÓN DE LA TESIS.

SIN OTRO ASUNTO QUE TRATAR, RECIBA UN CORDIAL SALUDO

H. PUEBLA DE Z., 20 DE MARZO DE 2020

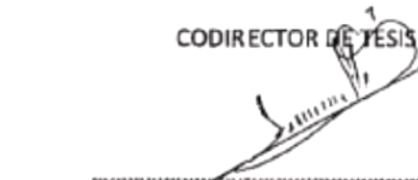
ATENTAMENTE

DIRECTOR DE TESIS



M.I. GENARO CAMPOS CASTILLO

CODIRECTOR DE TESIS



M.I. VICTORINO TURRUBIATES GUILLÉN

C.C.P. COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN SEP BUAP: M.I. GENARO CAMPOS CASTILLO



AGRADECIMIENTOS

Al M.I. Genaro Campos Castillo por la paciencia concedida a mi persona por su invaluable guía y su excelente consejo.

Al M.I. Victorino Turrubiates Guillen, por todo el apoyo brindado

Al Dr. Ismael Albino Padilla y al M.I. Juan Antonio Ávila Abrajan., por sus observaciones, sugerencias y finas atenciones durante la revisión del presente trabajo.

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de seguir adelante con mis estudios.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero.

A mis compañeros de clase; Arturo de la Cruz, Joel Abdi, Miguel Temoltzin y Abraham León. ¡Lo logramos!

¡A TODOS USTEDES, MUCHAS GRACIAS!

ESPECIAL DEDICACIÓN A

A Mis hijos Alexa y Ricardo, por y para ustedes.

A Yazmin, por ser una excelente esposa, amiga y compañera.

A mis padres Eugenio Rivera y Guadalupe Herrera. ¡Con su ejemplo, todo posible!

A mis hermanos Eddy, Margarita y Javier por su apoyo Incondicional.

¡Si se pudo!

*Un día desperté, me miré al espejo y ví en mí que podía...
Faltaba de todo en aquel entonces, pero ganas... ganas de sobra tenía.*

*Ricardo Rivera Herrera
Al éxito, ¡siempre al éxito!*



RESUMEN

El Gobierno del Estado de Puebla en conjunto con la Secretaría de Infraestructura Movilidad y Transportes se han dado a la tarea de transformar Puebla tanto capital como sus alrededores; desde, carreteras, edificios, escuelas, palacios, hospitales, museos, atracciones turísticas, estadios, mercados, puentes, y parques municipales, y es muy común que simultáneamente con la transformación se proyecten nuevas instalaciones eléctricas y/o de alumbrado público, en algunas ocasiones se realiza solamente la reubicación de instalaciones existentes y en muy pocas ocasiones se procede a realizar transición de instalaciones para modernizar las zonas donde se pretende mejorar el entorno visual como es el caso del Paseo Bravo el cual, es un parque urbano ubicado en la ciudad de Puebla.

A lo largo de la historia, este parque ha tendido numerosas intervenciones y en la actualidad se remodeló el paseo bravo sobre la trece sur con la creación de un andador tipo rambla, es por ello que el presente proyecto tiene como finalidad realizar una “Propuesta para la transición de instalaciones de media tensión para la 13 sur entre la avenida reforma y la avenida 11 poniente, en la ciudad de Puebla”, vialidad que en días futuros fungirá como uno de los lugares con mayor aforo turístico en la entidad.



ABSTRACT

The Government of the State of Puebla, in collaboration with the Ministry of Infrastructure, Mobility and Transportation, has begun the task of transform the city of Puebla as well as its surroundings; from roads, public buildings, schools, city halls, hospitals, museums, tourist attractions, stadiums, markets, bridges and city parks. Being natural that, simultaneously with the transformations, new electrical installations and/or street lighting are projected, in some occasions the relocation of unique installations is performed and on very few occasions a transition of installations is performed to modernize the zone where its pretended to improve the visual landscape, which is the case of the Paseo Bravo Park located in Puebla City.

Throughout its history, this park has presented a series of complications, and in the present, it was remodeled on the side of the 13th South Street with the construction of a pedestrian zone, with that in mind the following project has the purpose of proposing the transition of medium voltage electrical installations for the 13th South Street, between the Reforma Avenue and the 11th West Avenue in Puebla City, road which will serve as one of the places with higher touristic transit of the state on the short future.



CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
CAPÍTULO 1	1
1. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.2.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	2
1.2.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	3
1.2.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	3
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS PARTICULARES	4
1.4. HIPÓTESIS	4
1.5. VARIABLES	4
1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES	5
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL TRABAJO	5
1.6.1. ALCANCES.....	5
1.7. LIMITACIONES.....	6
1.8. ESTADO DEL ARTE	6
CAPÍTULO 2 MARCO DE REFERENCIA.....	11
2.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA Y ÁREA DONDE SE REALIZARÁ EL PROYECTO	11
2.1.1. MISIÓN DE LA DEPENDENCIA.....	11
2.1.2. VISIÓN DE LA DEPENDENCIA.....	11
2.1.3. OBJETIVOS DE LA DEPENDENCIA.....	12
2.2. ACTIVIDADES Y GIRO DE LA DEPENDENCIA.....	12
2.3. ÁREA DE DESARROLLO	13
2.4. ZONA A LA QUE PERTENECE LA POLIGONAL DE LA PROPUESTA RESPECTO AL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL	13
2.5. NIVELES DE TENSIÓN	14



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

2.5.1. MEDIA TENSIÓN.....	15
2.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	15
2.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS SUBTERRÁNEOS.....	15
2.7. CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESPECTO AL ENTORNO.....	20
2.8. ELEMENTOS PARA CONSIDERAR CON LA PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES.	21
2.8.1. CONDUCTORES	21
2.8.2. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS CABLES SUBTERRÁNEOS .	21
2.8.3. SELECCIÓN DEL CABLE POR CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO Y POR SOBRECARGA.....	22
2.8.4. SELECCIÓN DEL CABLE POR ESFUERZO TÉRMICO	22
2.8.5. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN REDES SUBTERRÁNEAS	22
2.8.6. INSTALACIÓN DE CABLES SUBTERRÁNEOS DE MEDIA TENSIÓN	23
2.8.7. PARÁMETROS PARA CONSIDERAR PREVIOS A LA INSTALACIÓN.	23
2.8.8. CENTROS DE CARGA SUBTERRÁNEO.....	23
CAPÍTULO 3 DISTRIBUCION.	25
3.1 COMPONENTES	25
3.2 ALIMENTADORES RADIALES	28
3.3 DISTRIBUCIÓN COMERCIAL Y TURÍSTICA	34
3.4 REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEAS	34
3.5 ESTADO ACTUAL	34
3.6 REPORTE FOTOGRÁFICO.....	37
3.7 PLANO DEL ESTADO ACTUAL	41
CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE LA TRANSICIÓN DE MEDIA TENSIÓN	46
4.1 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES EN MEDIA TENSIÓN.....	46
4.2 MEMORIA DE CÁLCULO	46
4.2.1 CÁLCULO DE CORRIENTE	47
4.2.2 CÁLCULO DE IMPEDANCIA.....	50
4.2.3 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAÍDA DE TENSIÓN.....	59
4.2.4 POR TEMPERATURA	66



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

4.2.5 CÁLCULO DE TUBERÍAS	69
4.3 PLANOS DEL PROYECTO.....	77
CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1. 1 ZÓCALO DE PUEBLA.	7
FIGURA 1. 2 PALACIO MUNICIPAL. (MEXICANAS, 2019).....	7
FIGURA 1. 3 ESQUINA DEL CONOCIDO CONSERVATORIO QUE TIENE UBICACIÓN EN LA CALLE 13 SUR Y LO QUE HOY SE CONOCE COMO AVENIDA JUÁREZ. (PIÑA, 1970).....	8
FIGURA 1. 4 INSTALACIONES AÉREAS EXISTENTES A UNOS METROS DEL CONSERVATORIO.....	9

CAPÍTULO 2

FIGURA 2. 1 CENTRO INTEGRAL Y DE SERVICIOS EDIFICIO SUR.	11
FIGURA 2. 2 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL	14
FIGURA 2. 3 CONFIGURACIÓN EN ANILLO CON UNA SOLA FUENTE DE ALIMENTACIÓN.	16
FIGURA 2. 4 CONFIGURACIÓN EN ANILLO OPERACIÓN RADIAL CON DOS FUENTES DE ALIMENTACIÓN CONECTADAS A UN MISMO ACCESORIO	17
FIGURA 2. 5 CONFIGURACIÓN EN ANILLO OPERACIÓN RADIAL CON DOS FUENTES CONECTADAS A UN DIFERENTE ACCESORIO	17
FIGURA 2. 6 CONFIGURACIÓN EN ANILLO OPERACIÓN RADIAL CON TRES FUENTES DE ALIMENTACIÓN CONECTADAS A UN MISMO ACCESORIO	18
FIGURA 2. 7 CONFIGURACIÓN EN ANILLO OPERACIÓN RADIAL CON DOS FUENTES CONECTADAS A UN DIFERENTE ACCESORIO	18
FIGURA 2. 8 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SELECTIVA.....	19
FIGURA 2. 9 SISTEMA EN BAJA TENSIÓN CON OPERACIÓN RADIAL	19

CAPÍTULO 3

FIGURA 3. 1 PRINCIPALES COMPONENTES DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA.....	25
--	----



FIGURA 3. 2 PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN	26
FIGURA 3. 3 UNIFILAR DE UN ALIMENTADOR TRIFÁSICO.....	29
FIGURA 3. 4 RED DE DISTRIBUCIÓN CON CENTRO N.A. (CERVANTES, 1995)	35
FIGURA 3. 5 DIAGRAMA SIEMPRE DE OPERACIÓN PRIMARA (CERVANTES, 1995).....	36
FIGURA 3. 6 POLIGONAL DE TRABAJO.....	37
FIGURA 3. 7 REMATE DE LÍNEA CON TRANSICIÓN (PERSPECTIVA 1)	37
FIGURA 3. 8 REMATE DE LÍNEA CON TRANSICIÓN (PERSPECTIVA 2)	38
FIGURA 3. 9 LÍNEA AÉREA EN MEDIA TENSIÓN EXISTENTE ENTRE AV. JUÁREZ Y 11 PONIENTE.....	38
FIGURA 3. 10 LÍNEAS DE M.T. EXISTENTES ENTRE AV. JUÁREZ Y 11 PONIENTE.....	39
FIGURA 3. 11 RESTAURADOR EXISTENTE.....	40
FIGURA 3. 12 LEVANTAMIENTO DE INSTALACIONES, ESTADO ACTUAL.	41
FIGURA 3. 13 CONDUCTOR AAC 266 CON SEPARADORES HENDRIX.	42
FIGURA 3. 14 COMPONENTES DE UN CONDUCTOR XLP TÍPICO (POWER, 2013).....	42
FIGURA 3. 15 IDENTIFICACIÓN DE UN EQUIPO RESTAURADOR.....	43
FIGURA 3. 16 PRINCIPALES COMPONENTES DEL EQUIPO RESTAURADOR NOJA POWER (POWER, 2019)	43
FIGURA 3. 17 ELEMENTOS DEL BANCO RESTAURADOR (POWER, 2019)	44

CAPÍTULO 4

FIGURA 4. 1 DISTRIBUCIÓN DE CARGA.....	48
FIGURA 4. 2 DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE Y CAÍDA DE TENSIÓN (PACHECO, 2017).....	48
FIGURA 4. 3 CAÍDA DE TENSIÓN	49



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

FIGURA 4. 4 FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA INDUCTANCIA TOTAL, PARA DIVERSAS DISPOSICIONES DE LOS CABLES	50
FIGURA 4. 5 BANCO CON DUCTOS DE 4”	55
FIGURA 4. 6 UNIDADES DE RESISTIVIDAD DE MASA Y RESISTIVIDAD DE VOLUMEN (DIRECTOR, 1914)	56
FIGURA 4. 7 RESISTIVIDAD POR UNIDAD DE MASA COBRE-ALUMINIO	56
FIGURA 4. 8 CIRCUITO EQUIVALENTE TRATADO COMO UNA LÍNEA CORTA (CONDUMEX, 2006).....	60
FIGURA 4. 9 FACTORES DE POTENCIA (CONDUMEX, 2006)	61
FIGURA 4. 10 CIRCUITO MONOFÁSICO	64
FIGURA 4. 11 CONFIGURACIÓN DE CONDUCTORES EN DUCTOS (CONDUMEX, 2006).....	69
FIGURA 4. 12 OCUPACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL EN TUBO CONDUIT Y TUBERÍA PARA CONDUCTORES.	69
FIGURA 4. 13 BANCO P3B	73
FIGURA 4. 14 REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN RMTB4	74
FIGURA 4. 15 TRANSICIÓN AÉREO SUBTERRÁNEO PARA 600 A.....	75
FIGURA 4. 16 MATERIALES DE TRANSICIÓN	76
FIGURA 4. 17 DETALLE TRANSICIÓN AÉREA- SUBTERRÁNEA.....	77
FIGURA 4. 18 FRAGMENTO DEL PLANO DE PROPUESTA DE TRANSICIÓN .	77
FIGURA 4. 19 DIAGRAMA UNIFILAR	78
FIGURA 4. 20 ENCABEZADO	79
FIGURA 4. 21 PLANTA DE UBICACIÓN CON BANQUETAS.	80
FIGURA 4. 22 CUADRO DE CARGAS	80
FIGURA 4. 23 SIMBOLOGÍA	81



ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

TABLA 2. 1 NIVELES DE TENSIÓN EN LA ESPECIFICACIÓN CFE DCCIAMB.14

CAPÍTULO 3

TABLA 3. 1 ELEMENTOS PARA DESMANTELAR EN LA 13 SUR ENTRE AV. JUÁREZ Y 11 PTE..... 40

CAPÍTULO 4

TABLA 4. 1 CARGA PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR..... 47

TABLA 4. 2 RADIO MEDIO GEOMÉTRICO DE CONDUCTORES USUALES..... 52

TABLA 4. 3 CONDUCTOR PROPUESTO (SERVICIOS CONDUMEX, 2010)..... 54

TABLA 4. 4 INCREMENTO DE LA RESISTENCIA POR TIPO DE CABLEADO .. 57

TABLA 4. 5 RESISTENCIA A LA CORRIENTE DIRECTA A 20°C EN CONDUCTORES DE COBRE CON CABLE CONCÉNTRICO NORMAL, COMPRIMIDO Y COMPACTO. 58

TABLA 4. 6 RESISTENCIA A LA CORRIENTE DIRECTA A 20°C EN CONDUCTORES DE COBRE CON CABLE CONCÉNTRICO NORMAL, COMPRIMIDO Y COMPACTO. 58

TABLA 4. 7 RAZÓN DE RESISTENCIA C.A. / C.D. PARA CONDUCTORES DE COBRE Y ALUMINIO A UNA FRECUENCIA DE 60 HZ. CABLEADO CONCÉNTRICO NORMAL. 59

TABLA 4. 8 TEMPERATURA DE SOBRE CARA DE LOS AISLAMIENTOS DE CABLES DE ENERGÍA EN MEDIA TENSIÓN..... 67

TABLA 4. 9 TEMPERATURA DE LOS CONDUCTORES DE TABLA 310-60(C)(79) DE LA NOM-001 SEDE 2012- INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN) 68

TABLA 4. 10 FRAGMENTO DE LA TABLA 4. CAPÍTULO 10 DE LA NOM-001-SEDE-2012 (DOF, NORMA OFICIAL MEXICANA, 2012)..... 71



CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES

El desarrollo eléctrico en el país se inició a partir de la década de 1880 contribuyendo con el crecimiento de la industria y la ciencia en el territorio nacional. Puebla no se quedó atrás, entre los muchos cambios e innovaciones se encuentra la transformación de los servicios municipales como fue el alumbrado público. La renovación de la iluminación municipal existente en la ciudad, que era a base de aceite (utilizada en México desde 1849), se dio inicialmente en 1884 al instalarse en la ciudad de Puebla. En el año de 1885 el Ingeniero Don Sebastián Benito de Mier, aprovechando la temprana llegada de los inventos de Tesla/Edison, proporciona alumbrado incandescente a las principales calles de la ciudad. Dada la relevancia que ha tenido el hoy conocido paseo bravo desde aquellas épocas, con el paso del tiempo ha recibido numerosas intervenciones, entre las más destacadas se encuentra la construcción de una pista de patinaje en el anillo central del parque en 1940, en la administración del expresidente municipal Rafael Ávila Camacho; en 1987 se colocó el monumento a Don Juan de Palafox y Mendoza y en enero de 2013, el exgobernador Rafael Moreno Valle Rosas propuso instalar en el Paseo Bravo una rueda de la fortuna conocida como la Estrella de Puebla, un auditorio de cristal y estacionamiento subterráneo, pero por cuestiones con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) no procedió sino hasta el año 2018 donde el exgobernador Tony Gali inauguró las ramblas del Paseo Bravo. En esta obra se contemplaron múltiples trabajos, entre ellos se consideró la transición de instalaciones; pero, debido al costo excesivo de los trabajos, la transición no pudo llevarse a cabo.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el paso del tiempo la ciudad de Puebla se ha encontrado en constante transformación, por ello, es de vital importancia que se proyecten nuevas y modernas instalaciones eléctricas que se equiparen con las necesidades actuales de los usuarios; con la realización de la remodelación de la ciudad también se deben contemplar nuevas instalaciones que implique mejorarlas y sobre todo renovarlas ya que en la mayoría de los casos, solo se realiza la reubicación de estas implicando una actualización de zonas parciales y no total como debería. Es importante remarcar que una instalación eléctrica debe distribuir la energía a los equipos conectados de una manera segura y eficiente, confiable y de manera simultánea también debe ser, económica, flexible para ampliarse, disminuirse o modificarse con libertad, según las posibles necesidades a futuro, brindando a la compañía suministradora la facilidad de su operación y mantenimiento a corto, mediano, y largo plazo. Debido a esta situación, se propone la transición de instalaciones de media tensión para la calle 13 sur entre las avenidas reforma y 11 poniente en la Ciudad de Puebla, para que de esta manera la avenida 13 sur que es la lateral al parque del “Paseo Bravo” tenga una modernización total y no solo parcial.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como propósito que, el Gobierno del Estado de Puebla y la Secretaría de Infraestructura, Movilidad y Transportes del Estado de Puebla tengan las bases necesarias para realizar la transición de instalaciones de media tensión para la calle 13 sur.

1.2.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

De llevarse a cabo esta propuesta se verán beneficiados todos aquellos ciudadanos que residan en la calle 13 sur, así como los comerciantes y locatarios que se ubiquen dentro de la poligonal del proyecto puesto que, verán mejoras



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

considerables en su entorno con una visibilidad arquitectónica favorable sin la presencia de líneas aéreas de conducción eléctrica.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Además de embellecer la poligonal de intervención de manera visual, se incrementará el turismo en la zona así como la economía ya que un lugar atractivo y de buen gusto es sinónimo de atracción turística, lo que conducirá a un flujo económico, además de lo anterior, también se verán beneficiados los trabajadores encargados de brindar el mantenimiento a las instalaciones eléctricas realizando su trabajo en instalaciones normalizadas y seguras; por otra parte, esta propuesta podría ser la inspiración en otros estados para realizar la transición de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en sus zonas turísticas con la intención de embellecer la vista arquitectónica de los lugares más significativos de las regiones, generar turismo y realizar correcciones a la infraestructura eléctrica existente que en la mayoría de los casos ya es vieja desde el ambiente eléctrico.

1.2.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Este proyecto es factible puesto que solo se requieren los siguientes recursos para realizarlo: material didáctico; como son normas eléctricas existentes para la correcta selección de elementos que integrará la propuesta así como especificaciones de construcción de Comisión Federal de Electricidad en adelante CFE, para la transición de instalaciones y construcción de sistemas subterráneos, computadora con autocad para realizar la propuesta de la instalación en formato digital.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta para la implementación de la transición de instalaciones de media tensión para la calle 13 sur entre la avenida Reforma y la 11 Poniente, en la Ciudad de Puebla.



1.3.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Recopilar y analizar información referente a instalaciones eléctricas subterráneas.
- Identificar requerimientos eléctricos y de construcción por parte del suministrador de energía en la poligonal que conformará la propuesta, así como las recomendaciones de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).
- Reunir y seleccionar información acerca de los tipos de arreglos en instalaciones eléctricas de media tensión en espacios públicos.
- Seleccionar información acerca del estado de las transiciones eléctricas en media tensión, para realizar los cálculos necesarios para la transición de instalaciones eléctricas en la calle 13 sur, así como para la selección de cada uno de los elementos que conformarán la instalación.

1.4. HIPÓTESIS

Con la transición de instalaciones de media tensión para la calle 13 sur entre las avenidas Reforma y 11 Poniente, en la Ciudad de Puebla, al considerar los elementos de transición, conducción y conexión para energizar a los usuarios existentes, así como los elementos de obra civil se garantizará la seguridad, durabilidad, eficiencia y economía de los elementos que conformarán la propuesta.

1.5. VARIABLES

1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes para la elaboración de la propuesta multicitada son la cantidad de usuarios y la demanda de cada uno de estos. La carga de alumbrado público y la requerida para iluminación ornamental y días de feria.



1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Caída de tensión
- Ocupación de conductores en canalizaciones
- Diámetro de ducterías
- Calibre de conductores
- Capacidad de protecciones
- Capacidad y tipos de equipos de transformación
- Elementos de seccionamiento
- Tipos de bancos de ductos a utilizar
- Tipos de excavaciones
- Tipos de registros
- Acometidas subterráneas necesarias
- Elementos de protección contra descargas atmosféricas
- Sistemas y elementos de puesta a tierra

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL TRABAJO

1.6.1. ALCANCES

Para el proyecto propuesto se realizará una memoria de cálculo descriptiva donde se incluirán los cálculos pertinentes para la correcta selección de los materiales y elementos que conformarán la instalación, se realizará el desglose de las demandas de la poligonal en un cuadro de cargas para modificar los valores con libertad en los cálculos que integrarán la memoria descriptiva además en autocad, se plasmarán los planos y el diagrama unifilar de la propuesta de la transición de instalaciones; donde, de manera gráfica, se podrá visualizar de manera resumida toda la información de las instalaciones propuestas, además, también se plasmarán los detalles constructivos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos de la propuesta para la transición de instalaciones de media tensión para la 13 sur entre la avenida reforma y la 11 Poniente, en la Ciudad de Puebla



1.7. LIMITACIONES

Las limitaciones existentes para la ejecución del proyecto radican en el hecho de que por desacuerdos con los locatarios y residentes de la zona aún no se cuenta con la demanda de energía de la poligonal de intervención.

1.8. ESTADO DEL ARTE

La transición de instalaciones se ha considerado en el desarrollo del Estado de Puebla desde hace más de 100 años. En el año de 1908 la Compañía de Tranvías luz y fuerza de Puebla hace una propuesta al ayuntamiento para el establecimiento de estaciones receptoras y de líneas transmisoras y distribuidoras de energía eléctrica dentro de los límites del municipio. Dentro del proyecto se encontraba contemplado **convertir las líneas transmisoras existentes a futuro, en subterráneas**; en las principales calles de la población cuyo plazo sería de cinco años. Obligándose dicha Compañía a instalar dos ductos subterráneos en los principales cruces de las calles, además de las líneas aéreas destinadas al servicio público y particular, respetando el contrato celebrado con la Compañía Anónima del Alumbrado Eléctrico de Puebla, donde se establecía que las líneas deben ser aéreas y subsistir en esas condiciones durante un plazo de 25 años. (Moreno, 2012)

En el estado de Puebla se han llevado numerosas intervenciones en cuanto a la remodelación de instalaciones en los principales centros turísticos de la ciudad y entre las más destacadas se encuentra la transición de instalaciones del Centro Histórico de Puebla (Zócalo) como muestra la Figura 1.1.



Figura 1. 1 Zócalo de Puebla.

Ciudades mexicanas, patrimonio mundial. (Méxicanas, 2019)

En dicha zona céntrica del estado se puede observar que actualmente ya no se cuenta con líneas aéreas de ningún tipo, ya sean de media o baja tensión como se muestra en la Figura 1.2.



Figura 1. 2 Palacio Municipal. (Mexicanas, 2019)

Sin embargo, con el paso de los años podemos notar que las líneas aéreas en las principales calles de la capital siguen prevaleciendo bajo la configuración aérea como muestro la figura 1.3.



Figura 1. 3 Esquina del conocido conservatorio que tiene ubicación en la calle 13 sur y lo que hoy se conoce como Avenida Juárez. (Piña, 1970)

La Figura 1.4. Denota la esquina del conocido conservatorio que tiene ubicación en la calle 13 sur y lo que hoy se conoce como Avenida Juárez. En dichas imágenes podemos visualizar que a pesar de que ambas fotografías tienen casi 50 años de diferencia las instalaciones aéreas han prevalecido.



Figura 1. 4 Instalaciones aéreas existentes a unos metros del conservatorio

El Gobierno de México en el año 2014 publicó en su sitio web que el entonces Director General de la CFE, Enrique Ochoa Reza indicó que: “con el convenio firmado se establecerán redes subterráneas en 44 destinos turísticos y 83 Pueblos Mágicos de todo el país. Esto permitirá tener una red eléctrica más segura, ordenada y confiable, que se traducirá en un servicio eléctrico de mejor calidad para los usuarios. Gracias a estas acciones, la CFE cumple 2 claros objetivos: **eleva la calidad del servicio de energía eléctrica a los usuarios y contribuir al desarrollo económico, social y cultural de México.**” (Turismo S. d., 2014).

Entre los Pueblos Mágicos de Puebla contemplados por la Sectur (Turismo S. d., 2015), se encuentran enlistados los siguientes:

- Cuetzalan
- Zacatlán de las Manzanas
- Pahuatlán
- Chignahuapan
- Cholula
- Tlatlauquitepec
- Xicotepec
- Atlixco



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

En concordancia con lo anterior; establecemos que, a pesar de que el área donde se desarrollará la “Propuesta para la transición de instalaciones de media tensión para la 13 sur entre la avenida reforma y la 11 poniente, en la Ciudad de Puebla.” no es parte de un pueblo mágico, la finalidad de elevar la calidad del servicio de energía eléctrica a los usuarios y contribuir al desarrollo económico, social y cultural de la poligonal se equipara a lo anteriormente citado y a pesar de los esfuerzos y las propuestas realizadas al estado para la instalación subterránea de instalaciones desde el año 1908 a la fecha no se ha logrado electrificar de esta forma la mayor parte del centro histórico, en específico, la calle 13 sur, lateral del Paseo Bravo.



CAPÍTULO 2 MARCO DE REFERENCIA

2.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA Y ÁREA DONDE SE REALIZARÁ EL PROYECTO

La Secretaría de Infraestructura Movilidad y Trasportes (SIMT) es una dependencia Gubernamental que tiene como sede el edificio sur que se muestra en la Figura 2.1 del Centro Integral y de Servicios del estado de Puebla conocido como CIS y que está ubicado en reserva territorial Atlixcáyotl, colonia Concepción las Lajas Puebla, Pue.



Figura 2. 1 Centro Integral y de Servicios edificio sur.

2.1.1. MISIÓN DE LA DEPENDENCIA

Construir la infraestructura y red carretera del estado de Puebla con planeación estratégica, calidad, eficacia y un óptimo aprovechamiento de los recursos económicos y materiales, operando con total transparencia, apego a la ley y potenciando los beneficios de la inversión en obras para contribuir al bienestar social y desarrollo económico.

2.1.2. VISIÓN DE LA DEPENDENCIA

Ser una dependencia pública reconocida por la ejecución de obras de infraestructura con honestidad y transparencia en el uso de sus recursos, mediante



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

la cooperación con todos los niveles de gobierno, empresarios y sociedad civil, con resultados de alta calidad e impacto en el crecimiento económico del estado.

2.1.3. OBJETIVOS DE LA DEPENDENCIA

Planear, programar, organizar, administrar, controlar y transparentar la ejecución de la infraestructura básica y de servicios, estableciendo normas y lineamientos en materia de comunicaciones y obra pública, así como ejecutar y aplicar programas y proyectos integrales de carácter regional, subregional o parcial en materia de infraestructura, concertando y coordinando su realización con los tres niveles de gobierno; con el propósito de incrementar el desarrollo económico y el nivel de vida de sus habitantes.

2.2. ACTIVIDADES Y GIRO DE LA DEPENDENCIA

Realizar acciones que promuevan inversiones públicas y privadas para la construcción de infraestructura de obra pública y comunicaciones que se deban llevar a cabo en el estado, en coordinación con los tres órdenes de gobierno, así como presentar y proponer las políticas, planes y programas para el desarrollo las mismas.

Planear, proponer, programar, organizar, dirigir, ejecutar, evaluar, autorizar, controlar, promover el desarrollo de las actividades de los proyectos y ejecución de la obra pública, que afecten al estado de Puebla en conjunto con las unidades administrativas de su adscripción.

Que se ejecute la obra pública emblemática de acuerdo con el proyecto verificando que los materiales y mano de obra cumplan con los estándares de calidad, ejecutando las obras de acuerdo a especificaciones en tiempo y forma con el fin de entregar a la ciudadanía obras de calidad, siendo este el instrumento idóneo a



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

través del cual, el gobierno permite a la sociedad en su conjunto, alcanzar la modernidad en materia de infraestructura.

Establecer los criterios aplicables para la realización de obras que deban ejecutarse por administración directa o por contrato a cargo de la secretaría; proponer los lineamientos y políticas para la ejecución de los trabajos de construcción, conservación y mantenimiento caminos, puentes y estructuras especiales en el ámbito de su competencia.

Asesorar, coordinar y coadyuvar con las unidades responsables de la secretaría, en materia de elaboración y ejercicio del presupuesto. Registro contable y elaboración de estados financieros; gestión de pagos, relativos al gasto corriente y al de inversión; evaluación, medición al desempeño; desarrollo organizacional y administrativo; de transparencia y acceso a la información pública, con estricto apego a las disposiciones legales y administrativas en la materia.

2.3. ÁREA DE DESARROLLO

La propuesta se elaborará bajo la supervisión de la Dirección de Proyectos en el Departamento de Proyectos Viales y Estratégicos con referencia al Paseo Bravo el cual es un parque urbano ubicado en la ciudad de Puebla, inaugurado en 1840 bajo el nombre de Paseo Nuevo y es considerado uno de los sitios más emblemáticos de la capital poblana, su poligonal va de la avenida Reforma a la avenida once poniente entre las calles once y trece sur,

2.4. ZONA A LA QUE PERTENECE LA POLIGONAL DE LA PROPUESTA RESPECTO AL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

Dicha propuesta abarca solamente lo referente a la transición de instalaciones aéreas de media tensión existentes en la 13 sur, las cuales pertenecen a la División



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Centro Oriente-Zona Puebla Poniente del Sistema Eléctrico Nacional en adelante “SEN”.

De acuerdo con el M.I. J. Gerardo Montoya Tena de la Dirección de Sistemas Eléctricos del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (Tena, 2018), El SEN se compone como se muestra en la Figura 2.2.

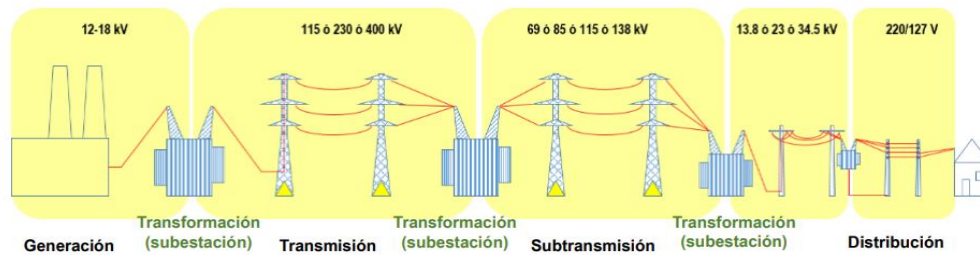


Figura 2. 2 Sistema eléctrico nacional

Como podemos observar la infraestructura del SEN está conformado de acuerdo con los diversos niveles de tensión, conducción y utilización de la energía.

2.5. NIVELES DE TENSIÓN

Existen diferentes niveles de tensión en todo el SEN, de acuerdo a la tabla número dos del documento de CFE que lleva por nombre ESPECIFICACIÓN CFE DCCIAMB (CFE, Construcción de Instalaciones Aéreas en Media y Baja Tensión, 2014) ; tenemos que, para fines de la presente propuesta los niveles de tensión se acotan a los niveles de distribución que son principalmente los establecidos en la Tabla 2.1:

NIVEL DE TENSIÓN	No. DE HILOS	TENSIÓN ELÉCTRICA
Baja tensión	Monofásico	240 / 120 V
Baja tensión	Trifásico	220Y /127 V
Media tensión	3F - 4H	13,2Y / 7,62 kV
		22,86Y / 13,2 kV
		33Y / 19,05 kV

Tabla 2. 1 Niveles de tensión en la especificación CFE DCCIAMB.



Como podemos observar en la Figura 7 se manejan dos términos, media tensión en adelante M.T y baja tensión en adelante B.T., para ambos niveles de tensión existen sus correspondientes elementos que conforman su instalación eléctrica respecto a su nivel de voltaje.

2.5.1. MEDIA TENSIÓN

Los niveles de tensión en las redes de distribución en media tensión como pudimos apreciar en las dos imágenes anteriores van de los 13.2 kv hasta 34.5 kv, para fines del presente trabajo, los niveles a utilizar presentes en la poligonal de intervención serán 13.2 KV que son los niveles que se encuentran en la zona.

2.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos dependientes de esta. Debido a que la propuesta está orientada a la transición de instalaciones en media tensión abordaremos más adelante los elementos existentes y los elementos que conformarán las instalaciones de distribución del tipo subterráneo propuestas.

2.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS SUBTERRÁNEOS

La elaboración de los diseños subterráneos debe realizarse en forma eficiente, con la máxima economía, apegada a la normativa oficial mexicana aplicable y los elementos que conforma la infraestructura de las instalaciones subterráneas, misma que debe cumplir con los estándares de calidad y diseño.

Existen diversas configuraciones de las líneas de media tensión una de estas es la configuración en anillo y de acuerdo con la especificación de Construcción de Sistemas Subterráneos (CFE, DCCSSUBT, 2015). La configuración en anillo “es



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

aquella que cuenta con dos o más trayectorias entre la fuente o fuentes y la carga para proporcionar el servicio de energía eléctrica”.

De acuerdo con la especificación anteriormente citada la configuración en anillo operación radial con una fuente de alimentación (Figura 2.3), opera en forma radial con un punto de enlace normalmente abierto en el centro de carga.

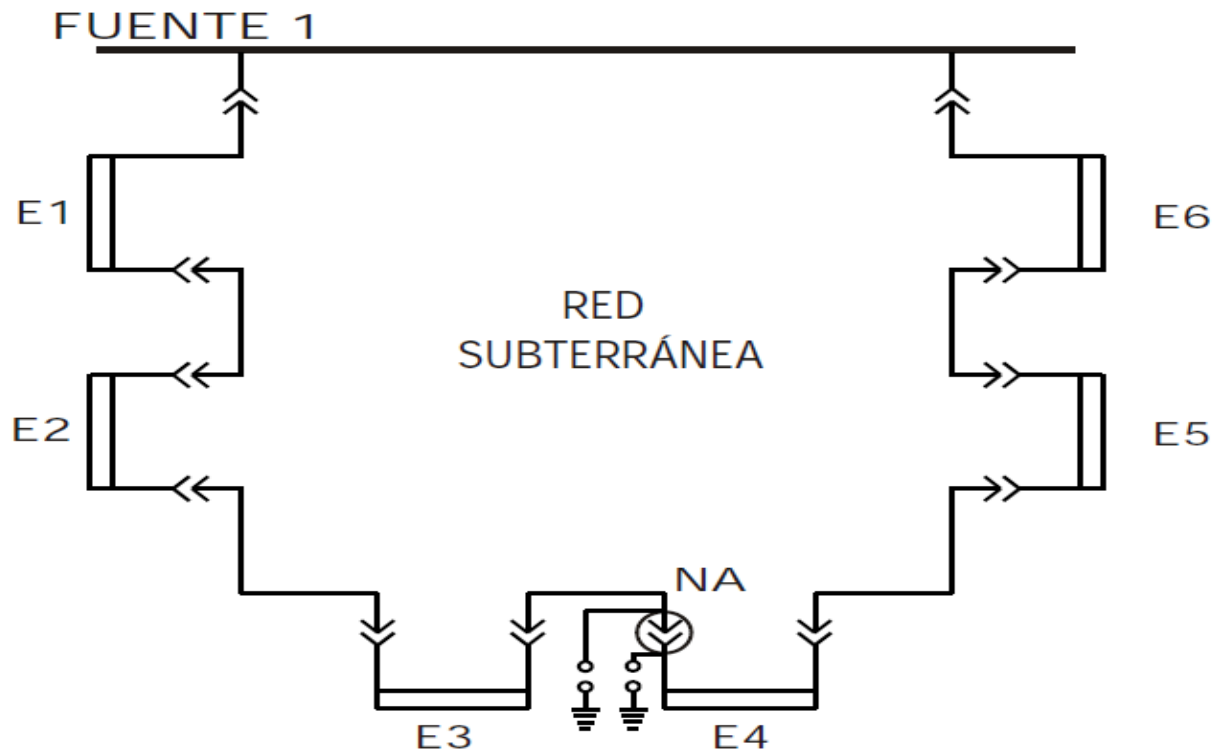


Figura 2. 3 Configuración en anillo con una sola fuente de alimentación.

Configuración en anillo operación radial con dos fuentes de alimentación.

Esta configuración cuenta con dos fuentes de alimentación, su operación es radial con un punto de apertura normalmente abierto en el centro de la carga conectando a dos fuentes en un mismo equipo como se muestra en la Figura 2.4.

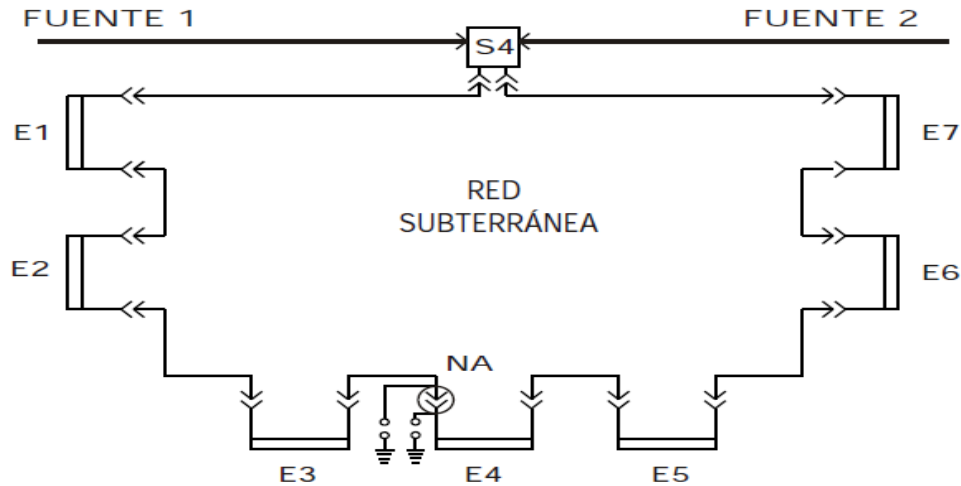


Figura 2. 4 Configuración en anillo operación radial con dos fuentes de alimentación conectadas a un mismo accesorio

Configuración en anillo operación radial conectando dos fuentes de alimentación a dos diferentes equipos accesorios de la red.

Esta configuración cuenta con dos fuentes de alimentación conectadas cada una a un equipo accesorio independientes uno del otro dándonos la disposición que se muestra en la Figura 2.5.

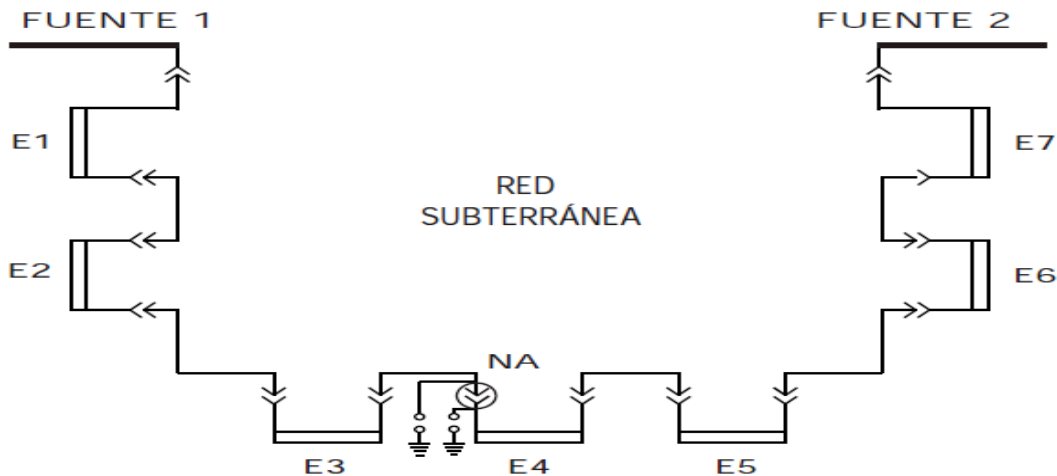


Figura 2. 5 Configuración en anillo operación radial con dos fuentes conectadas a un diferente accesorio



Configuración en anillo operación radial con tres fuentes de alimentación.

Esta configuración de igual manera es anillada, pero con la diferencia que cuenta con tres fuentes de alimentación, conectadas a un mismo equipo accesorio como se muestra en la Figura 2.6.

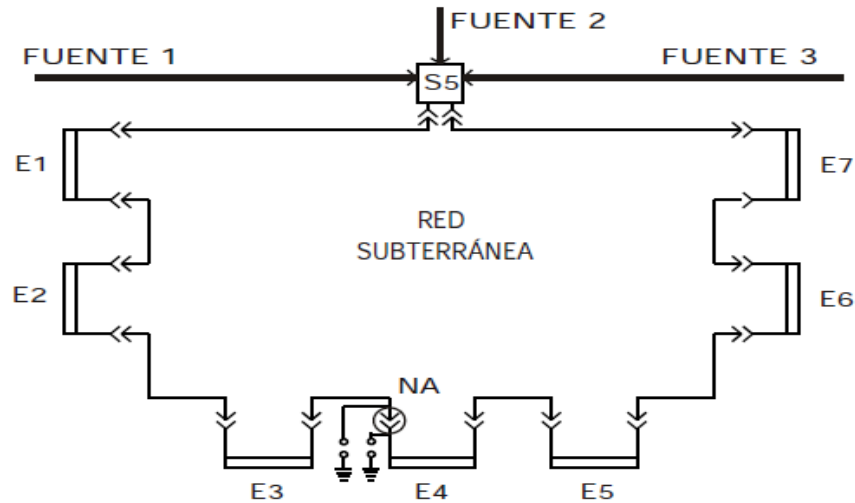


Figura 2. 6 Configuración en anillo operación radial con tres fuentes de alimentación conectadas a un mismo accesorio

Configuración en anillo operación radial conectando las fuentes a diferentes equipos o accesorios de la red como a continuación se muestra en la Figura 2.7.

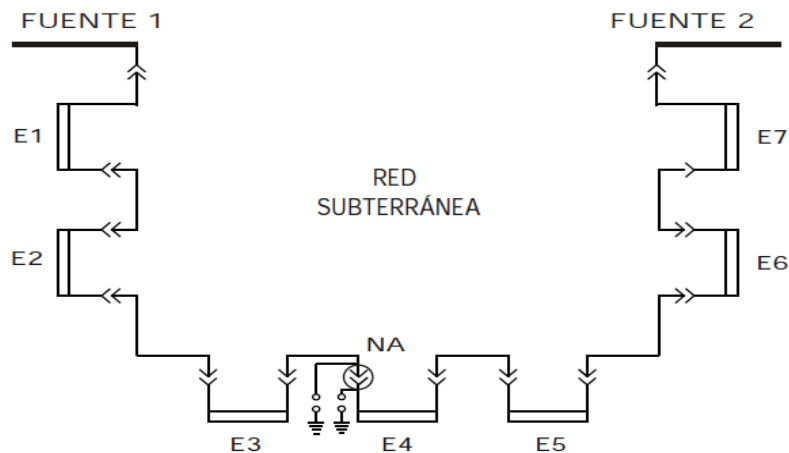


Figura 2. 7 Configuración en anillo operación radial con dos fuentes conectadas a un diferente accesorio



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Sistema de alimentación selectiva (Figura 2.8). Sistema en anillo operación radial con dos fuentes de alimentación que sigue la misma trayectoria, una de las cuales se considera como preferente y la otra como emergente y que utiliza un seccionador con transferencia automática.

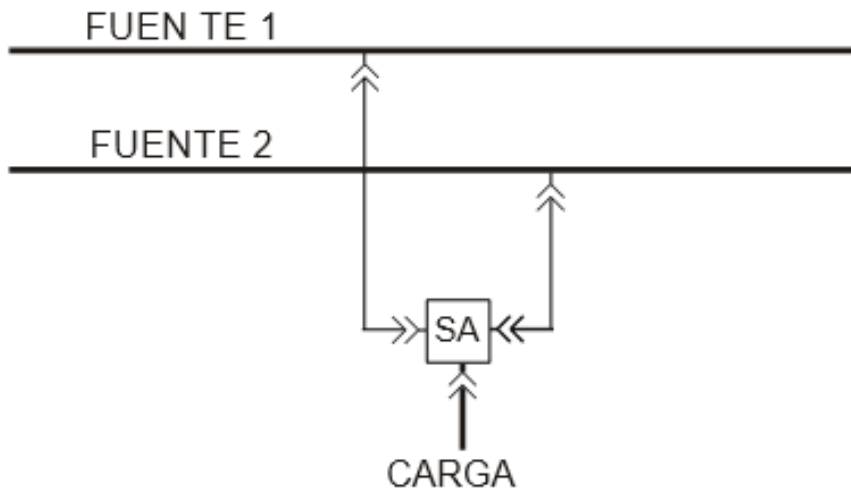


Figura 2. 8 Sistema de alimentación selectiva

En baja tensión la configuración común es del tipo radial y sólo cuenta con una trayectoria para proporcionar el servicio de energía eléctrica como se muestra en la Figura 2.9.

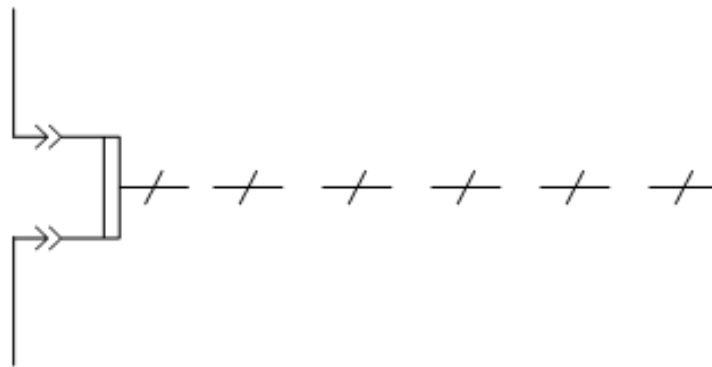


Figura 2. 9 Sistema en baja tensión con operación radial



2.7. CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESPECTO AL ENTORNO

A).- De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones Eléctricas (Utilización) (DOF, NORMA OFICIAL MEXICANA, 2012). Se le denomina Lugar seco a aquel que: “normalmente no está húmedo o sujeto a ser mojado. Un local clasificado como seco puede estar temporalmente húmedo o sujeto a ser mojado, como en el caso de un edificio en construcción”.

B)- En la Norma anteriormente citada con anterioridad se establece que los lugares húmedos son: “Lugares protegidos de la intemperie y que no están sometidos a saturación con agua u otros líquidos, pero están expuestos a grados moderados de humedad. Ejemplos de tales lugares incluyen sitios parcialmente protegidos bajo aleros, marquesinas, porches techados abiertos y lugares similares y lugares interiores sujetos a un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros y almacenes refrigerados. lugar húmedo, los parcialmente protegidos por aleros, corredores techados pero abiertos, así como lugares interiores que están sujetos a un cierto grado de humedad por condensación, tal como sótanos, depósitos refrigerados o similares.

C)- En la misma Norma se le denomina lugar mojado a la: “Instalación subterránea o de baldosas de concreto o mampostería, que está en contacto directo con el terreno o un lugar sometido a saturación con agua u otros líquidos, tal como área de lavado de vehículos o un lugar expuesto a la intemperie y no protegido”.

D)- Lugares corrosivos: de acuerdo con Norma multicitada anteriormente
“Las áreas donde se almacenan los productos químicos de saneamiento de piscinas, así como las áreas de bombas de circulación, cloradores automáticos, filtros, áreas abiertas bajo las cubiertas adyacentes a o apoyando la estructura



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

de la piscina, y ubicaciones similares deben ser consideradas como ambientes corrosivos”.

E).- Lugar peligroso: En donde las instalaciones están sujetas a peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, polvo o fibras combustibles dispersasen el aire.

2.8. ELEMENTOS PARA CONSIDERAR CON LA PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES.

2.8.1. CONDUCTORES

Los conductores (cables) que se emplean en las instalaciones subterráneas están aislados y protegidos contra los agentes del terreno donde se instalen, están compuestos por; el conductor, por el cual fluye la corriente; el aislamiento, que soporta la tensión aplicada; la cubierta, proporciona la protección contra el ataque del tiempo y los agentes externos; las pantallas, permiten una distribución de los esfuerzos eléctricos en el aislamiento en forma radial y simétrica; y las armaduras metálicas, que se utilizan para dar protección adicional al cable contra esfuerzos de tensión extraordinarias (Litoral).

2.8.2. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS CABLES SUBTERRÁNEOS

Los valores de las constantes de operación de los cables aislados (R, L, C) permiten el estudio técnico- económico para realizar la selección idónea del calibre del conductor en base a las pérdidas de energía y caída de tensión en el conductor, etc., también permite determinar, el valor de la impedancia, para los análisis de cortocircuito, como su comportamiento en regímenes transitorios, al efectuar las pruebas de campo y el mantenimiento correspondiente (Litoral).



2.8.3. SELECCIÓN DEL CABLE POR CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO Y POR SOBRECARGA

Los sistemas eléctricos presentan cortocircuitos, y sobrecargas causadas generalmente por condiciones anormales de operación. El calor que se genera debido al efecto de Joule puede ocasionar daños a los componentes de cable (aislamiento, cubiertas). Una buena selección de los conductores implica tomar en cuenta los siguientes factores:

Sobrecargas:

- Temperaturas
- Corriente

Corto circuito:

- Temperaturas máximas en condiciones de cortocircuito, y
- Selección del conductor conociendo la corriente de falla

2.8.4. SELECCIÓN DEL CABLE POR ESFUERZO TÉRMICO

La corriente transportada por un conductor produce una energía térmica, esta energía provoca una elevación en la temperatura del conductor, luego de un tiempo de circular esta corriente la temperatura del conductor se estabiliza produciéndose un “equilibrio térmico”, esta corriente es denominada “capacidad de conducción de corriente”.

2.8.5. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN REDES SUBTERRÁNEAS

Las pérdidas técnicas en redes subterráneas están basadas en las condiciones de operación y las características de los materiales requeridos, por lo cual tienen un



tratamiento y metodología particulares, aunque las pérdidas se produzcan por una interacción de las magnitudes eléctricas sobre los componentes del cable eléctrico, éstas podemos dividirlos en: pérdidas en el conductor, en el dieléctrico y en las pantallas o cubiertas metálicas.

2.8.6. INSTALACIÓN DE CABLES SUBTERRÁNEOS DE MEDIA TENSIÓN

Antes de proceder a efectuar la instalación se deberá hacer un recorrido de la trayectoria, para ver el grado de dificultad y, además verificar que esté en condiciones para instalar los cables.

Para lograr confiabilidad, seguridad y continuidad en el servicio se debe contar con el equipo de instalación adecuada al tipo de cable e instalación y la supervisión de técnicos especializados.

2.8.7. PARÁMETROS PARA CONSIDERAR PREVIOS A LA INSTALACIÓN.

En la instalación de los cables, deben considerarse los siguientes parámetros, debido a las propiedades físicas de los cables:

- Máxima tensión de jalado
- Longitud de jalado
- Presión lateral
- Radio mínimo de curvatura
- Fricción

2.8.8. CENTROS DE CARGA SUBTERRÁNEO

Un centro de carga subterráneo es básicamente una instalación, que mediante los elementos que lo conforman puede cumplir varias funciones. De acuerdo a la necesidad del sistema, existen diferentes tipos de centros de carga subterráneos,



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

los mismos que pueden ser ubicados en bóvedas o cuartos, y estos pueden servir para distribuir, transformar o interconectar la energía eléctrica. Las bóvedas o cuartos, como se les llama generalmente a los centros de carga subterráneos, pueden estar ubicados tanto en las aceras de las calles, como en el interior de los edificios, teniendo el ingreso directamente desde la calle por medio de escaleras, o por puertas, si es en los edificios.



CAPÍTULO 3 DISTRIBUCION.

En capítulos anteriores abordamos brevemente los tipos de sistemas en instalaciones eléctricas de acuerdo con su configuración, así como los requerimientos mínimos a contemplar en un proyecto, en el presente capítulo abordaremos a los sistemas de distribución de manera más amplia.

3.1 COMPONENTES

Las redes de distribución en México al paso de los años se han caracterizado hasta nuestros días por ser contemplados como el componente menos importante del sistema eléctrico de potencia, la Figura 3.1 muestra los principales componentes de un sistema eléctrico de potencia.

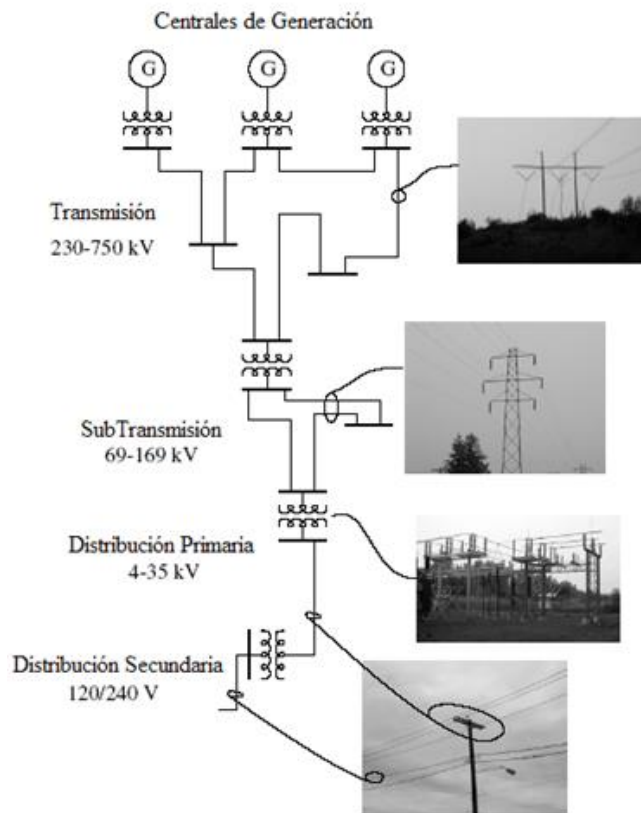


Figura 3. 1 Principales componentes de un sistema eléctrico de potencia



El sistema de distribución parte desde la subestación de distribución la cual está alimentada por una o más líneas de subtransmisión, en algunos casos dicha subestación es alimentada de manera directa por una sola línea y esta a su vez sirve a uno o más alimentadores primarios, normalmente los alimentadores son radiales salvo casos aislados en los que solo hay un solo camino para el flujo de la potencia de la subestación al usuario. En la figura 3.2 se muestra un diagrama de una subestación de distribución en la cual se muestran los principales componentes encontrados en todas las subestaciones.

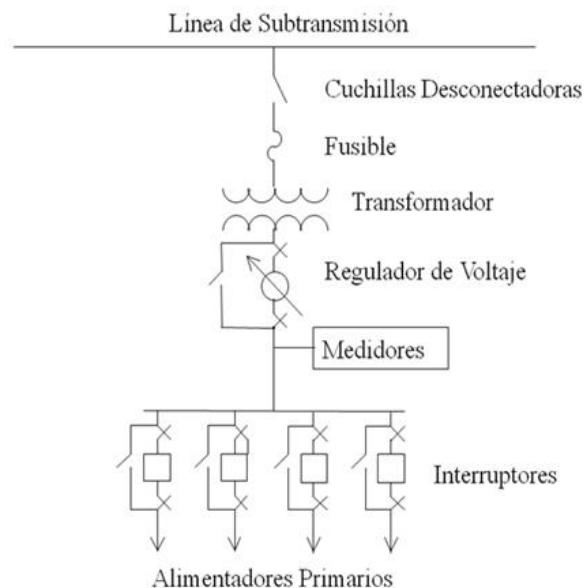


Figura 3. 2 Principales componentes de una Subestación de Distribución

Transformación de Voltaje: La función principal de una subestación de distribución es reducir el voltaje hasta el nivel de voltaje de distribución. En la Figura 3.2, solo se muestra un transformador. Otros diseños de subestación requerirán dos o más transformadores trifásicos. Los transformadores de la subestación pueden ser unidades trifásicas o tres unidades monofásicas conectadas en una conexión estándar. Existen muchos niveles de voltaje de distribución estándar. Algunos de los niveles más comunes son 34.5 kV, 23.9 kV, 14.4 kV, 13.2 kV, 12.47 kV, y, en sistemas más viejos, 4.16 kV.



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Regulación de Voltaje: Al variar las cargas en los alimentadores, la caída de voltaje entre la subestación y el usuario también varía. Para mantener el voltaje de los usuarios en un rango aceptable, el voltaje en la subestación necesita cambiar con los cambios en la carga. En la figura 3.2 un regulador “tipo-por pasos” es el encargado de llevar a cabo la regulación de voltaje que alterará el voltaje más o menos 10% en el bus del lado de baja tensión. Algunas veces esta función es realizada con un transformador con cambiador de derivaciones bajo carga (LTC). El LTC cambia los taps (ó derivaciones) en los devanados de baja tensión del transformador cuando varía la carga. Muchos transformadores de subestación tienen “taps fijos” en el devanado de alta tensión. Estos se usan cuando la fuente de voltaje está siempre arriba o debajo del voltaje nominal. El ajuste del taps fijo puede variar el voltaje que va de menos cinco por ciento a cinco por ciento. Muchas veces, en lugar de un regulador de bus, cada alimentador tendrá su propio regulador. Ésta puede estar en la forma de un regulador operado en forma trifásica o reguladores de fase individuales que operan en forma independiente.

Protección: La subestación debe ser protegida contra la ocurrencia de corto circuitos. En el diseño simple de la figura 3.2, la única protección automática contra los cortocircuitos en la subestación es mediante fusibles del lado de alta en el transformador. Como los diseños de la subestación se vuelven más complejos, se emplean esquemas de protección más extensos para proteger al transformador, los buses de alta y baja tensión, y cualquier otra parte del equipo. Se usan interruptores de circuito alimentador individual o recierres para interrumpir la corriente de corto circuito que ocurra fuera de la subestación.

Medición: Cada subestación tiene alguna forma de medición. Esto puede ser tan simple como un amperímetro analógico desplegando el valor actual de la corriente de la subestación, así como el mínimo y máximo de corriente que ha ocurrido en un periodo de tiempo específico. Se están volviendo comunes los medidores digitales. Estos medidores registran el valor mínimo, medio y máximo de corriente, voltaje, potencia, factor de potencia, etc. en un rango de tiempo especificado. Los tiempos



típicos son 15 minutos, 30 minutos, y una hora. Los medidores digitales pueden monitorear la salida de cada transformador de subestación y/o la salida de cada alimentador.

3.2 ALIMENTADORES RADIALES

Los alimentadores radiales de distribución se caracterizan por tener solo un camino para el flujo de potencia de la fuente (subestación de distribución) a cada usuario. Un sistema típico de distribución consiste en una o más subestaciones de distribución con uno o más alimentadores. Los componentes del alimentador pueden consistir en lo siguiente:

1. Alimentador principal primario trifásico.
2. Laterales Trifásicos, bifásicos y monofásicos.
3. Reguladores de voltaje tipo de pasos.
4. Transformadores de línea
5. Bancos de capacitores en derivación
6. Transformadores de distribución
7. Secundarios.
8. Cargas trifásicas, bifásicas y monofásicas.

La Figura 3.3 muestra un diagrama unifilar de un alimentador trifásico e ilustra los principales componentes de un sistema de distribución. Los puntos de conexión de los componentes son referidos como “nodos”. Note que en la Figura 3.3. se muestra el faseo de los segmentos de línea. Esto es importante si se desarrollan modelos más precisos.

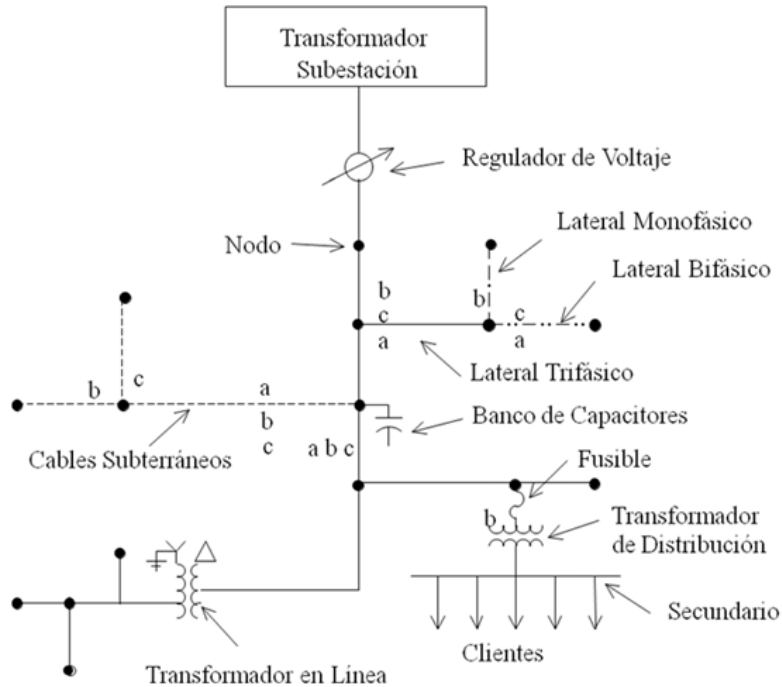


Figura 3. 3 Unifilar de un alimentador trifásico

En los sistemas de distribución podemos encontrar dos tipos de sistemas uno de 200 A y el sistema de más de 600 A.

De acuerdo con Normas de Distribución-Construcción-Líneas Subterráneas (ELECTRICIDAD, 2015) en su apartado de proyectos nos indica lo siguiente:

El sistema de distribución de 200 A es aquel que en condiciones normales o de emergencia el sistema no rebasa los 200 A. Se utiliza en anillos que se derivan de circuitos troncales de media tensión (tensiones de 13,2 a 34,5 Kv), aéreos o subterráneos, la configuración siempre será en anillo operación radial con una o más fuentes de alimentación. En condiciones de operación normal el anillo estará abierto aproximadamente al centro de la carga o en el punto dispuesto por el centro de operación. Con el objeto de tener mayor flexibilidad, se tendrá un medio de seccionalización en todos los transformadores y derivaciones del anillo.

El sistema de distribución de 600 A. es aquel en el que la corriente continua en condiciones normales o de emergencia rebasa los 200 A., se utiliza en circuitos troncales de media tensión, la configuración será en anillo o alimentación selectiva,



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

operación radial con una o más fuentes de alimentación. En condiciones de operación normal, el anillo estará abierto aproximadamente al centro de la carga o en el punto dispuesto por el centro de operación.

En ambos casos:

- Se diseñarán los alimentadores de acuerdo con la tensión suministrada en el área y un sistema de neutro corrido multiaterrizado.
- Circuitos aéreos que alimentan el proyecto subterráneo, deben ser 3F-4H
- Los circuitos alimentadores subterráneos deben ser de 3F-4H para más de 200 A
- La caída de tensión máxima en los circuitos de media tensión no deben exceder del 1% en condiciones normales de operación.
- El cable del neutro debe ser de cobre desnudo semiduro o de acero recocido con bajo contenido de carbono, recubierto de cobre.
- El calibre del neutro debe determinarse de acuerdo con el cálculo de las corrientes de falla y como mínimo debe ser de sección transversal de 33.6 mm² (2 AWG).
- En caso de que la corriente de corto circuito en el Bus de la Subestación exceda los 12 kA simétricos, debe seleccionarse el calibre adecuado con base a dicha corriente.
- El conductor de neutro corrido debe ser multiaterrizado para garantizar en los sitios en donde se instalen accesorios y equipos, una resistencia a tierra inferior a 10 Ohms en época de estiaje y menor a 5 Ohms en época de lluvia.
- El neutro corrido debe quedar alojado en el mismo ducto de una de las fases o podrá quedar directamente enterrado.
- El nivel de aislamiento de los cables debe ser del 100 %.



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

- Tratándose de salidas subterráneas de circuitos de media tensión, desde Subestaciones de Distribución hacia la transición subterráneo-aéreo, el nivel de aislamiento de los cables debe ser de 133 % (para más de 200 A).
- La sección transversal del cable DS debe determinarse de acuerdo con el diseño del proyecto, el calibre mínimo debe ser 1 /0 AWG para menos de 200 A y para más de 200 A el calibre mínimo del Cable DS es 500 KCM, para ambos casos los conductores deben cumplir con la especificación CFE E0000-16.
- Deben emplearse conductores de aluminio y en casos especiales en que la CFE lo requiera, se podrán utilizar conductores de cobre.
- Se debe indicar en las bases de proyecto si el cable es para uso en ambientes secos o para uso en ambientes húmedos, según lo indica la especificación CFE E0000 -16 y de acuerdo con las características del lugar de instalación.
- La pantalla metálica del cable DS, debe conectarse sólidamente a tierra en todos los puntos donde existan equipos o accesorios de acuerdo con las recomendaciones generales del artículo 250 de la NOM -001 -SEDE 2012.
- Los cables deben ser alojados en ductos de PVC, Polietileno de Alta Densidad Corrugado (PADC) o Polietileno de Alta Densidad (PAD), debiendo instalar un cable por ducto, considerando siempre que debe respetarse el factor de relleno recomendado en la NOM -001 -SEDE 2012.
- Debe dejarse un excedente de cable de una longitud igual al perímetro del registro o pozo de visita únicamente donde se instalen equipos y /o accesorios.
- Cuando los transformadores no lleven registros la reserva de cable debe dejarse en uno de los registros adyacentes.



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

- Deben utilizarse indicadores de falla de acuerdo con la corriente continua del sistema, en el lado fuente de cada transformador, seccionador o conector múltiple de media tensión. Para más de 200 A se debe utilizar indicadores de falla de 600 A.
- Los indicadores de falla a instalar deben cumplir con la especificación CFE GCUIO-68.
- En ambos lados del punto normalmente abierto, deben instalarse apartarrayos de frente muerto mediante su respectivo accesorio reductor.

De acuerdo con la NORMA CFE - DPTI para el diseño de proyecto se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

- En áreas residenciales los circuitos de baja tensión monofásicos deben ser 2F 3H 240/120 V. Estos circuitos tendrán una configuración radial y como máximo deben salir cuatro circuitos de cada transformador.
- En áreas comerciales los circuitos de baja tensión deben ser 3 f- 4h 220 /127 V- Estos circuitos deben tener una configuración radial y como máximo pueden salir ocho circuitos de cada transformador con el conector adecuado.
- La caída de tensión del transformador al registro más lejano no debe exceder del 3 % en sistemas monofásicos y del 5 % en sistemas trifásicos y los cálculos deben incluirse en la memoria técnica descriptiva.
- Los cables de baja tensión deben cumplir con la especificación CFE E0000 - 02.
- La configuración de los cables debe ser tríplex para sistemas monofásicos y cuádruplex para sistemas trifásicos, con el neutro de sección reducida y de acuerdo con la especificación CFE E0000 - 02



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

- El neutro debe aterrizarse mediante el conector múltiple en el registro de remate del circuito secundario y en el transformador mediante la conexión al sistema de tierras.
- Debe usarse una sección transversal de acuerdo con las necesidades del proyecto, debiendo ser en áreas residenciales como mínimo 53,5 mm² (1 /0 AWG) y como máximo 85,0 mm² (3 /0 AWG). En áreas comerciales debe ser como mínimo 85,0 mm² (3 /0 AWG) y como máximo 177,3 mm² (350 KCM).
- La longitud de los circuitos de baja tensión no debe exceder de 200 m, siempre y cuando se satisfagan los límites de caída de tensión y pérdidas, las cuales no excederán el 2%.
- La referencia de tierra del transformador, el neutro de la red de baja tensión y el neutro corrido deben interconectarse entre sí.
- Entre registros no deben usarse empalmes en el conductor.
- Los circuitos de baja tensión deben instalarse en ductos de PVC, PADC o PAD. Se pueden emplear ductos de sección reducida como se indica en las Tablas de la norma de construcción subterránea multicitada; considerando siempre, que se deben respetarse los factores de relleno recomendados en la NOM-001-SEDE-2012.
- Deben instalarse un circuito de baja tensión por ducto.
- En el caso de que los circuitos de baja tensión alimenten exclusivamente concentraciones de medidores, el cable a utilizar podrá ser cobre tipo THHW-LS de 600 V con una longitud máxima del circuito de 130 m sin conexiones intermedias.
- Todos los sistemas de tierras deben tener una resistencia máxima equivalente a 10 Ohms en época de estiaje y 5 Ohms en época de lluvias, debiendo ser todas las conexiones del tipo auto fundente o comprimible.



3.3 DISTRIBUCIÓN COMERCIAL Y TURÍSTICA

Se utilizará un sistema 3F-4H y su configuración será en Anillo Operación Radial. La conexión de las cargas a su fuente de alimentación se hará de acuerdo con lo indicado en la sección 2.5.4. de la NORMAS DE DISTRIBUCIÓN - CONSTRUCCIÓN-LÍNEAS SUBTERRÁNEAS (ELECTRICIDAD, 2015) será selectiva mediante dos alimentadores que parten de una misma o diferentes Subestaciones de Distribución como se mostró anteriormente en la Figura 13 del capítulo 2.6.1. En este caso cada alimentador se diseñará de acuerdo con las cargas de operación y de emergencia, la conexión a la carga se hará con un seccionador con transferencia automática. Lo anterior se aplicará en hoteles de gran turismo, centros de convenciones o de negocios.

3.4 REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEAS

Las redes subterráneas tienen aplicación cuando se tienen grandes demandas de energía en donde se requiere una gran continuidad de servicio, estas, son más confiables porque no están expuestas a descargas atmosféricas, tormentas, choques de vehículos, caídas de árboles, lanzamiento de objetos, lo anterior, dicho de otro modo, no están expuestas.

Las redes subterráneas se utilizan por razones estéticas al dejar de manera oculta las instalaciones.

3.5 ESTADO ACTUAL

El sistema existente es del tipo primario en anillo en el cual se secciona en cada centro de carga debido a que los transformadores se conectan en seccionamiento cerrándose en otro punto a donde llega otro alimentador. El anillo opera normalmente abierto en su punto central como se muestra en la figura 3.4.

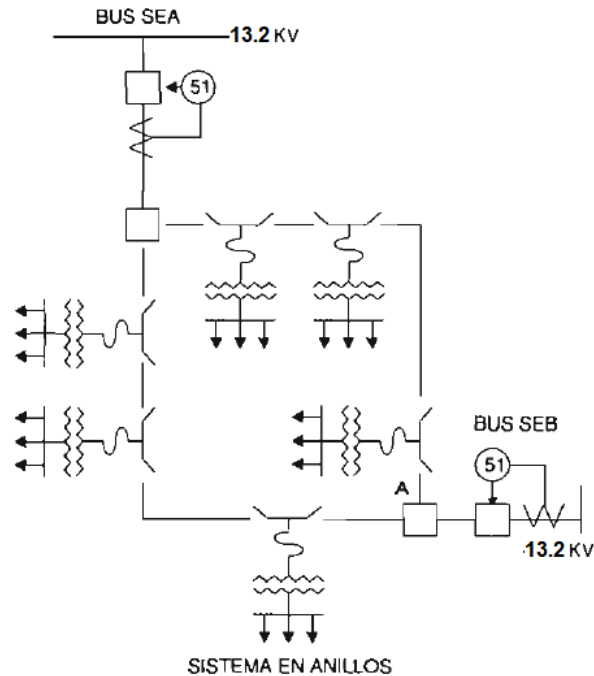


Figura 3. 4 Red de distribución con centro N.A. (Cervantes, 1995)

Un centro de carga generalmente son transformadores con cuchillas a cada lado del transformador y fusibles de protección.

Al inicio de las troncales se tiene interruptor de potencia y protección de sobrecorriente o en su caso restaurador. Al operar el interruptor de potencia se procede a la apertura de cuchillas a cada lado de la falla y luego se vuelven a energizar al alimentador. Si la falla se registra en la troncal otro alimentador puede con la carga total para lo cual se cierra el anillo y se abre la cuchilla al final de la troncal dañada.

En el sistema de red de distribución con centro N.A. se llevan varios cables troncales por el área servida y de ellos se derivan los ramales que alimentan los transformadores de distribución por medio de seccionadores de interruptores Figura 3.5.

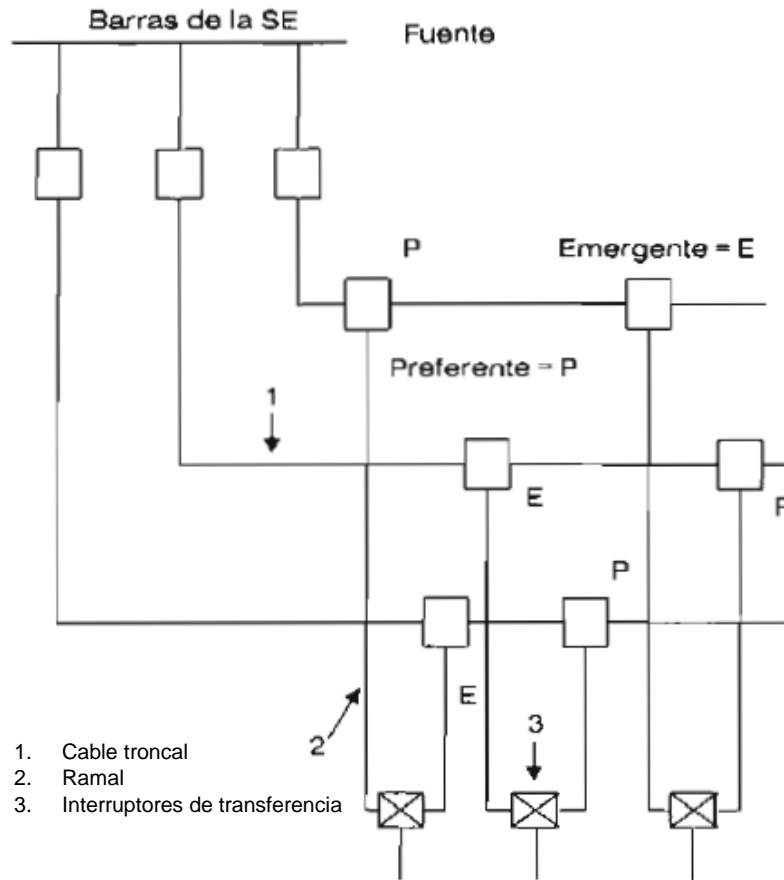


Figura 3. 5 Diagrama siempre de operación primara (Cervantes, 1995)

En este esquema el cambio de alimentación se realiza de forma automática por medio de los interruptores de transferencia. Al fallar una troncal, su carga se reparte en partes más o menos iguales a las restantes. Si la transferencia se hace de manera manual se tendrá una interrupción temporal de servicio, aunque el esquema resulta de menor costo. Si la transferencia es automática la continuidad es muy elevada.

En la poligonal actual mostrada en la Figura 3.6 se encuentran líneas aéreas de media tensión, mismas que a pesar de la reciente modernización llevada a cabo por el gobierno del estado aún persisten.

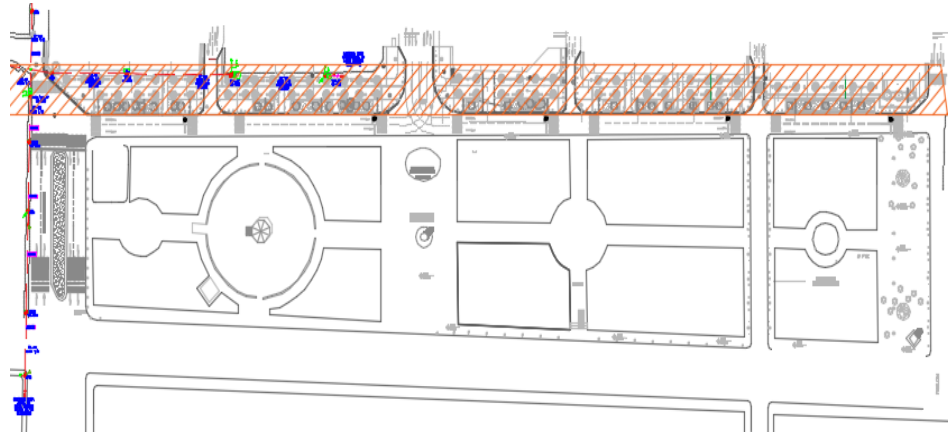


Figura 3. 6 Poligonal de trabajo

Dado el levantamiento de los elementos eléctricos en media tensión aéreos existentes en la poligonal de intervención mostrada en la 3.6, se presenta a continuación el reporte fotográfico del recorrido en el cual podemos observar la existencia de las líneas aéreas sin modificación alguna después de la remodelación de la calle 13 sur.

3.6 REPORTE FOTOGRÁFICO

Actualmente se encuentra en la 13 sur entre la calle 11 poniente y la avenida Juárez los elementos que a continuación se presentan en la Figura 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12 que se presentan a continuación.



Figura 3. 7 Remate de línea con transición (perspectiva 1)



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”



Figura 3. 8 Remate de línea con transición (perspectiva 2)



Figura 3. 9 Línea aérea en media tensión existente entre Av. Juárez y 11 Poniente



Figura 3. 10 Líneas de M.T. existentes entre Av. Juárez y 11 Poniente.

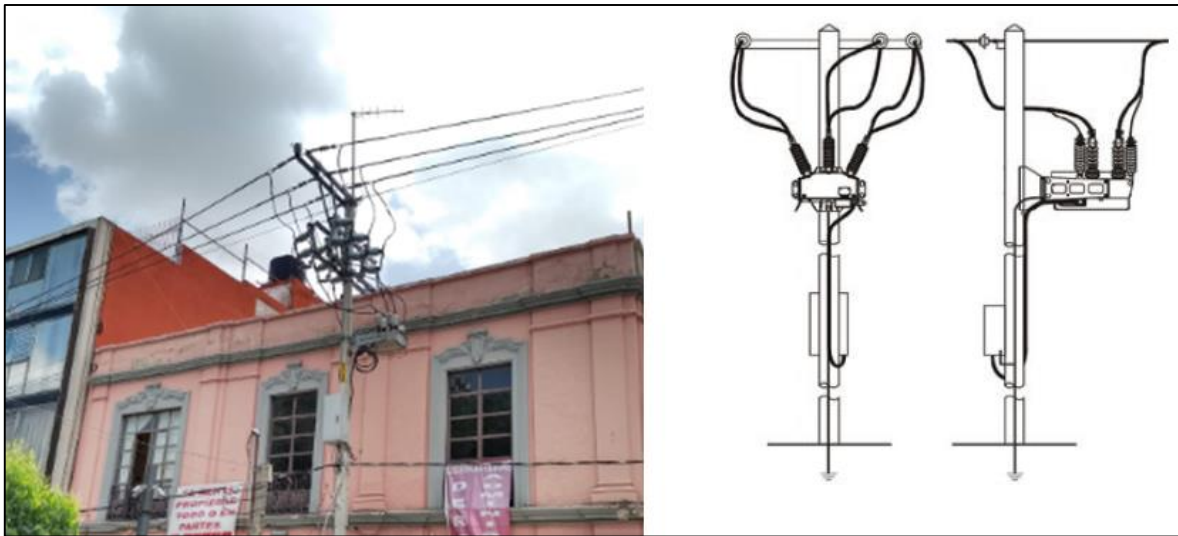


Figura 3. 11 Restaurador existente

Todos los elementos anteriormente mostrados se enlistan a continuación en la Tabla 3.1.

LISTA DE ELEMENTOS Y EQUIPOS PARA DESMANTELAR CALLE 13 SUR ENTRE 11 PTE. Y AV. JUAREZ			
No.	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANTIDAD
1.-	POSTE DE CONCRETO OCTAGONAL 13-600	PZA.	5
2.-	POSTE DE CONCRETO OCTAGONAL PARA RETENIDA 9-600	PZA.	1
3.-	ESTRUCTURA VS3N CON HERRAJES	PZA.	0
4.-	ESTRUCTURA AD3N CON HERRAJES	PZA.	1
5.-	CABLE ALUMINIO ACSR CON ALMA DE ACERO CAL.3/0 AISLADO	MTS.	600
6.-	TRANSFORMADOR TIPO POSTE 75 KVA 13.2/220-127V	PZA	1
7.-	CORTACIRCUITOS FUSIBLE SIMPLE EXPULSION TIPO XS	JUEGO	2
8.-	ESTRUCTURA VA3N CON HERRAJES	JGO.	2
9.-	CUCHILLAS DESCONECTORAS 3CS3A,600A.13.2KV	JGO.	2
10.-	EQUIPO RESTAURADOR DE VOLTAJE EN BAJA TENSION	PZA.	1
11.-	TRANSICION AEREO SUBTERRANEA	JGO.	1
12.-	TRANSICION PARA SIST.600A.CUCHILLAS 3CS3A,600A 13.2KV	JGO	1

Tabla 3. 1 Elementos para desmantelar en la 13 sur entre Av. Juárez y 11 Pte.

3.7 PLANO DEL ESTADO ACTUAL

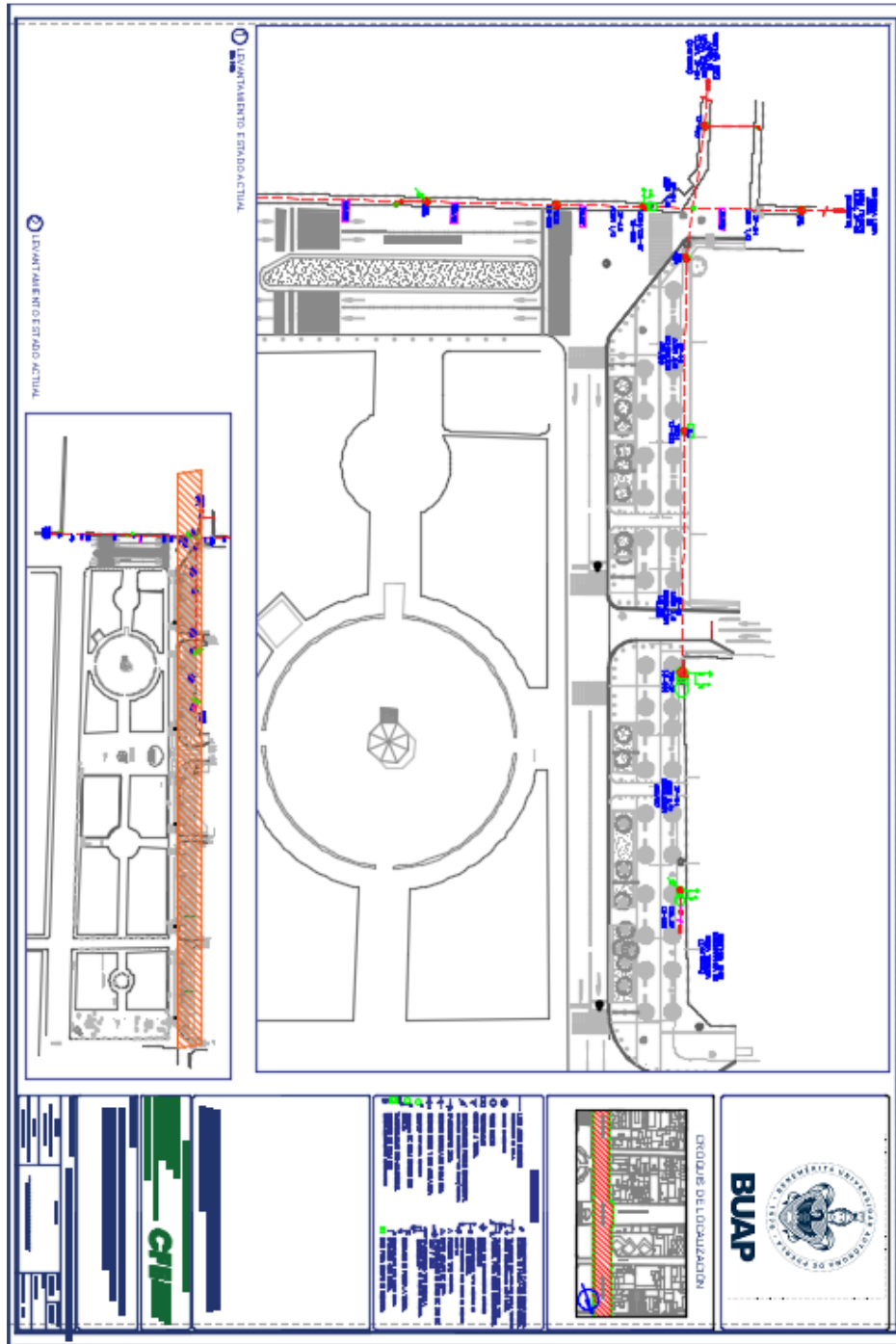


Figura 3. 12 Levantamiento de instalaciones, estado actual.

Componentes principales

En la instalación actual se encuentra aproximadamente una línea de distribución de aproximadamente 200 metros lineales de conductor de aluminio (AAC-all aluminium conductor) calibre 266 con espaciadores tipo HENDRIX Figura 3.13, el conductor está compuesto como se muestra en la Figura 3.14 donde en el número uno nos indica el conductor de aluminio, en dos la capa semiconductor, en tres una capa de polietileno de baja densidad (LDPE- Low Density Polyethylene) y en cuatro una capa de polietileno de alta densidad (HDPE- High Density Polyethylene) que en conjunto forman un conductor recubierto



Figura 3. 13 Conductor AAC 266 con separadores Hendrix.

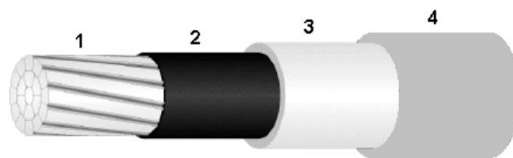


Figura 3. 14 Componentes de un conductor XLP típico (Power, 2013).

La instalación actual también cuenta con un restaurador identificado de acuerdo con las especificaciones de construcción de CFE en el cual costa de cinco campos, los

cuales se dividen como se muestra en la figura 3.15. donde el primer campo indica el número de unidades, el segundo y tercer campo indica el tipo de equipo, en este caso restaurador, el cuarto campo indica el número de fases y por último campo indica si es aéreo o subterráneo, además de la identificación, en la Figura 3.16 enlistamos sus principales componentes.

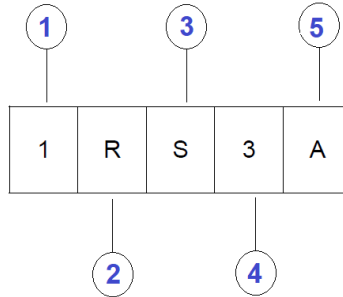


Figura 3. 15 Identificación de un equipo restaurador.

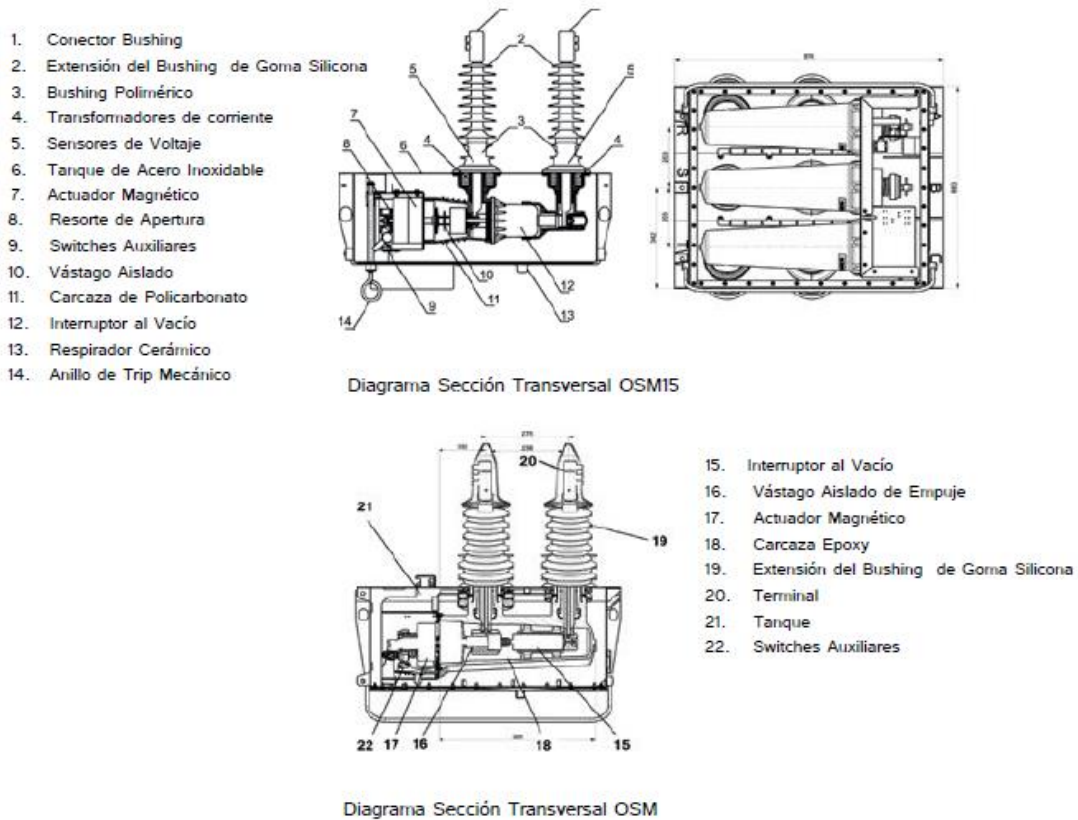


Figura 3. 16 Principales componentes del equipo restaurador NOJA POWER (POWER, 2019)

Además de lo anteriormente citado, el reconector o restaurador existente consta también de los elementos que se muestran en la Figura 3.17 de los cuales figura el cubículo de control y de comunicaciones

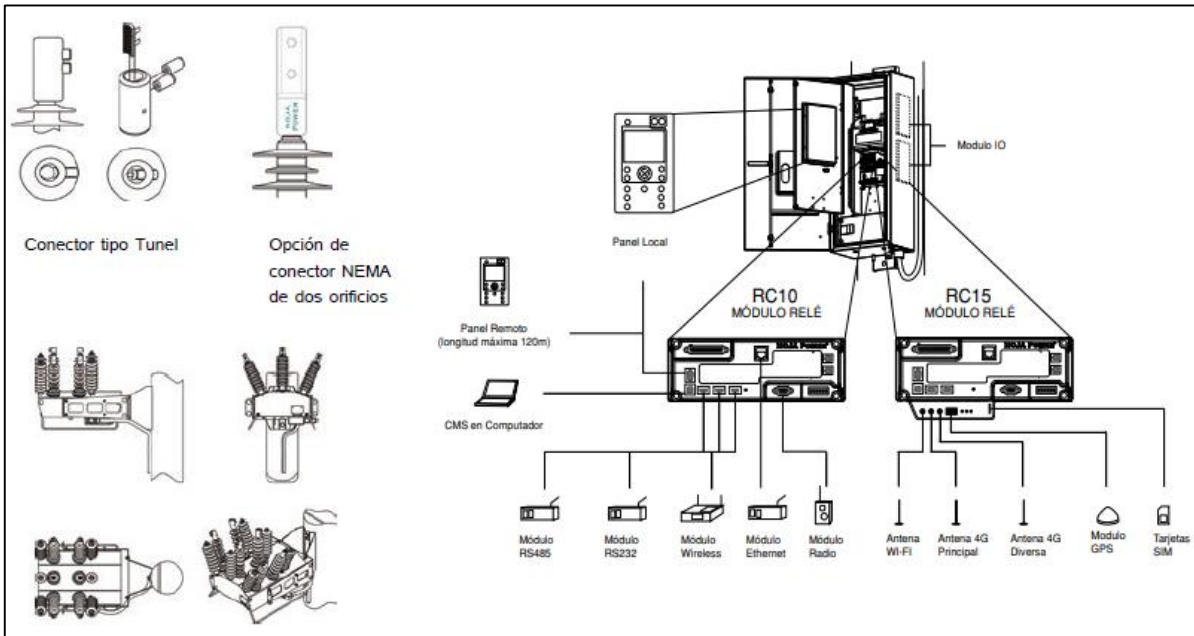


Figura 3. 17 Elementos del banco restaurador (POWER, 2019)

Además de los elementos eléctricos citados con anterioridad, actualmente se encuentran elementos de puesta a tierra, los cuales brindan seguridad a la instalación, a los equipos y a los usuarios no solo en los sistemas de distribución sino en todos los niveles de tensión. A lo anterior solo me resta agregar que tanto el neutro como la conexión a tierra son tan importantes en el sistema tanto como las fases que le conforman.

Normalmente los sistemas de tierra deben construirse con conductores de cobre, semiduro desnudo por lo que de acuerdo a las normas de distribución-construcción-instalaciones aéreas en media y baja tensión (generalidades) numeral 09-00-01 especifica que por ningún motivo, los sistemas de tierra deben utilizar conductores ACSR o ACC, además de lo anterior, en el caso de los sistemas de distribución, la



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

bajante se puede hacer por dentro de los postes o por fuera según sea el caso buscando en todo momento que la resistencia tenga un valor mínimo de 25 ohms en tiempo de secas y cuando el terreno esta húmedo un mínimo de 10 ohms.

Todos los neutros contiguos y bajantes de tierra deben estar interconectados sin importar que no correspondan al mismo circuito y en caso de alta incidencia vandálica se podrá utilizar conductor ASC

La intención de lo anteriormente expuesto tiene como finalidad identificar los elementos existentes en la poligonal para sustituirles en la conversión de instalaciones por lo cual es importante puntualizar cuales son los elementos subterráneos que se equiparan a los aéreos existentes.

Las cargas eléctricas son el punto de partida para resolver un gran número de problemas complejos relacionados con el proyecto y la ejecución de redes de distribución es por ello por lo que en el capítulo 4, se realiza el desglose completo iniciando desde la carga como punto de partida para proceder con los objetivos del presente trabajo de investigación.



CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE LA TRANSICIÓN DE MEDIA TENSIÓN

4.1 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES EN MEDIA TENSIÓN

Llámesese por elementos que componen la transición de instalaciones de media tensión al conjunto de accesorios y equipos que se utilizan para protección, canalización, conexión y desconexión de los circuitos eléctricos. Entre los más destacados se encuentran los siguientes:

- Equipos de protección
- Seccionadores
- Interruptores
- Transformadores
- Apartarrayos
- Sistemas de tierras
- Bancos de ductos
- Registros
- Pozos de visita
- Acometidas
- Entre otros...

4.2 MEMORIA DE CÁLCULO

Los cálculos para dimensionamiento de equipos como son seccionadores eléctricos en media tensión, transformadores, conductores, ductos, registros, pozos de visita, protecciones y sistema de tierras entre otros, deben asentarse en una memoria calculo descriptiva la cual es un documento en donde se plasman los procedimientos descritos de forma detallada de cómo se realizaron los cálculos de las ingeniería del desarrollo de un proyecto en este caso es basada en el proyecto eléctrico, los cálculos deben realizarse de tal modo que cumplan con las normas



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

oficiales mexicanas (NOMs) vigentes o las que apliquen con el fin de reglamentar el proyecto.

Una memoria de cálculo va desde lo más básico hasta lo más complejo con el fin de ir utilizando los valores que van arrojando los cálculos para seleccionar los elementos correctos que conformaran la instalación.

Las componentes principales para considerar en la memoria de cálculo principalmente son los siguientes:

4.2.1 CÁLCULO DE CORRIENTE

Para conocer la corriente de nuestro circuito se deberán primero identificar las cargas instaladas actualmente para ello, del levantamiento de instalaciones existentes se calcula la carga aproximada utilizando un factor de potencia de 0.9, misma que se asienta en la Tabla 4.1.

Tabla Carga

CARGA	TRANSFORMADOR 1	UBICACIÓN	KVA	KW TOTALES	DISTANCIA MTS	DISTANCIA MAX
1	ENVIOS	13 SUR ENTRE AVENIDA JUAREZ Y 9 PTE	75	541.5	211	580
2	S. TEPEYAC	AV JUARZ ENTRE 15 SUR Y 17 SUR	112.5		580	
3	S. TEPEYAC	AV JUARZ ENTRE 15 SUR Y 17 SUR	112.5		580	
4	BBVA	AV JUARZ ENTRE 15 SUR Y 17 SUR	150		580	
5	OXXO	AV JUARZ ENTRE 15 SUR Y 17 SUR	45		580	
6	CHEVROLET	AV JUARZ ENTRE 15 SUR Y 17 SUR	75		580	

4. 1 para

selección de conductor

De la carga anterior de **541.5 KW** se procede a calcular la corriente del circuito, misma que se obtiene como a continuación se muestra.

$$I = \frac{KVA DEMANDA}{\sqrt{3} * KV} \tag{1}$$

La carga se encuentra distribuida a lo largo del circuito de estudio como se muestra a continuación en la Figura 4.1.

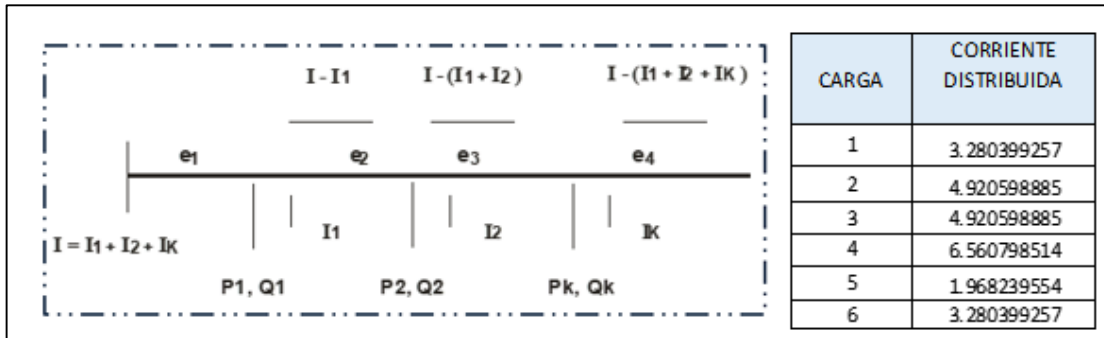


Figura 4. 1 Distribución de carga

El circuito por tanto llega una corriente distinta en cada tramo lo que idealmente para un mismo material conductor nos permitiría distintos calibres de conductores lo cual en la práctica no es posible, por lo que se debe realizar la sumatoria de las cargas para poder calcular el conductor y que este satisfaga la caída de tensión permisible la cual es acumulativa como se muestra en la Figura 4.2.

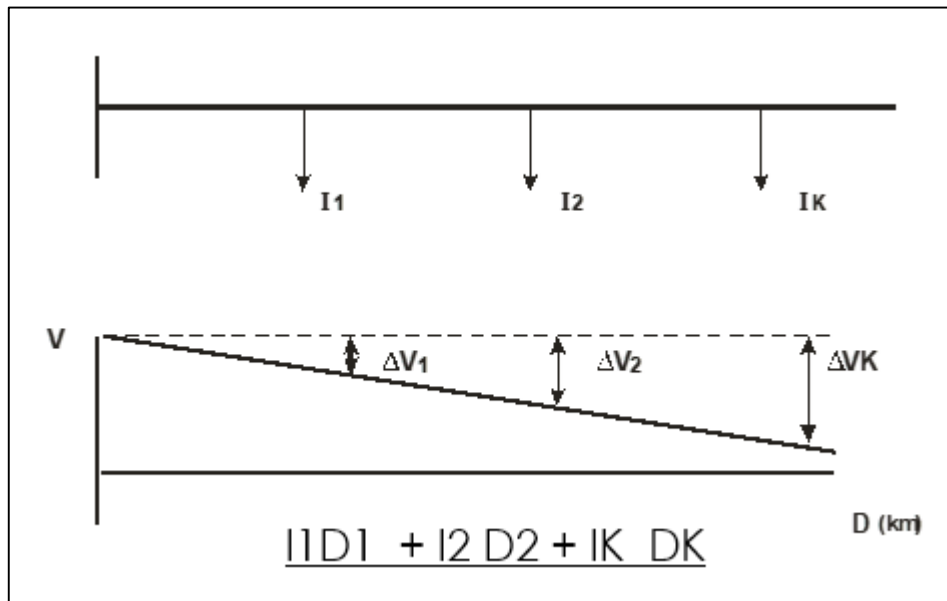


Figura 4. 2 Distribución de corriente y caída de tensión (PACHECO, 2017).

De lo anterior tenemos que la corriente que demanda nuestro circuito asentada en la figura 4.1 es:

$$I = \frac{570}{\sqrt{3} \cdot 13.2} = 24.93 \text{ A} \quad (2)$$



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

De acuerdo con Normas de Distribución-Construcción-Líneas Subterráneas (ELECTRICIDAD, 2015).

“La caída de tensión máxima en los circuitos de media tensión no deben exceder del 1 % en condiciones normales de operación”.

De lo anterior expuesto entonces el conductor seleccionado debe ser capaz de conducir la energía desde el punto de transición propuesto hasta la última carga sin exceder la caída de tensión permisible, la cual depende de la distancia y del calibre del conductor como se muestra a continuación en la Figura 4.3.

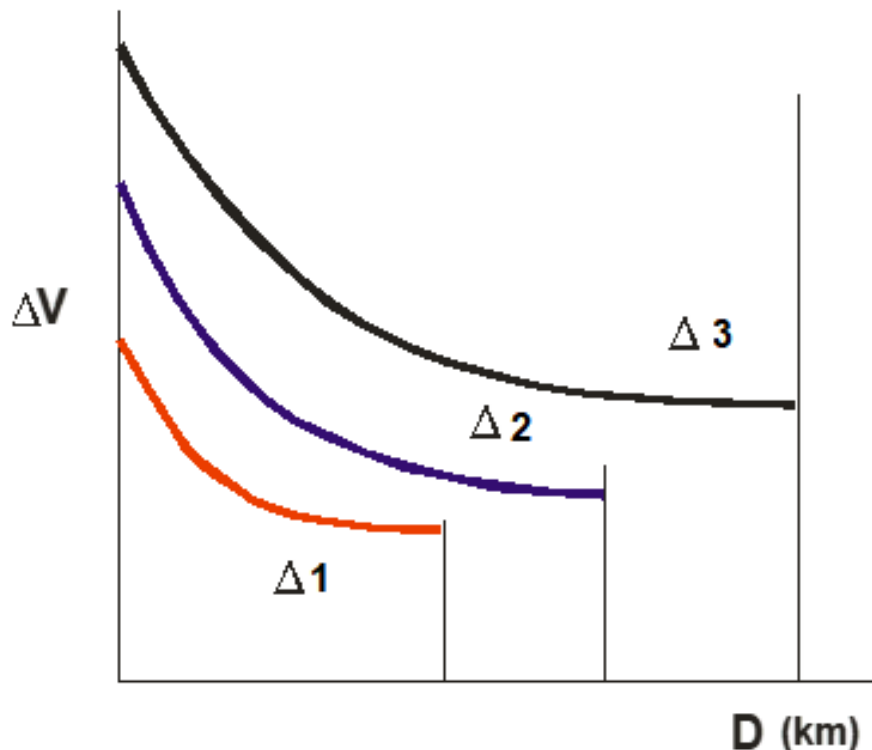


Figura 4. 3 Caída de tensión

Como se mencionó con anterioridad, la caída de tensión se encuentra estrechamente relacionada con la distancia y el calibre del conductor, ya que a mayor distancia para una misma carga mayor será la caída de tensión y al incrementarse la caída de tensión de igual manera se debe incrementar el calibre del conductor para satisfacer la Normativa Oficial Mexicana, así como la normas por parte de la compañía suministradora.



Reforzando lo anterior de acuerdo a la especificación CFE DCCSSUBT referente a construcción de sistemas subterráneos (CFE, 2015), Los circuitos de media tensión subterráneos con longitudes menores a 15 km, se consideran como líneas de transmisión cortas, utilizando para los cálculos la caída de tensión un circuito equivalente de resistencia y reactancia inductiva en serie, despreciándose la reactancia capacitiva, el cálculo de caída de tensión se abordará más adelante.

4.2.2 CÁLCULO DE IMPEDANCIA

La impedancia dependerá de dos elementos fundamentales como se dijo en el apartado anterior los cuales son la reactancia inductiva y la resistencia.

En la Figura 4.4 Se presentan las fórmulas para el cálculo de la inductancia total, para diversas disposiciones de los cables, como podemos observar, a inductancia depende de la disposición de los conductores, para fines de la presente memoria se utilizará la disposición en formación triangular equidistante.

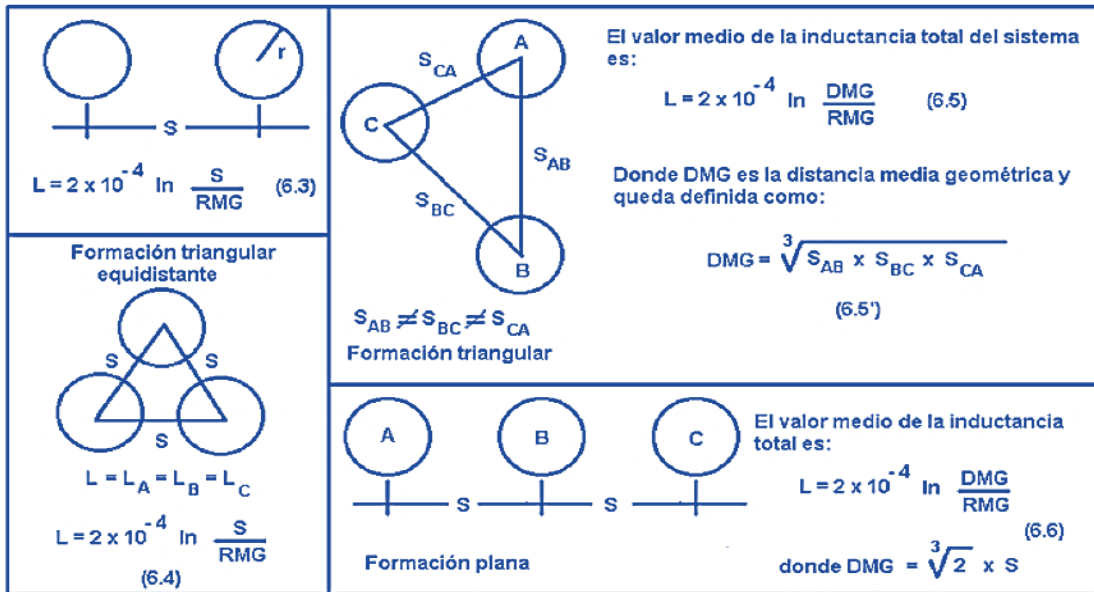


Figura 4. 4 Fórmulas para el cálculo de la inductancia total, para diversas disposiciones de los cables

Donde:

DMG = Distancia media geométrica



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

RMG = Radio medio geométrico (RMG depende de la construcción del conductor)

S = Separación entre centros de cables en mm

De acuerdo a la especificación de CFE DCCSSUBT (CFE, DCCSSUBT, 2015) la sección transversal del conductor no debe ser menor a 1/0 AWG, debido a que la transición solamente contempla el cambio de conductor de aéreo a subterráneo con las mismas características, se utilizará un conductor que se homologue en cuanto a características al 266 existente aéreo por lo cual utilizaremos un XLP de aluminio 500 kcmil:

Para ese caso utilizaremos el concepto de impedancia con una resistencia y una inductancia serie como se expresa a continuación:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (3)$$

Donde:

R = Resistencia

X_L = Reactancia Inductiva

De lo anterior, el ángulo de fase se calcula de la siguiente forma:

$$\theta = \arctan \frac{X_L}{R} \quad (4)$$

Como podemos observar, dependemos tanto de la resistencia del conductor como de la reactancia inductiva por lo cual procederemos a realizar el cálculo de ambas.

Cálculo de la reactancia inductiva



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

La inductancia se presenta cuando en un conductor circula una corriente a una magnitud variable de tiempo en el que se crea un flujo magnético variable el cual se enlaza con los demás conductores del circuito en los que del mismo modo circulan corrientes, a la variación del flujo sobre tiempo se le considera inductancia, en los conductores se crean dos inductancias, una que es propia del conductor y una que es externa como se muestra en la siguiente expresión.

$$L = L_o + L_e$$

Donde:

L_o = Inductancia propia del conductor

L_e = Inductancia externa del conductor

Para poder calcular la inductancia del conductor es necesario conocer el RMG del conductor el cual varía dependiendo la construcción del mismo y dependiendo del fabricante. En la Tabla 4.2 se muestran algunos radios medio geométricos con la construcción de los conductores típicos del cual para el conductor propuesto utilizaremos el RMG de 37 hilos.

Construcción del conductor	RMG
Alambre sólido	0.779 r
Cable de un solo material	
7 hilos	0.726 r
19 hilos	0.758 r
37 hilos	0.768 r
61 hilos	0.772 r
91 hilos	0.774 r
127 hilos	0.776 r

r = radio del conductor

Tabla 4. 2 Radio medio geométrico de conductores usuales.

La reactancia inductiva depende de la frecuencia del sistema y del valor de la sumatoria de la inductancia propia y la inductancia externa del conductor y se puede obtener con la siguiente expresión:



$$X_L = 2\pi fL \left[\frac{\Omega}{\text{Km}} \right] \quad (6)$$

Donde:

$$X_L = \text{Reactancia inductiva} \dots \dots \dots \left[\frac{\Omega}{\text{Km}} \right]$$

$$F = \text{Frecuencia del sistema} \dots \dots \dots [\text{Hz}]$$

$$L = \text{Inductancia total} \dots \dots \dots \left[\frac{H}{\text{Km}} \right]$$

De acuerdo con la disposición mostrada de manera introductoria en esta sección, la inductancia para la disposición triangular equidistante es la siguiente:

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left[\frac{S}{\text{RMG}} \right] \quad (7)$$

Hay que recordar que DMG del conductor es:

$$DMG = \sqrt[3]{2} * S \quad (8)$$

Donde:

s= distancia entre los centros de los conductores=como se trata de una formación triangular equidistante en ductos, dependerá del diámetro de estos.

Para el conductor 500 XLP aluminio compacto de 37 hilos el área de la sección transversal en mm² es de 253 y el diámetro exterior nominal es de 18.69



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

De la Tabla 4.2 obtenemos el RMG para 37 hilos es de 0.768r y de la Tabla 4.3 obtenemos el diámetro del conductor en mm y el diámetro exterior del conductor propuesto cable con aislamiento de XLP 100% nivel de aislamiento de 5 KV a 35 KV conductor de aluminio compacto y cubierta de PVC.

Tensión de Operación (V)	Calibre (AWG-KG/MIL)	Área de la sección transversal (mm ²)	Número de alambres del conductor	Diámetro del conductor (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)
15 000	3/0	85,03	19	10,89	28,78
15 000	3/0	85,03	19	10,89	28,78
15 000	3/0	85,03	19	10,89	28,78
15 000	250	126,68	37	13,29	31,43
15 000	300	152,01	37	14,55	32,70
15 000	350	177,35	37	15,71	34,47
15 000	500	253,35	37	18,74	37,49
15 000	500	253,35	37	18,74	37,49

Tabla 4. 3 Conductor Propuesto (Servicios Condumex, 2010)

Por tanto:

Diámetro del conductor =18.74 mm

Diámetro total=37.49

RMG = 0.768r

A lo anterior

$$RMG = 0.768 * r = 0.768 * \frac{18.74}{2} = 7.196 \text{ mm} \quad (9)$$

Entonces:

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left[\frac{S}{RMG} \right] \quad (10)$$

En este caso la separación equidistante dependerá del diseño del banco de ductos a emplear para media tensión en banquetta el cual se muestra en la Figura 4.5.

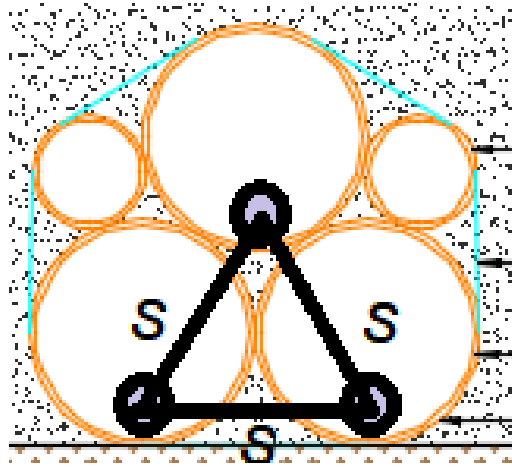


Figura 4.5 Banco con ductos de 4”

De lo anterior entonces definimos que:

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left[\frac{101}{7.196} \right] = 0.528 \frac{mH}{km} \quad (11)$$

Por tanto, retomando la ecuación (6) tenemos que:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2 * \pi * 60 * 0.528 \times 10^{-3} \left[\frac{\Omega}{Km} \right]$$

$$X_L = 0.199 \left[\frac{\Omega}{Km} \right] \quad (12)$$

Cálculo de la resistencia del conductor

Para calcular la resistencia de un conductor por corriente directa se aplica la siguiente expresión.

$$R_{cd} = \rho \frac{L}{A} \quad \Omega \quad (13)$$

Donde:

L= longitud del conductor [500 m]



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

ρ = resistividad volumétrica del material conductor en unidades compatibles con A y L

A=Área de la sección transversal del conductor

De acuerdo con el Departamento de comercio en el circular de la oficina de normas a través de la circular no. 31 denominado tablas de alambres de cobre tercera edición del primero de octubre de 1914 las unidades de resistividad de masa y resistividad de volumen están interrelacionadas a través de la densidad tomada como 8.89 gramos por cm² a 20°C, por la comisión internacional electrotécnica. El estándar internacional de cobre recocido, en varias unidades de resistividad de masa y resistividad de volumen se muestran en la Figura 4.6 :

0.15328	Ohm (meter, gram)	at 20°C,
875.20	Ohm (meter, pound)	at 20°C,
0.017241	Ohm (meter, mm ²)	at 20°C,
1.7241	microhm-cm	at 20°C
0.67879	microhm-inch	at 20°C
10.371	Ohms (mil,foot)	at 20°C

Figura 4. 6 Unidades de resistividad de masa y resistividad de volumen
(Director, 1914)

De lo anterior se estableció el estándar internacional de Cobre Recocido (International Annealed Copper Standard -IACS) lo que dio origen a los siguientes datos para cobre y aluminio mostrados a continuación en la Figura 4.7:

Para cobre a 20° C		Para aluminio a 20°	
Conductividad 100%		Conductividad 60%	
1.7241	$\mu\Omega$ -cm	2.828	$\mu\Omega$ -cm
0.67879	$\mu\Omega$ -pulgada	1.1128	$\mu\Omega$ -pulgada
10.371	Ω-cmil/pie	17.002	Ω-cmil/pie
17.241	Ω-mm²/km	28.28	Ω-mm²/km

Figura 4. 7 Resistividad por unidad de masa cobre-aluminio



Para fines de esta memoria ocuparemos como valores de cálculo los marcados en negrita de la Figura 4.7.

Además de lo anterior, se deberán tomar en cuenta los efectos de cableado donde, la resistencia de los conductores cableados es igual a la suma de cada uno de los alambres divididas entre el número de ellos para lo cual, se utiliza la siguiente expresión.

$$R_{cd} = \frac{R'}{n} = \frac{\rho}{n} \times \frac{L}{A'} \quad \Omega/Km \quad (14)$$

Donde:

R'= Resistencia de la sección transversal de cada alambre

A´=Área de la sección transversal del conductor

Lo anterior en caso de que todos los alambres tuvieran la misma longitud, de lo contrario aplicamos la siguiente ecuación.

$$R_{cd} = \rho \times \frac{L}{A} (1 + kc) \quad \Omega/Km \quad (15)$$

Donde

Kc=factor de cableado

A continuación, se muestra el incremento de la resistencia por efecto de cableado de los conductores usuales en la Tabla 4.4.

Tipo de cableado	k _c
Redondo normal	0.020
Redondo compacto	0.020
Sectorial	0.015
Segmental	0.020

Tabla 4. 4 Incremento de la resistencia por tipo de cableado (Condumex, 2006)



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

En este caso utilizaremos el KC para conductor compacto como se señaló además de lo anterior debemos seleccionar la resistencia del conductor de cobre a 20° C de la Tabla 4.5 para conductor 500 KCM de aluminio.

AWG kcmil	Área de la sección transversal (mm ²)	Resistencia eléctrica nominal a la c.d. a 20 °C, Ω/km
2	33.6	0.860
1/0	53.5	0.539
2/0	67.4	0.428
3/0	85.0	0.3391
4/0	107.2	0.269
250	126.7	0.228
350	177.3	0.163
500	253.4	0.114
600	304.0	0.0948
700	354.7	0.0813
1000	506.7	0.0569

Tabla 4. 5 Resistencia a la corriente directa a 20°C en conductores de cobre con cable concéntrico normal, comprimido y compacto.

Como los datos anteriores son para corriente directa a 20°C se debe aplicar un ajuste a 90° C para lo cual utilizaremos el factor señalado en la Tabla 4.6 y siguiendo el cálculo que se muestra posterior a esta.

Temperatura del conductor en °C	Factor de corrección a 20 °C	
	Cobre	Aluminio
70	0.836	0.832
75	0.822	0.818
80	0.809	0.805
85	0.796	0.792
90	0.784	0.780

Tabla 4. 6 Resistencia a la corriente directa a 20°C en conductores de cobre con cable concéntrico normal, comprimido y compacto.

De las anteriores tablas utilizamos los factores señalados y los asentamos en la siguiente expresión.



$$R_{cd90^{\circ}c} = \frac{0.114}{0.78} = 0.146 \quad \Omega/Km \quad (16)$$

Ahora, como la resistencia anteriormente calculada es para corriente directa a 90 °C deberá ajustar a corriente alterna para lo cual utilizaremos el factor señalado en la Tabla 4.7.

Calibre del conductor AWG o kcmil	Para cables con cubierta no metálica, véase nota 1		Para cables con cubierta metálica, véase nota 2	
	1		2	
mm ²	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
400	1.0110	1.0050	1.1000	1.0400
500	1.0180	1.0070	1.1300	1.0600
600	1.0250	1.0100	1.1600	1.0800
750	1.0390	1.0150	1.2100	1.1100
1000	1.0670	1.0260		1.1900
1250	1.1020	1.0400		1.2700
1500	1.1420	1.0580		1.3600
1750	1.1850	1.0790		1.4600
2000	1.2330	1.1000		1.5600
2500	1.3260			

Tabla 4. 7 Razón de resistencia C.A. / C.D. para conductores de cobre y aluminio a una frecuencia de 60 Hz. Cableado concéntrico normal.

De la anterior tabla utilizamos la columna 2 para conductores de aluminio instalados en conduit y realizamos el siguiente cálculo para obtener la resistencia del conductor a 60 hz y 90° C ajustando a razón de corriente alterna.

$$R_{ca90^{\circ}c} = (R_{cd90^{\circ}c}) * (1.06) = \mathbf{0.154} \quad \Omega/Km \quad (17)$$

4.2.3 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAÍDA DE TENSIÓN

Las aplicaciones generales de los cables de energía asilados en media tensión nos permiten, como es en este caso de estudio, tomarlo como una línea de distribución corta, en este caso la impedancia se toma como la combinación en serie de la reactancia inductiva y la resistencia propia del conductor, debido a que abordamos



una línea relativamente corta, la reactancia capacitiva se desprecia por el circuito quedando como se muestra en la Figura 4.8

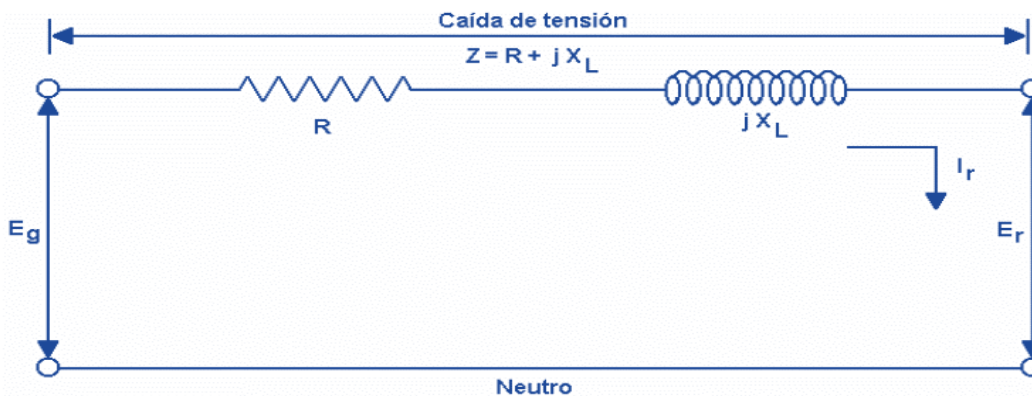


Figura 4. 8 Circuito equivalente tratado como una línea corta (Condumex, 2006).

Donde:

E_g = Tensión de envío = 13.2 [Kv]

E_r = Tensión recibida

I_r = Corriente enviada o recibida

R = Resistencia= 0.154 [Ohm/km] de la ecuación (17)

X_L = Reactancia = 0.199 [Ohm/km] de la ecuación (12)

Z = Impedancia de la línea en Ohm/km

e = Caída de tensión en el conductor en Volt

De manera común en los cables, la resistencia y la reactancia están expresados por unidad de longitud por lo que la impedancia se obtiene multiplicando la impedancia por la longitud del circuito (L_{cto}) a calcular. A lo anterior, los cálculos serían los siguientes:

$$Z = L_{cto} \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (18)$$



$$Z = 0.5\sqrt{0.154^2 + 0.199^2} = 0.126 \Omega/Km \quad (19)$$

A continuación, se presentan los diagramas fasoriales de la línea corta representada con anterioridad en la figura 4.8 que corresponde al circuito de estudio, en la figura 4.9 podemos observar los diagramas fasoriales de los factores de potencia para una carga inductiva (atraso), una carga resistiva (unitario) o una carga capacitiva (adelantado).

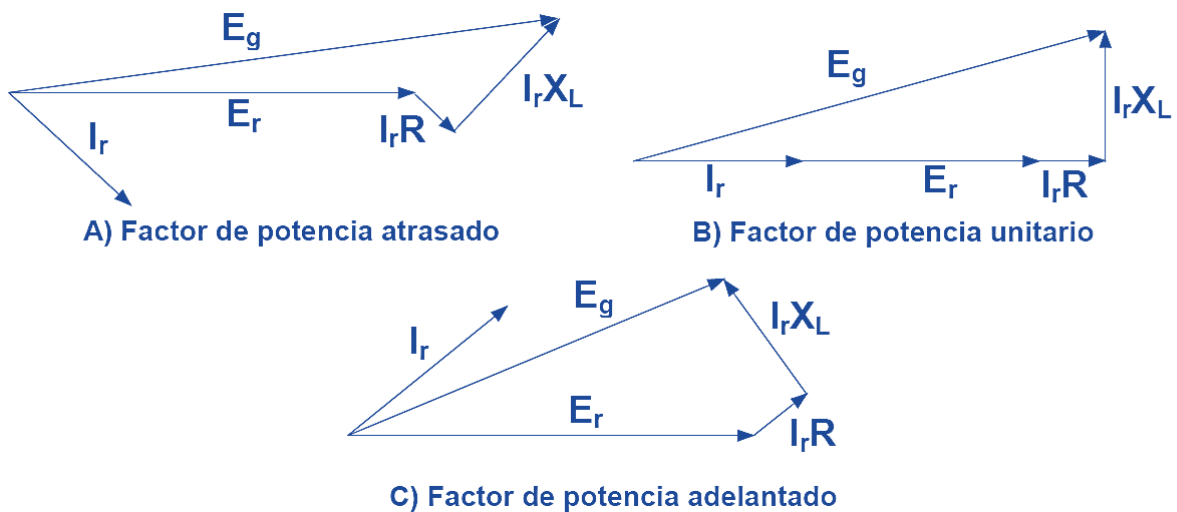


Figura 4. 9 Factores de potencia (Conдумex, 2006)

Donde:

E_g = Tensión de envío E_r = Tensión recibida I_r = Corriente enviada o recibida

R = Resistencia X_L = Reactancia

Como se puede apreciar en la Figura 4.9, se requiere de una (E_g) tensión de envío para poder mantener constante la (E_r) recepción de tensión, cuando la corriente requerida por la carga está desfasada en atraso con respecto a la tensión, en



comparación con la misma corriente de fase (**Er**) se requiere de una tensión de envío aún menor para mantener la tensión recibida, cuando la corriente tomada por la carga está desfasada en adelanto. En atraso, la regulación es mayor mientras que factor unitario es menor e incluso negativa cuando el factor de potencia está adelantado.

De lo anterior, la regulación de la tensión está ligada al factor de potencia de la carga. El concepto de regulación se define como el incremento de tensión en el extremo de la recepción, expresando un porcentaje de la tensión a plena carga, cuando se retira la carga a un cierto factor de potencia mientras que la tensión en el extremo de envío permanece constante, esto se traduce de manera matemática en la siguiente expresión:

$$\%reg = \frac{|VSC| - |VPC|}{|VPC|} \times 100 \quad (20)$$

Donde:

VSC = Eg= Voltaje sin carga

VPC = Er = Voltaje a plena carga (con carga) fase-neutro

También puede calcularse de la siguiente manera:

$$\%reg = \frac{e}{|Vr|} \times 100 = \frac{IR\cos\theta + IRX_L\sen\theta}{|Vr|} \times 100 \quad (21)$$

Donde:

X_L = Reactancia inductiva

R=Resistencia

θ =ángulo del factor de potencia

Vr = Voltaje nominal de fase a neutro en el extremo receptor

e = caída de tensión

Recordar que:

$$Fp = \cos(\theta) \quad (22)$$



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Donde

F.p. = $\cos \theta$ = Factor de potencia

Por tanto θ adquiere el valor de:

$$\theta = \arccos(fp) = \cos^{-1}(\theta) \quad (23)$$

A lo anterior

$$\text{sen} \theta = \text{sen}(\arccos(fp)) = \text{sen}(\cos^{-1}(0.9)) = 0.43 \quad (24)$$

Utilizando las ecuaciones (1), (14), (17) y (23) podemos calcular el porcentaje de regulación de la siguiente manera:

$$\%reg = \frac{\left[\left(\frac{KVA}{\sqrt{3} * KV} \right) * R * \cos(\cos^{-1}(0.9)) \right] + \left[\left(\frac{KVA}{\sqrt{3} * KV} \right) * X_L * \text{sen}(\cos^{-1}(0.9)) \right]}{|V_r|} * 100 \quad (25)$$

Reforzando lo anterior

$$V_r = \frac{KV}{\sqrt{3}} \quad (26)$$

Donde KV en este caso es =13.2 KV

Para calcular la caída de tensión realizamos los siguientes cálculos:

Para circuitos monofásicos primero calculamos la corriente de línea de la siguiente manera.

$$I = \frac{W}{E_r * \cos \phi} = \frac{VA}{E_r} \quad (27)$$

W= Potencia real entregada

E_r = Tensión recibida

E_g = Tensión sin carga

I = Corriente de línea en amperes

$\cos \phi$ = factor de potencia de la carga

VA= potencia aparente entregada a la carga en Volt-Amperes.

Lo anterior expuesto se bosqueja a continuación en la Figura 4.10:

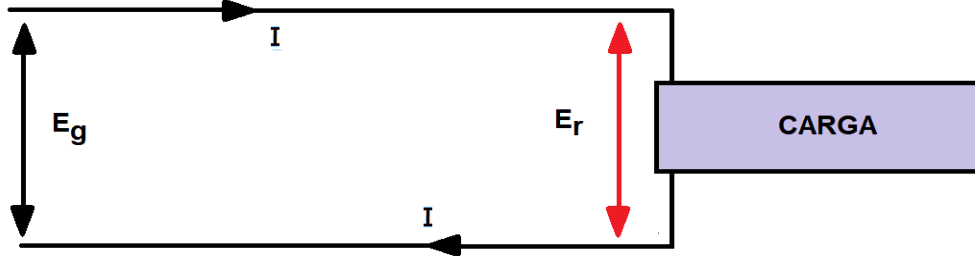


Figura 4. 10 Circuito monofásico

De lo anterior, procedemos a calcular la caída de tensión la cual de manera introductoria se abordó en la sección 4.2.1 donde pudimos observar que a mayor longitud mayor será la caída de tensión

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

Donde: (28)

ΔV = caída de tensión en volts

L= longitud

Z= impedancia de la línea = $[R * fp] + [X_L * \text{sen}(\text{cos}^{-1}(fp))]$ Tabla 9 nota 2 (DOF, NORMA OFICIAL MEXICANA, 2012)

Para efectos prácticos utilizar ecuación (3)

Para circuitos trifásicos se presenta el siguiente método de cálculo donde primero debemos identificar que:

$$Er = \frac{Ep}{\sqrt{3}} \text{ [kv]} \quad (29)$$

Donde

Er = tensión de fase a neutro lado receptor

Ep= tensión entre fases

Realizando el despeje tenemos que:

$$Ep = Er * \sqrt{3} \text{ [kv]} \quad (30)$$



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Por tanto, la corriente en línea queda de la siguiente manera:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} * Ep * \cos \phi} = \frac{VA}{\sqrt{3} * Ep} = 24.93 \text{ A} \quad (31)$$

Por tanto, la caída de tensión resulta

$$\Delta V = 0.5 * 24.93 * 0.126 = 1.57 \text{ v} \quad (32)$$

Retomando la ecuación (20) procedemos a realizar el cálculo de la caída de tensión mediante el porcentaje de regulación el cual sirve para saber si el conductor propuesto cumple con lo establecido en las normas de CFE expuestas en capítulos anteriores donde la caída de tensión no debe exceder el 1%

Por tanto

$$\begin{aligned} \%reg &= \frac{|VSC| - |VPC|}{|VPC|} x 100 = \\ \%reg &= \frac{13200 - 13198}{13198} x 100 \\ \%reg &= 0.015\% \end{aligned} \quad (33)$$

Del cálculo anterior podemos observar que la caída de tensión es mucho menor a 1% por lo cual el conductor propuesto de 500 kcmil XLP aluminio cumple con las especificaciones de la suministradora.

Hacemos un segundo cálculo ahora retomando como ángulo Θ el resultado del cálculo propuesto en la ecuación 4 donde se establece lo siguiente:

$$\Theta = \arctan \frac{X_L}{R} = \arctan \frac{0.199}{0.154} = 0.999$$



$$\%reg = \frac{e}{|V_r|} \times 100 = \frac{IR\cos\theta + IX_L\sen\theta}{|V_r|} \times 100$$

Aplicando en la ecuación obtenemos el siguiente resultado.

$$\begin{aligned} &= \frac{24.93 * 0.154 * \cos(0.999) + 24.93 * 0.199 * \sen(0.999)}{|13.2|} \times 100 && (34) \\ &= \mathbf{0.017\%} \end{aligned}$$

Como observamos, igualmente nos encontramos dentro del 1% multicitado

4.2.4 POR TEMPERATURA

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, el conductor debe ser capaz de soportar la corriente producida por la carga, tener una caída de tensión no mayor al 1% y debido a que estará expuesto a condiciones anormales de operación como son corrientes de sobrecargas y cortos circuitos, el conductor debe ser capaz también de soportar el calor generado debido al efecto joule (I^2R) y así evitar ser dañado de manera parcial o total en sus componentes, principalmente al aislamiento el cual estará sujeto a la magnitud de corriente y su duración.

Si el conductor excede el valor de corriente nominal la respuesta térmica no será instantánea por lo cual, la temperatura del conductor irá aumentado de manera paulatina hasta alcanzar su nivel máximo de equilibrio térmico (calor generado igual al calor disipado) los valores de temperatura recomendados típicamente en condiciones emergentes de los principales aislamientos de cables de energía de media tensión son los que se muestran en la Tabla 4.8.



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Aislamiento papel impregnado	Temperatura máxima de sobre carga [°C]
1 kV	115 °C
2-9 kV	110 °C
10-15 kV	100 °C
10-29 kV	110 °C
Vulcanel EP	130 °C
Vulcanel XLP	130 °C

Tabla 4. 8 Temperatura de sobre cara de los aislamientos de cables de energía en media tensión.

De acuerdo con la Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico, A.C. (ANCE) en la NMX-J-142-ANCE 2000 en el apartado 5.3.1 se establece que:

“El material del aislamiento debe ser capaz de soportar una temperatura de operación en el conductor de 90 ° C, en condiciones de operación normal, 130 °C en condiciones de emergencia, limitándose esta condición a 1 500 h acumulativas durante la vida del cable y no más de 100 h en doce meses consecutivos” (Eléctrico, 2000).

Un parámetro fundamental para la selección el conductor está dada por la temperatura en donde la capacidad de conducción de corriente (Ampere) en cables de energía es un problema la transferencia de calor

El calor en el conductor es una respuesta al paso de la corriente a través del aislamiento el cual se encuentra sometido al potencial eléctrico, de igual manera en la pantalla metálica por la corriente que pasa por ella cuando el conductor se encuentra aterrizado en dos o más puntos. El calor producido debe disiparse al medio ambiente a través de las resistencias térmicas del cable y del medio que le rodean el calor que se puede generar está limitado por la temperatura máxima que puede alcanzar el conductor para evitar la degradación acelerada del aislamiento, como el calor generado es función de la corriente que circula por el conductor la temperatura máxima determina la corriente que puede ser transmitida por el mismo.



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Para el cálculo de capacidad de corriente en las normas oficiales mexicanas se incluyen tablas en las cuales se puede apreciar la capacidad de conducción bajo condiciones comunes como es el caso de la NOM 001 SEDE 2012.

A lo anterior expuesto, a continuación se reproduce en la tabla 4.9 un fragmento de la tabla 310-60(c)(79) de la NOM 001 SEDE 2012 correspondiente a la ampacidad de tres conductores de cobre aislados, alambrados dentro de una cubierta general (cable de tres conductores) en ductos eléctricos subterráneos (un cable por ducto eléctrico), con base en una temperatura ambiente de la tierra de 20 °C, el montaje de los ductos eléctricos según se indica en la Figura 310-60, factor de carga del 100 por ciento, resistencia térmica (RHO) de 90, temperaturas del conductor de 90 °C y 105 °C en la imagen

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310-104(c)]			
mm ²	AWG o kcmil	Ampacidad para 2 001-5 000 volts		Ampacidad para 5 001-35 000 volts	
		Temperatura de los conductores de media tensión en °C			
		90	105	90	105
Un circuito (Véase la Figura 310-60, Detalle 1)					
8.37	8	59	64	—	—
13.3	6	78	84	88	95
21.2	4	100	110	115	125
33.6	2	135	145	150	160
42.4	1	155	165	170	185
53.5	1/0	175	190	195	210
67.4	2/0	200	220	220	235
85.0	3/0	230	250	250	270
107	4/0	265	285	285	305
127	250	290	315	310	335
177	350	355	380	375	400
253	500	430	460	450	485
380	750	530	570	545	585
507	1000	600	645	615	660

Tabla 4. 9 Temperatura de los conductores de tabla 310-60(c)(79) de la Nom-001 SEDE 2012- Instalaciones Eléctricas (Utilización)

Como podemos observar, el conductor nos soporta la corriente calculada.

4.2.5 CÁLCULO DE TUBERÍAS

Las dimensiones de los ductos dependen del número de cables que se alojarán dentro de ellos y el diámetro externo de cada cable como se muestra en la figura 4.11.




No. de conductores ¹	Configuración	Expresión ²
1/C	 Triplexiados	$D - d$
3 - 1/C	 Acunados	$\frac{D}{2} - 1.366d + \frac{D-d}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D-d}\right)^2}$
3 - 1/C		$\frac{D-d}{2} + \frac{D-d}{2} \sqrt{1 - \left[\frac{d}{2(D-d)}\right]^2}$

Figura 4. 11 Configuración de conductores en ductos (Condumex, 2006)

Para fines de este proyecto se propone instalar un conductor por ducto para lo cual se verificará que el porcentaje de ocupación sea el que se indica en la NOM-001-SEDE-2012 el cual se encuentra en el capítulo 10 y que se muestra en la figura 4.12.

Número de conductores	Todos los tipos de conductores
1	53
2	31
Más de 2	40

Figura 4. 12 Ocupación de la sección transversal en tubo conduit y tubería para conductores.

Como pudimos observar en la figura anterior, el porcentaje para un conductor por ducto es de 53% para lo cual se realizarán a continuación los cálculos para verificar que el conductor XLP 500 Kcmil no sobrepase dicho porcentaje en ductos de 101 mm.

Para calcular el porcentaje de ocupación utilizaremos las siguientes formulas.

$$POC = \frac{ATC}{ATIT} * 100 \tag{35}$$



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Donde:

POC=Porcentaje de ocupación

ATC= Área transversal del cable que va a alojar el tubo en mm².

ATIT= Área transversal interna del tubo

El área transversal del conductor se calcula de la siguiente manera:

$$AC = \frac{\pi}{4} * DEC^2 \quad (36)$$

Donde:

Ac=área transversal del conductor en mm²

DEC= Diámetro exterior del cable en mm

El área transversal interna del ducto se calcula como se muestra a continuación:

$$ATIT = \frac{\pi}{4} * DIT^2 \quad (37)$$

Donde:

DIT= Diámetro interno del tubo en mm

Recordar de la Tabla 4.3 que el diámetro exterior del conductor es de 37.49 por tanto retomando la fórmula 36 tenemos que:

$$AC = \frac{\pi}{4} * 37.49^2 = 1003.87 \quad (38)$$

Para calcular el área del ducto seleccionamos de la tabla 4 referida a los artículos 352 y 353 que se muestra en la Tabla 4.10.



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Artículos 352 y 353 – Tubo conduit rígido de PVC (PVC), Cédula 40 y Conduit HDPE (HDPE)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	¾	—	—	—	—	—	—
16	½	15.3	184	110	97	57	74
21	¾	20.4	327	196	173	101	131
27	1	26.1	535	321	284	166	214
35	1¼	34.5	935	561	495	290	374
41	1½	40.4	1282	769	679	397	513
53	2	52	2124	1274	1126	658	849
63	2½	62.1	3029	1817	1605	939	1212
78	3	77.3	4693	2816	2487	1455	1877
91	3½	89.4	6277	3766	3327	1946	2511
103	4	101.5	8091	4855	4288	2508	3237
129	5	127.4	12748	7649	6756	3952	5099
155	6	153.2	18433	11060	9770	5714	7373

Tabla 4. 10 Fragmento de la tabla 4. Capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012 (DOF, NORMA OFICIAL MEXICANA, 2012)

En el artículo citado con anterioridad 353 en la NOM se menciona lo siguiente:

Artículo 353.

TUBO CONDUIT DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD TIPO HDPE

A. Generalidades

353-1. Alcance. Este Artículo trata del uso, instalación y especificaciones de construcción para el tubo conduit de polietileno de alta densidad (HDPE) y accesorios asociados.

353-2. Definición.

Tubo conduit de polietileno de alta densidad (HDPE). Canalización no metálica de sección transversal circular...

B. Instalación

353-10. Usos permitidos. Se permitirá el uso del tubo conduit de polietileno de alta densidad (HDPE) en las siguientes condiciones:

(4) En instalaciones directamente enterradas en tierra o en concreto.



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

NOTA: Consulte 300-5 y 300-50 con relación a las instalaciones subterráneas.

De lo anterior expuesto, como vemos que el ducto es adecuado procedemos a realizar el cálculo que se estableció en la ecuación (37).

$$ATIT = \frac{\pi}{4} * 101.5^2 = 8091 \quad (39)$$

Teniendo las respuestas empleamos la ecuación (35)

$$POC = \frac{1003.87}{8091} * 100 = 12\% \quad (40)$$

De lo anterior podemos observar que el conductor no sobrepasa el 53% que establece la norma, además de lo anterior, el ducto de 101 mm es óptimo para esta instalación. A lo anterior se propone el banco de ductos P3B el cual es un banco de ductos PAD bajo banqueteta el cual se muestra en la figura 4.3.

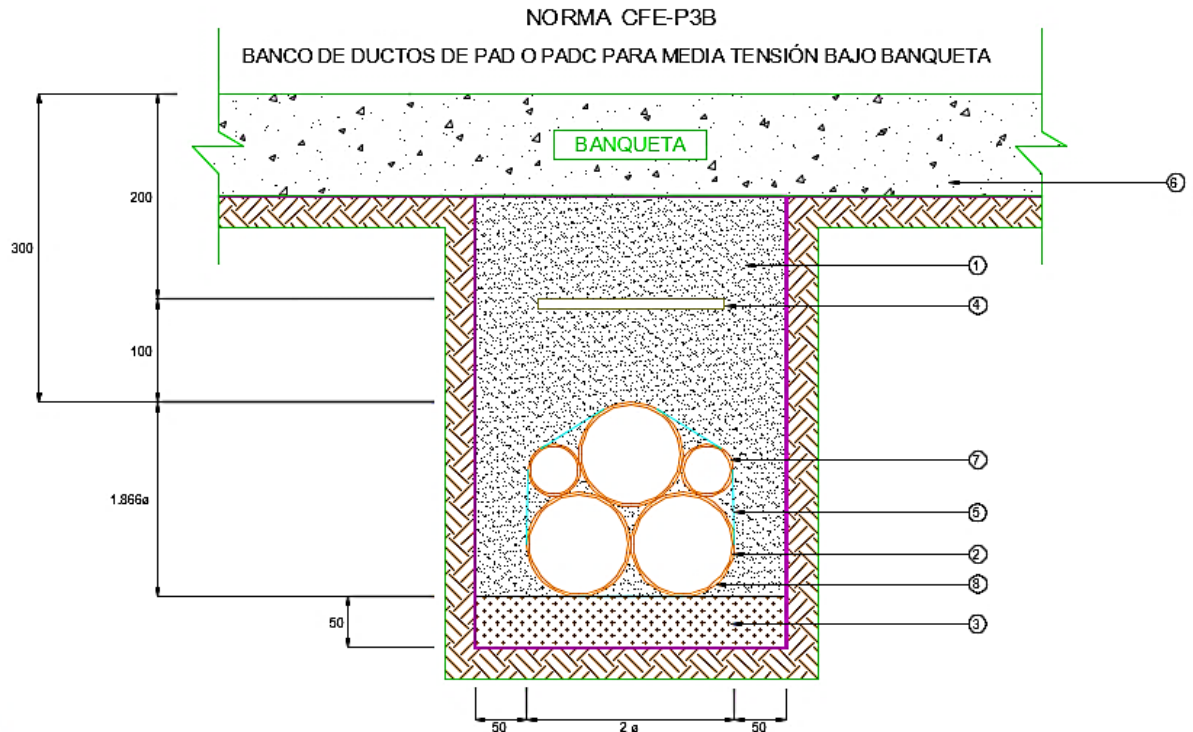


Figura 4. 13 BANCO P3B

Dicho banco se compone de los siguientes elementos:

- 1.- Relleno material compactado (90% mínimo, Proctor).
- 2.- Ducto de polietileno de alta densidad 101 mm de \varnothing de color rojo ó anaranjado.
- 3.- Piso compactado (90% mínimo, Proctor). En terrenos normales el ducto ira asentado directamente en el fondo de la excavación, en terrenos rocosos se compactará utilizando una capa de tierra ó arena de 5 cm para uniformizar el fondo y que no contenga boleo mayor a $\frac{3}{4}$ ".
- 4.- Cinta señalizadora de advertencia 300 mm con la leyenda " no excave. Líneas de alta tensión".
- 5.- Fleje plástico con hebilla metálica colocado a cada 3 m del banco de ductos.
- 6.- Restituir el piso existente dejándolo igual al encontrado en sitio.



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

7.- Posición del ducto de polietileno de alta densidad 38.1 o 50.8 mm de \varnothing de color rojo ó Anaranjado, para instalaciones de comunicaciones; en caso de existir acuerdo para su utilización.

8.- en caso de que el banco de ductos combine media y baja tensión, la media tensión se ubicará en los niveles inferiores del banco de ductos. Los registros para emplear serán Independientes.

Registros de media tensión

Los registros de media tensión propuestos son del tipo RMTB4 el cual se muestra a continuación en la Figura 4.14.

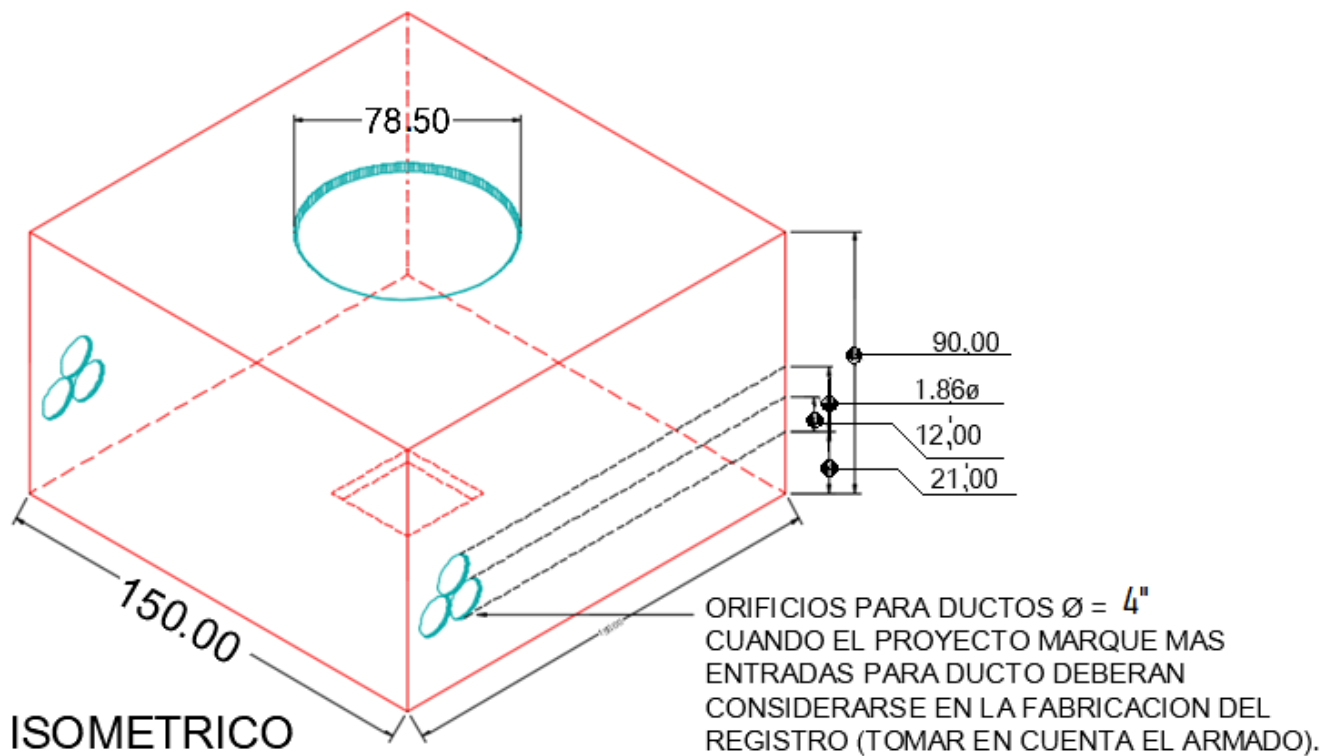


Figura 4. 14 Registro de media tensión RMTB4



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

Transición de conductores.

La transición de aéreo subterráneo consta de los elementos que se muestran a continuación en la figura 4.15

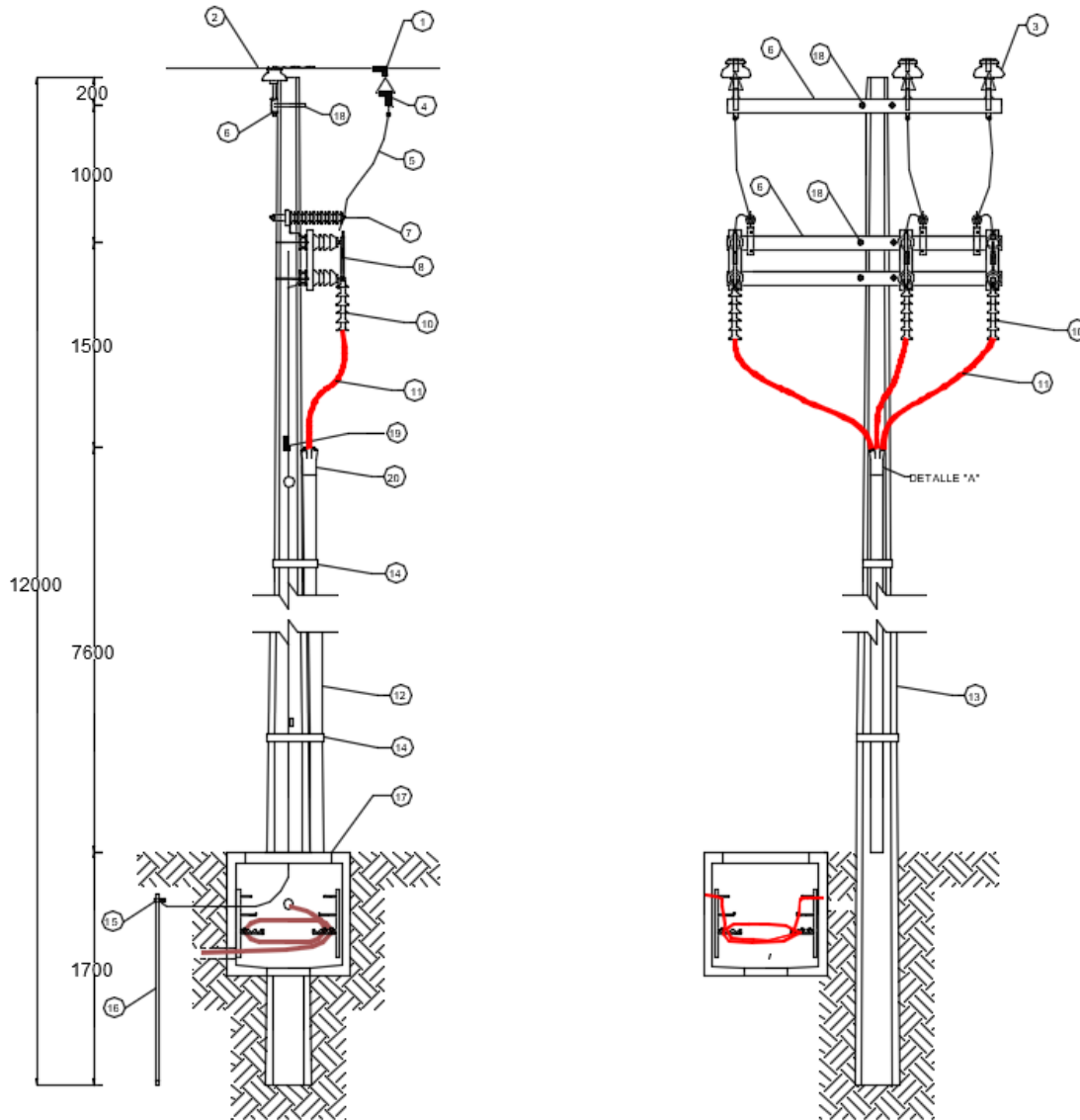


Figura 4. 15 Transición aéreo subterráneo para 600 A

Materiales

La lista de materiales para la transición de los conductores se muestra en la figura 4.16 en la cual se enlistan todos los elementos necesarios para llevarla a cabo.



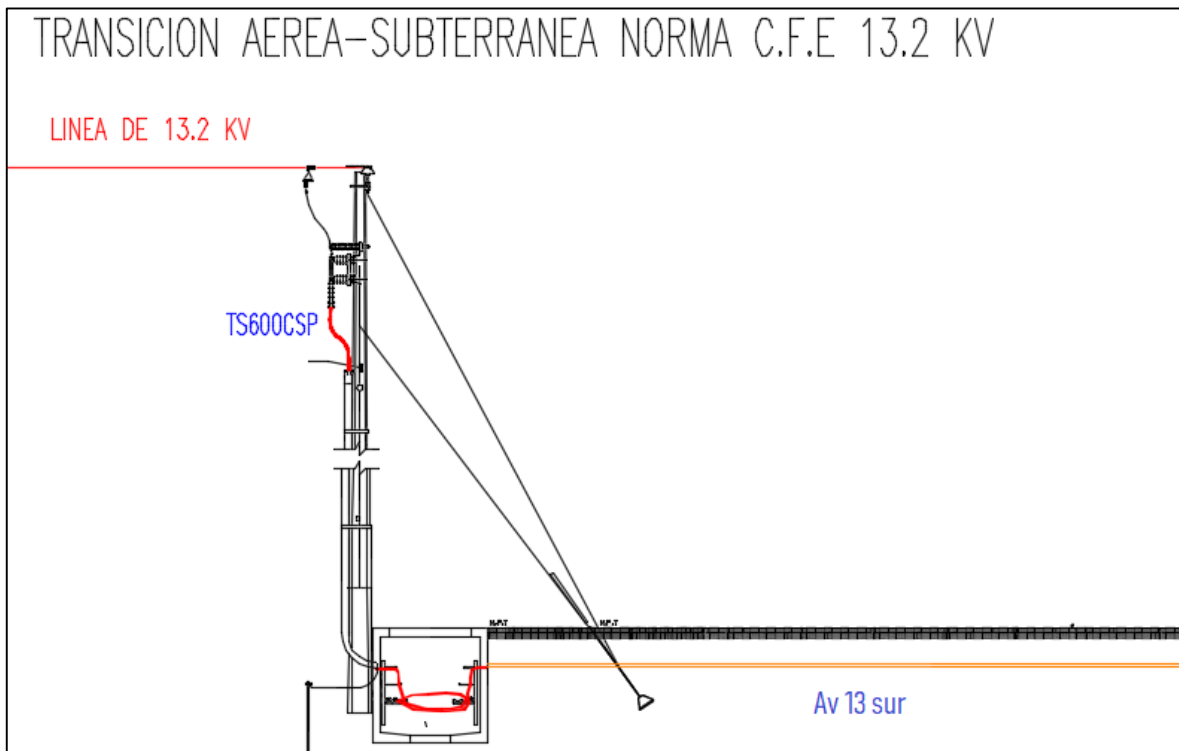
“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

LISTA DE MATERIALES

- | | |
|---|--|
| 1.-CONECTOR TIPO ESTRIBO. | 11.-CABLE DE POTENCIA TIPO XLP CAL. 500 O 750 (KV SEGÚN REQUIERA). |
| 2.-AMARRE DE ALUMINIO SUAVE. | 12.-TUBO TIPO PAD RD 135 COLOR NEGRO DE DIAM. SEGUN REQUIERA. |
| 3.-AISLADOR TIPO PIN POST. | 13.-POSTE DE CONCRETO. |
| 4.-CONECTOR TIPO PERICO. | 14.-FLEJE DE ACERO INOX. DE 1/2 DE ESPESOR. |
| 5.-CABLE DE COBRE DESNUDO. | 15.-SOLDADURA TIPO CADWELD. |
| 6.-CRUCETA TIPO PT200. | 16.-VARILLA COOPERWELD. |
| 7.- APARTARRAYOS ADOM TS (KV SEGUN REQUIERA). | 17.-REGISTRO DE CONCRETO PREFABRICADO. |
| 8.-CUCHILLA SECCIONADORA OPERACION CON PERTIGA (KV SEGUN REQUIERA). | 18.-ABRAZADERA TIPO UC. |
| 9.-CONECTOR TIPO ZAPATA. | 19.- CONECTOR DERIVADOR 90 GRADOS (CAL SEGÚN REQUIERA). |
| 10.-TERMINAL DE USO EXTERIOR. | 20.- SELLO TERMOCONTRACTIL O CONTRACTIL EN FRIJO. |

Figura 4. 16 Materiales de transición

A continuación, se muestra un detalle constructivo del trabajo a realizar en la figura 4.17 en donde se esboza la trayectoria que seguirán los conductores.





“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

En la figura 4.19 se presenta el diagrama unifilar del proyecto

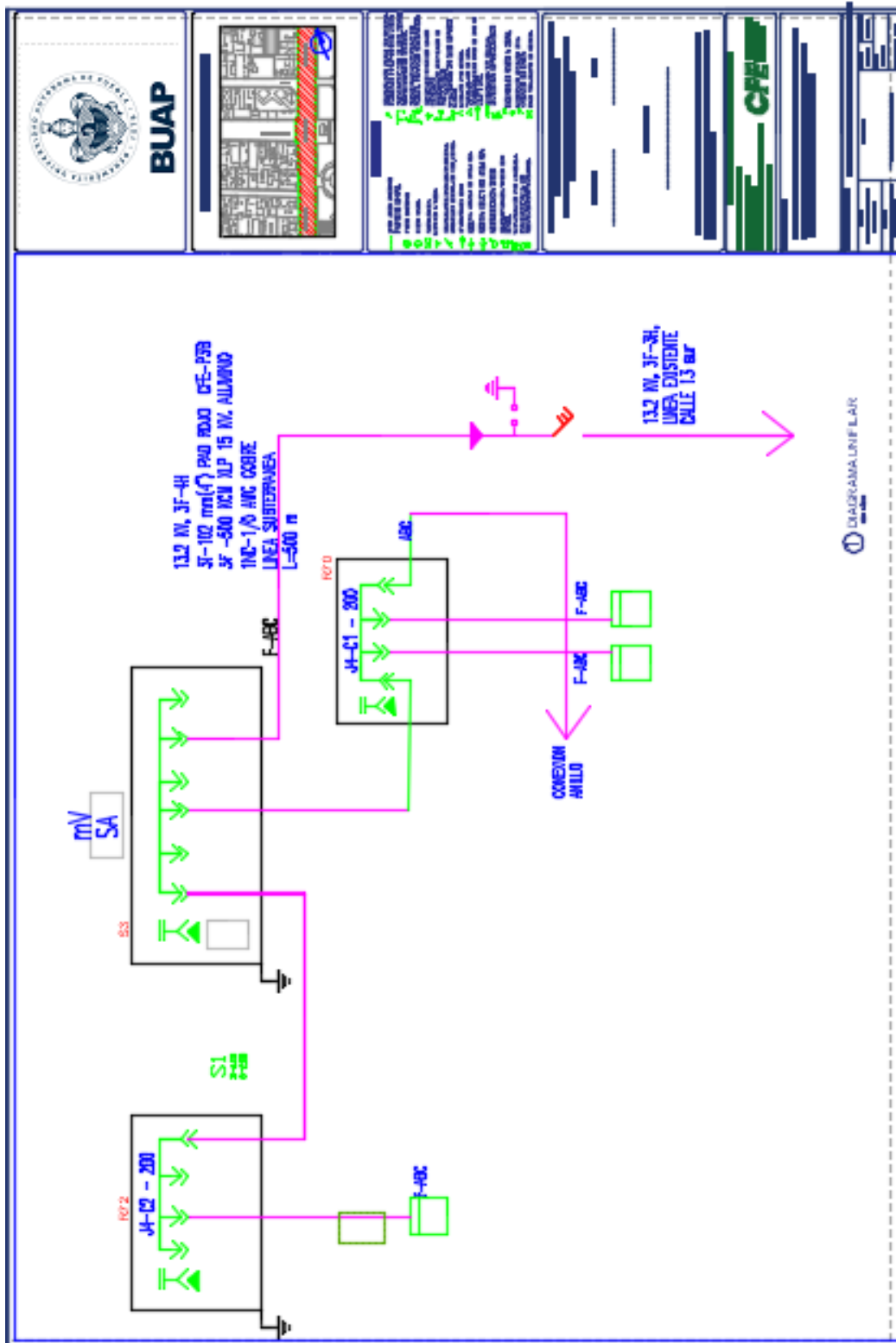


Figura 4. 19 Diagrama unifilar



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

- Se realizará en planos el encabezado el cual contendrá el nombre del proyecto en solapa como se muestra en la Figura 4.19

<p>LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD DIVISION CENTRO ORIENTE . CERTIFICA HABER REVISADO Y AUTORIZADO EL PRESENTE PROYECTO DE ELECTRIFICACION DE UN ANO A PARTIR DEL __ DE MARZO DE 2019.</p>			
<p>REVISÓ:</p>		<p>Vo. Bo.</p>	
<p>AUTORIZO:</p>			
<p>NOTA: ESTA APROBACION NO ES AUTORIZACION PARA CONSTRUIR. LA OBRA PODRA EJECUTARSE HASTA QUE HAYA SIDO FORMALIZADO EL CONVENIO CORRESPONDIENTE.</p>			
<p>COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD DIVISION CENTRO ORIENTE ZONA PUEBLA PONIENTE PLANO DE PROYECTO LINEA ELECTRICA EN MEDIA TENSION 13.2KV PLANO No. _____</p>			
<p>TEMA DE TESIS: "PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA AVENIDA REFORMA Y LA AVENIDA 11 PONIENTE, EN EL ESTADO DE PUEBLA"</p>			
<p>NOMBRE DE PLANO: LEVANTAMIENTO ESTADO ACTUAL</p>			
<p>REVISÓ: MR. GENARO CAMPOS CASTILLO ASESOR DE TESIS</p>	<p>PROYECTÓ:</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p>	<p>ACOTACION METROS</p>
<p>APROBÓ: DR. VICENTE TURBATES GILLEN CO-ASESOR DE TESIS</p>	<p>ING. RICARDO RIVERA HERRERA</p>	<p>FECHA: JUNIO 2019</p>	<p>NÚ. DE PLANO: MT-00</p>

Figura 4. 20 Encabezado

- Además de lo anterior, se realiza la propuesta de acuerdo a lo especificado por CFE indicado banquetas y áreas verdes como se indica en la figura 4.21

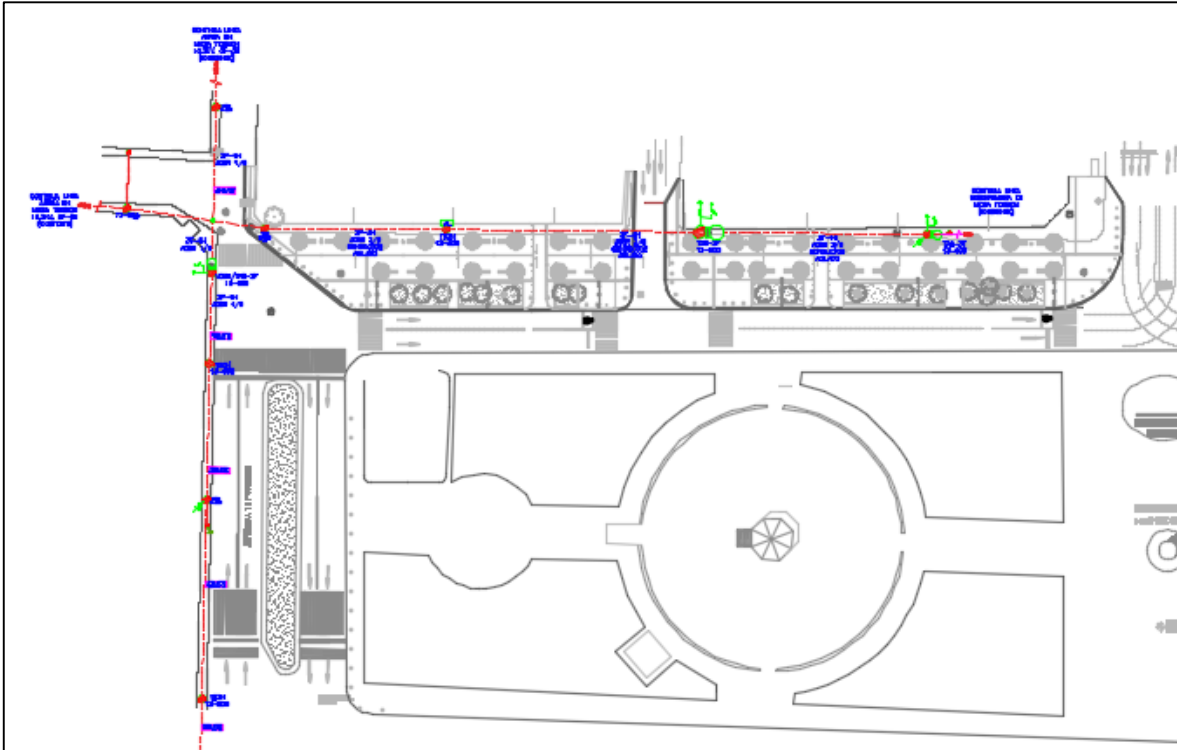


Figura 4. 21 Planta de ubicación con banquetas.

Además de lo anterior expuesto, se contempla lo siguiente:

- Red de distribución proyectada incluyendo la ubicación de las instalaciones cercanas al área de la propuesta (igual se indica en planta)
- Transiciones de acuerdo con el punto de conexión
Se indicó con anterioridad.
- Cuadros de cargas

CARGA	TRANSFORMADOR 1	UBICACIÓN	KVA	KVA	KW TOTALES	DISTANCIA MTS	DISTANCIA MAX	CORRIENTE DISTRIBUIDA	KV	corriente	z	L	e%
1	ENVIOS	13 SUR ENTRE AVENIDA JUAREZ Y 9 PTE	75	570	513	211	580	3.280399257	13.2	24.9310344	0.126	0.5	0.015
2	S. TEPEYAC	AV JUARZ ENTRE 13 SUR Y 17 SUR	112.5			580		4.920598885					
3	S. TEPEYAC	AV JUARZ ENTRE 13 SUR Y 17 SUR	112.5			580		4.920598885					
4	BBVA	AV JUARZ ENTRE 13 SUR Y 17 SUR	150			580		6.560798514					
5	OXO	AV JUARZ ENTRE 13 SUR Y 17 SUR	45			580		1.968239554					
6	CHEVROLET	AV JUARZ ENTRE 13 SUR Y 17 SUR	75			580		3.280399257					

Figura 4. 22 Cuadro de cargas



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

- Diagramas unifilares
Se agregan en planta
- Detalles constructivos
Se agregaron los de las especificaciones de la suministradora
- Simbología
Se agregó simbología de CFE como se muestra en la figura 4.23.

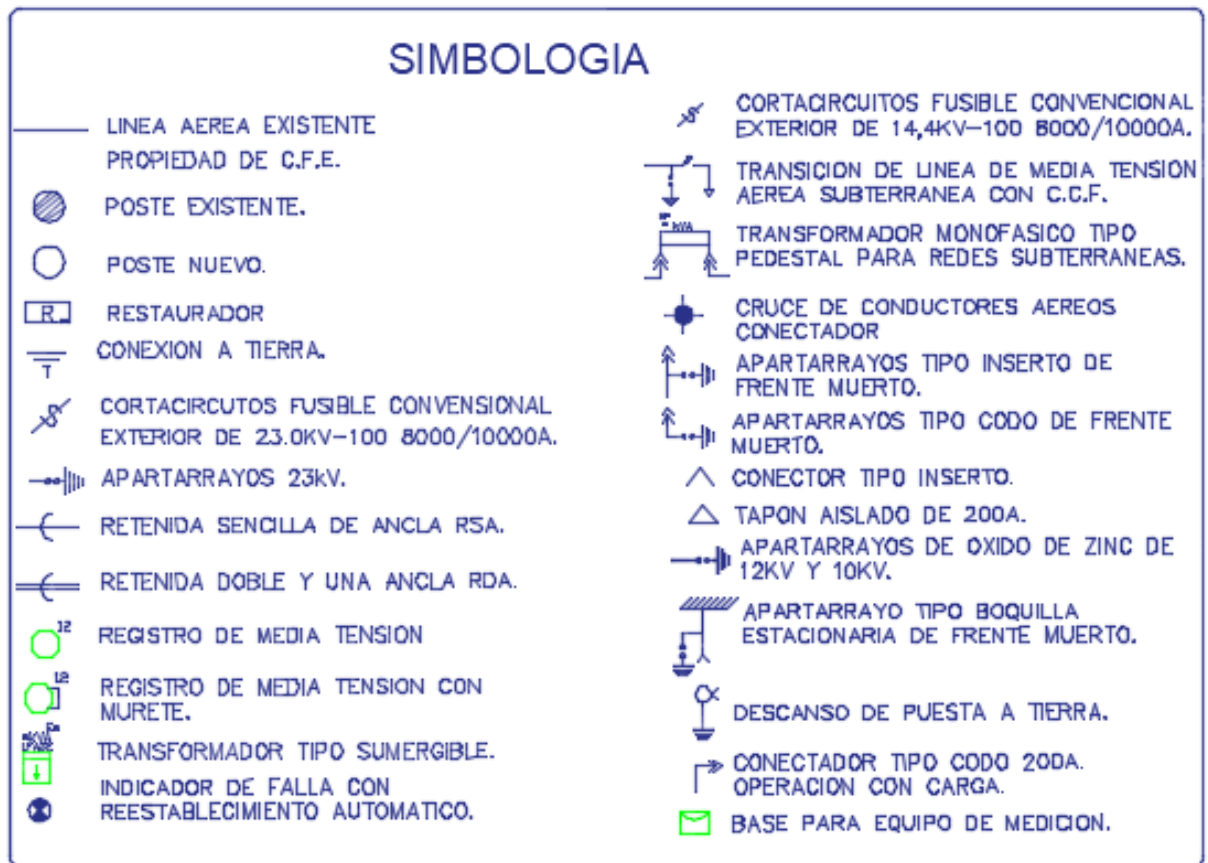


Figura 4. 23 Simbología



CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la presente tesis se abordaron diversos cálculos para la selección de los componentes que conforman la instalación subterránea, mismos que son de vital importancia no solo para esta propuesta sino también a futuro como un marco de referencia para que otras entidades lleven a cabo la transición de instalaciones en sus más importantes zonas turísticas.

Como pudimos observar de todo lo anterior expuesto, es muy importante realizar los cálculos necesarios para la selección de los elementos que conforman la instalación ya que dichos cálculos son la base para que todo diseño se apegue a lo establecido en las normas oficiales mexicanas y las especificaciones de la compañía suministradora.

Además de lo anterior, es de vital importancia considerar no solo las cargas que se encuentran conectadas al circuito de media tensión en la poligonal donde se convertirán las líneas de aéreo a subterráneo sino también, verificar cual es el fin de dicho circuito ya que como se mostró en los capítulos que conforman este proyecto, la topología de la red es un factor sumamente importante ya que la red de distribución nos permite tener energía de manera continua debido a que en caso de contingencia, los circuitos son alimentados por algún otro circuito de respaldo.

Por lo anterior, se debe considerar para el diseño de las líneas las aéreo subterráneas las alimentaciones de respaldo y la carga total en caso de contingencia, los cálculos erróneos de la instalación podrían dejar sin servicio a los usuarios conectados a la red implicando daños a la infraestructura del sistema o en el peor de los casos, comprometer la vida humana.

Por último, antes de realizarse cualquier propuesta en el cambio de la infraestructura de una instalación existente se deben contemplar los elementos que pueden reutilizarse para evitar que se realicen gastos innecesarios al momento de ejecutarla en obra.



BIBLIOGRAFÍA

Contenido	Página
Cervantes, J. D. (1995). Sistemas de distribución de Energía Eléctrica. México: Universidad Autónoma de Azcapotzalco	34
CFE. (2014). Obtenido de https://lapem.cfe.gob.mx/normas/listado_construccion.asp	14
CFE. (ENERO de 2015). Obtenido de https://lapem.cfe.gob.mx/normas/construccion/pdfs/T/DCCSSUBT.pdf	15
CFE. (01 de 2015). Obtenido de https://lapem.cfe.gob.mx/normas/construccion/pdfs/T/DCCSSUBT.pdf	50
Condumex. (2006). Manual técnico de cables de energía. México: Condumex	55
Director, S. (1914). Circular Bureau of Standards No. 31. En Copper Wire Tables (3d ed., pág. 92). Washington: Government Printing Office. Recuperado el 2019, de http://www.archive.org/stream/copperwiretables31unituoft#mode/1up	52
DOF. (29 de 11 de 2012). NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización), pág. 1008	63
ELECTRICIDAD, C. F. (ENERO de 2015). Recuperado de http://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/2752/mir/7590/anexo/274722	29
Eléctrico, A. N. (12 de 2000). Recuperado el 07 de 12 de 2019, https://vdocuments.mx/nmx-j-142-ance-2000pdf.html	67
	83



“PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN PARA LA 13 SUR ENTRE LA REFORMA Y LA AV. 11 PONIENTE, EN LA CIUDAD DE PUEBLA.”

- Litoral, E. S. (s.f.). (D. N. Mariela Galarza, Ed.) Recuperado de 06 de:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2549/1/5025.pdf> 14
- Mexicanas, C. (2019). Ciudades Mexicanas, Patrimonio Mundial. Obtenido de <https://ciudadespatrimonio.mx/zocalo-de-puebla/> 7
- Mexicanas, C. (2019). Patrimonio mundial. Obtenido de <https://ciudadespatrimonio.mx/palacio-municipal/> 7
- Moreno, H. M. (23 de 01 de 2012). (F. C. Posgrado en Ciencias Sociales, Ed.) Recuperado el 18 de 06 de 2019, de http://www.ub.edu/geocrit/Simposio/cMorales_Origenes.pdf. 6
- PACHECO, D. C. (2017). Presentación Power Point Redes de Distribución. Puebla, México 46
- Piña, M. R. (1970). Dos perspectivas del Conservatorio del Estado. Puebla: Twiter. Obtenido de <https://twitter.com/marioriestra/status/988130282397028352> 8
- POWER, N. (2019). Obtenido de https://www.nojapower.es/images/NOJA-581-07%20NOJA%20Power%20OSM15-27-38%20Guia%20de%20Producto%20-%20es_2.pdf 42
- Power, W. (08 de 08 de 2013). Obtenido de <https://westernpower.com.au/media/1292/distribution-design-catalogue-hendrix-covered-conductor.pdf> 41
- Servicios Condumex, S. d. (2010). Obtenido de <http://www.grupocondumex.com.mx/ES/Conexion/Folletos%20y%20Manuales/Energia%20VF.pdf> 50
- 84



- Tena, M. J. (09 de 2018). Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. Obtenido de INEEL: https://www.thegreenexpo.com.mx/2018/wp-content/uploads/2018/09/pow05_Gerardo-Montoya-Tena.pdf 14
- Turismo, S. d. (27 de 10 de 2014). Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/sectur/prensa/firman-sectur-sct-y-cfe-convenios-de-colaboracion-para-dotar-de-cableado-subteraneo-e-internet-a-pueblos-magicos-y-destinos-prioritarios> 9
- Turismo, S. d. (2015). SECTUR. Obtenido de <https://www.datatur.sectur.gob.mx/Pueblos%20Magicos/PueblosMagicosI ni.aspx> 9