

**PROCEDIMIENTO DE DISEÑO REDES M.T (SERIE 1) PARA PROYECTOS EN
LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C, CASO DE ESTUDIO: ADECUACIÓN AL
SISTEMA TRANSMILENIO DE LA TRONCAL AVENIDA 68.**

**NATALIA ACEVEDO VALENCIA.
LAURA LUCIA CASTELLANOS CARDONA.**



**ESCUELA TECNOLÓGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL.
ESPECIALIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
DE MEDIA TENSIÓN.
BOGOTÁ D.C.
2019.**

**PROCEDIMIENTO DE DISEÑO REDES M.T (SERIE 1) PARA PROYECTOS EN
LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C, CASO DE ESTUDIO: ADECUACIÓN AL
SISTEMA TRANSMILENIO DE LA TRONCAL AVENIDA 68.**

**POR:
NATALIA ACEVEDO VALENCIA.
LAURA LUCIA CASTELLANOS CARDONA.**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA EN
CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
DE MEDIA TENSIÓN.**

**ASESOR:
ING. GUSTAVO VELOZA.**

**ESCUELA TECNOLÓGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL.
ESPECIALIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
DE MEDIA TENSIÓN.
BOGOTÁ D.C.
2019.**

NOTA DE ACEPTACIÓN

4.2

Veloza

Jose Gustavo Veloza Zea

Nombre y Firma Jurado 1

Nombre y Firma jurada 2

Bogotá D.C., 12 Junio 2019

AGRADECIMIENTOS

Presento especial agradecimiento al Instituto Técnico Central La Salle por habernos aceptado ser parte de ella y abierto las puertas para estudiar la especialización, así como también todos los docentes que aportaron a mi conocimiento y formación como profesional.

A mi familia por su compañía, comprensión y ánimo no sólo en el desarrollo de este proyecto sino en cada paso que he dado.

Al profesor Jose Gustavo Veloza Zea por ser nuestra guía, transmitirnos sus conocimientos y darnos la luz para lograr culminar el objetivo propuesto.

A todos nuestros amigos y compañeros que fueron parte del proceso para la terminación de este proyecto.

Contenido

SIGLAS	9
GLOSARIO	9
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	14
1.1. Objetivo General	14
1.2. Objetivos Específicos	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. MARCO REFERENCIAL	17
5. DESARROLLO DEL PROYECTO	43
5.1. INVENTARIOS	43
4. BIBLIOGRAFIA	117

Figuras

Figura 1. Torre de alta tensión.....	44
Figura 2. Postes de media tensión.....	46
Figura 3. Postes de baja tensión.....	48
Figura 4. Postes de baja tensión.....	49
Figura 5. Subestaciones (S/E).....	50
Figura 6. Placas de S/E.....	50
Figura 7. Seccionalizadores.....	51
Figura 8. Placas de Seccionalizadores.	52
Figura 9. Reconectores.....	52
Figura 10. Placas de reconectores.....	53
Figura 11. Cortacircuitos.	53
Figura 12. Descargadores de sobretensión.....	54
Figura 13. Seccionadores.	54
Figura 14. Placas de seccionadores.....	55
Figura 15. Estaciones de medida.....	55
Figura 16. Medidores.	56
Figura 17. Retenida pie de amigo.....	56
Figura 18. Template poste a poste.	57
<i>Figura 19. Retenida terminal.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 20. Caja de derivación de acometidas.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 21. Seccionador portafusible.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 22. Percha de aisladores</i>	<i>58</i>
<i>Figura 23. Luminaria led de 60W.</i>	<i>58</i>
Figura 24. Placas de luminarias.	59
Figura 25. Conductores subterráneos.....	60
Figura 26. Conductores aéreos.....	61
Figura 27. Ficha física para levantamientos de campo.....	63
Figura 28. Información relacionada al tipo de servicio.....	63
Figura 29. Información relacionada con la identificación del elemento.	64
Figura 30. Información relacionada con la ubicación del elemento.....	64
Figura 31. Información relacionada con el elemento.....	64
Figura 32. Información relacionada con las redes de MT, BT y alumbrado público.	65
Figura 33. Información relacionada con operador de red.....	65
<i>Figura 34. Información relacionada con operadores de telecomunicaciones.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 35. Espacio designado para el dibujo del elemento.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 36. Información relacionada con las observaciones de las cajas de inspección.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 37. Espacio designado para las observaciones generales.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 38. Convenciones para planos de campo.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 39. Digitalización de la ficha de campo.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 40. Digitalización de la ficha de campo (poste con SZ).....</i>	<i>69</i>

<i>Figura 41. Digitalización de la ficha de campo (poste con SZ)</i>	70
<i>Figura 42. Ficha de campo totalmente diligenciada.</i>	70
<i>Figura 43. Ficha totalmente digitalizada.</i>	71
<i>Figura 44. Plano de campo.</i>	72
<i>Figura 45. Plano de digitalizado.</i>	72
<i>Figura 46. Parámetros de diseños de redes de M.T- SERIE 1, Enel Codensa.</i>	74
<i>Figura 47. Determinación de espacio para instalación de infraestructura de energía eléctrica.</i>	77
<i>Figura 48. Metodología propuesta para el diseño serie 1.</i>	81
<i>Figura 49. Documentación técnica para el diseño serie 1.</i>	82
<i>Figura 50. Ejemplo de la presentación del proyecto.</i>	83
<i>Figura 51. Ejemplo de listado de circuitos afectados por el proyecto.</i>	84
<i>Figura 52. Ejemplo de cuadro para Cargas iniciales y futuras.</i>	85
<i>Figura 53. Matriz para el análisis de riesgos eléctricos.</i>	86
<i>Figura 54. Decisiones y acciones para controlar el riesgo.</i>	87
<i>Figura 55. Factores de riesgo que causan la mayor cantidad de accidentes.</i>	88
<i>Figura 56. Factores de riesgo eléctrico más comunes.</i>	88
<i>Figura 57. Ejemplo de los parámetros para el cálculo del nivel de riesgo en poste de 14m, existente en la proyección de redes para el caso de estudio.</i>	102
<i>Figura 58. Ejemplo de los resultados obtenidos para poste de 14m- Programa IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR, ene l caso de estudio.</i>	103
<i>Figura 59. Ejemplo dela configuración de la malla de puesta a tierra del equipo de maniobra, para el caso de estudio.</i>	105
<i>Figura 60. Ejemplo del cálculo de la malla de puesta a tierra, para el caso de estudio.</i>	106
<i>Figura 61. Ejemplo para el cálculo económico de los conductores para TRAMO UNO, caso de estudio troncal Transmilenio avenida 68.</i>	110
<i>Figura 62. Selección de fusible a partir de potencia de transformador, norma CTS507</i> ...111	
<i>Figura 63. Ejemplo de tabla para las protecciones de los transformadores de distribución presentes en el diseño serie 1 del caso de estudio.</i>	112
<i>Figura 64. Ejemplo de tabla para el cálculo de pérdidas presentes en el diseño serie 1 del caso de estudio.</i>	114
<i>Figura 65. Ejemplo de tabla para el cálculo de regulación presente en el diseño serie 1 del caso de estudio.</i>	115

Tablas

Tabla 1. Resumen de estructuras más comunes de las redes aéreas.....	18
Tabla 2. Resumen de estructuras más comunes de las redes aéreas BT.....	31
Tabla 3. Resumen de estructuras más comunes de las redes de alumbrado público.	33
Tabla 4. Resumen de estructuras más comunes de las acometidas eléctricas.	36
Tabla 5. Resumen de estructuras más comunes de centros de transformación subterráneos.	37
Tabla 6. Resumen de estructuras más comunes de centros de transformación urbanos. .	38
Tabla 7. Resumen de características de la red de A.T.	44
Tabla 8. Resumen de características de la red de M.T.	45
Tabla 9. Resumen de cajas de inspección de M.T.	46
Tabla 10. Resumen de características de la red de B.T.	48
Tabla 11. Resumen de cajas de inspección de B.T.	48
<i>Tabla 12. Características de S/E.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 13. Características de seccionalizadores.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 14. Características de Reconectores.</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 15. Características de seccionadores.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 16. Características de las estaciones de medida.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 17. Características de luminarias.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 18. Ejemplo de tabla para el análisis de riesgos eléctricos.</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 19. Porcentaje de ocupación de ductos</i>	<i>113</i>

SIGLAS

A.T.: Alta Tensión.

B.T.: Baja Tensión.

E.S.P.: Empresa de servicios.

E.T.B.: Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá.

I.D.U.: Instituto de Desarrollo Urbano.

M.T.: Media Tensión.

N.T.C.: Norma Técnica Colombiana.

P.M.T.: Plan de Manejo de Tránsito.

RETIE.: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

RETILAP.: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

UAESP.: Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.

GLOSARIO

Acometidas: Son redes que parten de los circuitos secundarios y se extienden hasta los contadores de los usuarios finales.

Afectación Vial: Franja de terreno necesaria para la construcción o ampliación de vías públicas, se debe tener en cuenta para definir futuras afectaciones sobre predios.

Alternativas: Disponibilidad de poder elegir entre varias opciones de diseños geométricos para el proyecto, teniendo en cuenta parámetros técnicos y económicos.

Apique: Excavación utilizada para examinar el subsuelo, obtener muestras inalteradas y sus dimensiones (40 X 40 cm con profundidad entre 30 y 120 cm).

ArcGis: Sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.

Circuito Primario o Redes de Media tensión (M.T): Son circuitos que van desde una subestación de distribución hasta alimentar transformadores de distribución, a

lo largo del corredor se tienen los circuitos primarios con un voltaje desde 34.5kV hasta 11.4kV.

Circuito Secundario o Redes de Baja Tensión (B.T): Se conoce de esta manera a los circuitos cuya trayectoria se inicia en el transformador de distribución y finaliza en los usuarios o medidores, normalmente tienen un voltaje 208/110.

Distancias de Seguridad: Espacio que se debe guardar entre partes energizadas y elementos físicos con el fin de evitar contactos accidentales, crear arcos eléctricos u campos electromagnéticos, las distancias para cada nivel de tensión se encuentran definidas en el RETIE.

Formato AUTOCAD: Hace referencia a un formato de archivo de dibujo asistido por computadora, utilizado principalmente por el programa AutoCAD para 2D y modelado 3D, actualmente el programa es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

Formato SHAPE: Es un formato de representación vectorial desarrollado por ESRI (Environmental Systems Research Institute) quien crea y comercializa software para sistemas de información geográfica con los que se puede trabajar y editar en ARGIS.

Gestión de Riesgos: Es un enfoque para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza presente en un proyecto, a través de una evaluación del riesgo.

Índices: En el caso de presupuestos, se refiere a aquellos costos globales que se utilizan como referencia, obtenidos a partir de información de proyectos anteriores o de datos correlacionados y no a un cálculo a partir de cantidades de obra detalladas.

Información Primaria: Se conoce como información primaria a aquella que se obtiene de forma directa para el proyecto por medio de inventarios de campo.

Información Secundaria: Hace referencia a la información suministrada por las empresas de servicio acerca de las redes secas y de gas presentes en el área del proyecto.

Inventarios de Campo: Conjunto de registros documentales realizado con el fin de obtener información acerca de las redes secas y de gas del corredor vial.

Longitud (ml): Es la distancia en metros lineales, es un concepto métrico definible para entidades geométricas sobre la que se ha definido una distancia.

Matriz Multicriterio: Herramienta utilizada para la toma de decisiones con base a factores cualitativos y cuantitativos o a múltiples factores no homogéneos que intervienen en un suceso.

Planos Urbanísticos: Representación a escala o cartografía que contiene propuesta de implantación urbana, usos, cesiones, vías y espacio públicos de determinado proyecto urbano aprobado por la Secretaria Distrital de Planeación.

Poste: Son elementos que soportan los conductores, transformadores, reconectores, seccionadores, cajas de distribución y demás componentes de una línea aérea separándolos del terreno; están sometidos a fuerzas de compresión y flexión, debido al peso de los materiales que sustentan, a la acción del viento sobre los mismos y los desniveles del terreno. Se tienen apoyos de alturas desde 8mtrs hasta 26mtrs y de diferentes materiales (Madera, Fibra de Vidrio, metálicos y concreto).

Predios: Inmueble de una cierta extensión superficial. Puede decirse, por lo tanto, que los predios son catalogados como terrenos delimitados.

Polígono de afectación: Zona de influencia del proyecto sobre la cual se va a realizar el traslado y/o reubicación de redes.

Redes Aéreas: Son redes en las cuales la infraestructura utilizada es aérea, usadas en transmisión y distribución de energía eléctrica para el transporte de este tipo de energía a grandes distancias, dichas redes utilizan como principal medio de aislamiento el aire.

Redes de Alta Tensión (A.T): Son redes las cuales vienen desde centrales generadores y que enlazan las diferentes regiones del país, por lo tanto para transportar energía eléctrica a grandes distancias, minimizando perdidas y maximizando la potencia transportada, es necesario elevar la tensión de transporte. Las redes de alta tensión presentes sobre el área de afectación del proyecto son de 115kV.

Redes de Energía: Parte del sistema eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales.

Redes de Telecomunicaciones: Infraestructura física por medio de la cual se transporta información desde una fuente hacia un destino y probablemente viceversa.

Redes secas: Se denominan redes secas a las redes de energía y telecomunicaciones presentes en el área de influencia del proyecto.

Redes subterráneas: Este tipo de redes poseen toda su infraestructura de manera subterránea para la transmisión de energía eléctrica, su costo de construcción es un poco elevado pero se opta por esta opción por razones estéticas del proyecto o técnicas ya que son menos susceptibles a las interrupciones durante cambios climáticos y se pueden garantizar niveles de seguridad adecuados en intersecciones.

Riesgo: Condición incierta que, si se produce, podría generar consecuencias en los objetivos, cronograma y costo del proyecto.

Seccionadores: Es un aparato mecánico de conexión que asegura, en posición abierta, una distancia de seccionamiento que satisface condiciones especificadas. Un seccionador es capaz de abrir y de cerrar un circuito cuando se establece o interrumpe una corriente de valor despreciable, o bien no se produce ningún cambio importante de la tensión entre los bornes de cada uno de los polos del seccionador. Es también capaz de conducir corrientes en las condiciones normales del circuito, y de soportar corrientes por un tiempo especificado en condiciones anormales como las de cortocircuito.

Sistema de Referencia Magna-sirgas: Sistema de referencia geodésico producto de la densificación de una red de estaciones de alta precisión en el área continental. Constituye un marco nacional para la definición de coordenadas de Colombia, sus precisiones son compatibles con las tecnologías modernas de posicionamiento y facilita el intercambio de información georreferenciada entre los productores y usuarios de la misma en diversos sectores.

Torres de Alta Tensión: Estructura de gran altura, normalmente construida en celosía de acero, cuya función principal es servir de soporte de los conductores eléctricos aéreos de las líneas de transmisión de energía eléctrica.

Transformadores de distribución: Son utilizados con el fin de reducir la tensión trifásica de las redes de distribución eléctrica a tensión de consumo domiciliaria, pueden encontrarse ubicados en postes o subterráneos.

Usuarios Finales o Consumidor: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se preste, o como receptor directo del servicio.

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de infraestructura vial son de suma importancia para el desarrollo de una población. En Bogotá D.C. son liderados por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) el cual tiene como misión generar bienestar en los habitantes y mejorar la calidad de vida, mediante el desarrollo de infraestructura para la movilidad, contribuyendo a la construcción de una ciudad incluyente, sostenible y moderna.

Para llevar a feliz término los proyectos de infraestructura vial, el IDU plantea una forma de trabajo con entidades privadas especialistas, con las cuales se plantean los objetivos para el desarrollo del proyecto dichas entidades (Consultores) se encuentran en la obligación de cumplir a cabalidad el alcance planeado.

Dentro del alcance del proyecto se encuentra la afectación de las redes de energía por el trazado vial. De acuerdo a lo anterior se debe realizar un trabajo en conjunto con el operador de red con el fin de obtener un diseño aprobado (SERIE 1) para la construcción.

Este trabajo de grado busca realizar un procedimiento para el diseño del SERIE 1 en proyectos de infraestructura de transporte urbano en la ciudad de Bogotá D.C., teniendo como referencia el caso de estudio “Adecuación al sistema Transmilenio de la troncal Avenida 68.”

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1. Objetivo General

Realizar una guía descriptiva de los entregables del serie 1 de acuerdo al proceso establecido por CODENSA S.A. E.S.P., en el caso de estudio propuesto definido para Tramo I (entre la autopista sur hasta la calle 24 (Av. Esperanza)).

1.2. Objetivos Específicos.

- Definir estándares para realizar el levantamiento del mobiliario de redes eléctricas.
- Complementar información obtenida en campo basado en datos suministrados por el operador de red.
- Obtener lineamientos de normatividad vigente del operador de red por medio de mesas de trabajo.
- Diseñar redes de energía de acuerdo a parámetros establecidos por el operador de red.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para dar viabilidad a la construcción de los proyectos de infraestructura de transporte urbano de la ciudad de Bogotá D.C., el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) exige realizar 3 etapas: Pre factibilidad, Factibilidad, Estudios y Diseños de las redes de energía que se podrían ver afectadas por el nuevo trazado geométrico en el sector de influencia.

En las dos primeras etapas se busca viabilizar el proyecto con el fin de aterrizar un presupuesto para su construcción. En la etapa de estudios y diseños el consultor está obligado a cumplir con ciertos parámetros técnicos establecidos por el operador de red (ENEL CODENSA S.A.) respecto al movimiento de las redes de media tensión (SERIE 1) afectadas por el proyecto.

Para realizar el diseño del SERIE 1, ENEL CODENSA S.A. plantea algunos parámetros técnicos basados en el artículo 10.1 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), estos parámetros se encuentran definidos pero no existe un guía específica de diseño para desarrollarlos de manera adecuada, por lo tanto este trabajo de grado plantea un procedimiento para el desarrollo de cada uno de los ítems exigidos por el operador de red con el fin de obtener su aprobación.

3. JUSTIFICACIÓN

Dado que los proyectos de infraestructura de transporte urbano en la ciudad de Bogotá D.C., cuentan con unos plazos de ejecución establecidos por el IDU [1] los cuales son de estricto cumplimiento y no mayores a 10 meses, se vuelve un recurso invaluable el tiempo de ejecución de cada etapa.

Para las etapas de pre factibilidad y factibilidad cuentan con un plazo menor al 40% del establecido para el desarrollo del proyecto, en la etapa de estudios y diseños se tienen 6 meses para llevar a cabo el alcance del contrato público. Dentro del alcance se encuentra el ítem de la aprobación a cargo del operador de red para los diseños de redes secas, dicho ítem cuenta con unos parámetros de obligatorio cumplimiento para el consultor, lo anterior agrega un nivel de dificultad a la ejecución de los tiempos del proyecto, por lo tanto es de suma importancia hacer este proceso de una manera más fácil para el consultor.

El operador de red cuenta con una guía establecida, la cual muestra la documentación técnica necesaria para avalar el diseño, pero en dicho texto no se encuentra un procedimiento detallado que enseñe la manera en la que se debe realizar cada ítem de forma adecuada, por lo tanto el consultor toma un tiempo considerable en estructurar las pruebas piloto para obtener una metodología acertada que garantice el cumplimiento y la aprobación por parte de ENEL CODENSA S.A.

A raíz de las dificultades presentadas, se pretende realizar un procedimiento de diseño SERIE 1 para proyectos de infraestructura de transporte urbano en la ciudad de Bogotá D.C, con el fin de minimizar los tiempos de ejecución y dar cumplimiento al alcance del proyecto, basados en el caso de estudio “Adecuación al sistema Transmilenio de la troncal Avenida 68”.

4. MARCO REFERENCIAL

Dado que el objetivo central de este proyecto estará enfocado en los parámetros necesarios para entregar a Enel Codensa un proyecto serie 1, resulta fundamental dar a conocer algunos ítems necesarios y normatividades que abarcan el tema.

➤ Reglamento Técnico de instalaciones eléctricas (RETIE): Para los proyectos serie 1 se requiere seguir los requerimientos generales del artículo 10 del RETIE en cual numeran que según el tipo de instalación y complejidad deberá cumplir los aspectos que apliquen de la siguiente lista:

- a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
- b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
- c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
- d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
- e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- f. Análisis del nivel tensión requerido.
- g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1
- h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.
- i. Cálculo del sistema de puesta a tierra.
- j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
- k. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma **IEC 60909**, **IEEE 242**, capítulo 9 o equivalente.
- l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.
- m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según **IEC 60947-2** Anexo A.
- n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).
- o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- p. Cálculos de regulación.
- q. Clasificación de áreas.
- r. Elaboración de diagramas unifilares.
- s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

- u. Establecer las distancias de seguridad requeridas.
- v. Justificación técnica de desviación de la **NTC 2050** cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.
- w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

Durante el desarrollo del serie 1 se especificara en cada uno de los ítems que apliquen para el desarrollo del serie 1.

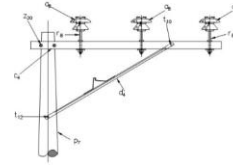
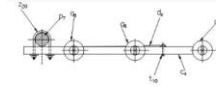
- Enel Codensa: para el operador de red, existen diferentes configuraciones para las estructuras de las redes de MT, BT, alumbrado público y centros de transformación, cada una de ellas tiene unas características específicas y dependen de la necesidad.
- ✓ **MT:** Enel Codensa denota las normas para redes aéreas de media tensión con el prefijo **LA** (Líneas aéreas) y un número de 3 dígitos, para las redes de 34,5 kV el número comienza con el dígito 1, y en el caso de 11,4 kV el número comienza con el dígito 2.

Tabla 1. Resumen de estructuras más comunes de las redes aéreas.

Norma	Descripción	Esquema
LA102	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Circuito urbano 34,5 kV construcción semibandera. • Tipo Semibandera. • Red aérea abierta en suspensión. • Una sola cruceta. • Construcción tangencial horizontal. • Juego de 3 aisladores tipo pin (35kV). 	
LA103	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: circuito urbano 34,5 kV construcción semibandera en ángulo. • Tipo Semibandera. • Red aérea abierta en suspensión. • Doble cruceta. • Cambio de ángulo menor a 90°. • Construcción tangencial horizontal. • Juego de 6 aisladores tipo pin (35kV). 	

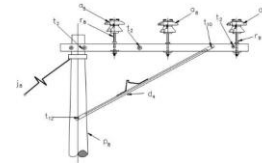
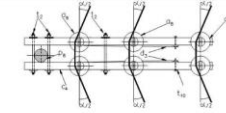
LA104

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV construcción en bandera
- Tipo Bandera.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Una sola cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin (35kV).



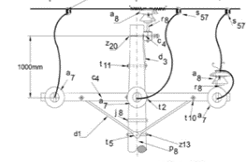
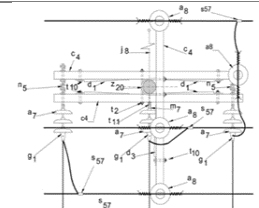
LA105

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV construcción bandera en ángulo.
- Tipo Bandera.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Doble cruceta.
- Cambio de ángulo menor a $<90^\circ$.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores tipo pin (35kV).



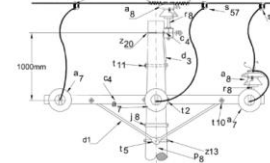
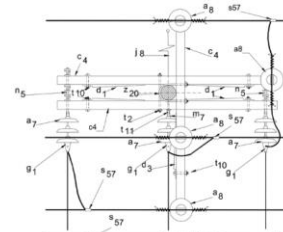
LA106

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV cambio de ángulo a 90° con retención horizontal.
- Red aérea abierta en retención.
- Triple cruceta, 2 superiores y una inferior.
- Cambio de ángulo de 90° .
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin y 3 de suspensión (35kV).



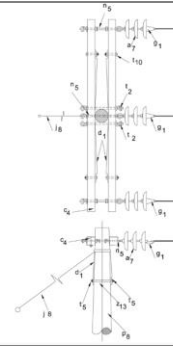
LA109

- **Nombre:** Derivación a 90° con retención horizontal.
- Red superior en suspensión y red inferior derivada en retención horizontal (Aéreas abiertas)
- Triple cruceta, 2 superiores y una inferior.
- Derivación inferior a 90°
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin y 3 de suspensión (35kV).



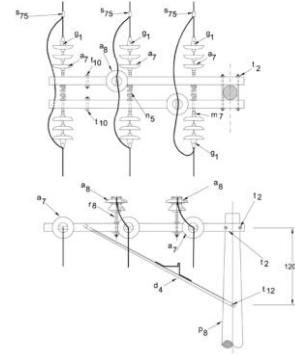
LA111

- **Nombre:** Final de circuito urbano 34,5 kV.
- Tipo final de circuito
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (35kV).



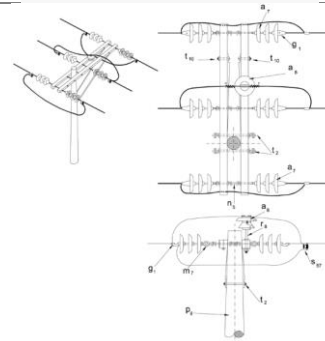
LA112

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV retención doble en bandera
- Tipo bandera.
- Red aérea abierta en suspensión y retención.
- Doble cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin y 6 de suspensión (35kV).



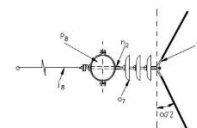
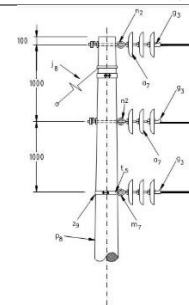
LA113

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV retención doble
- Red aérea abierta en suspensión y retención.
- Doble cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de aisladores 3 de suspensión y un aislador tipo pin (35kV).



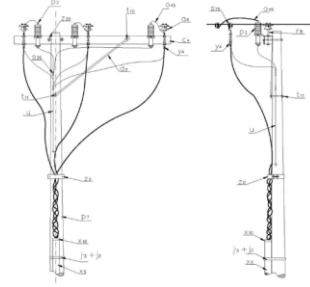
LA114

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV construcción vertical para ángulos.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con templete.
- Construcción tangencial vertical.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (35kV).



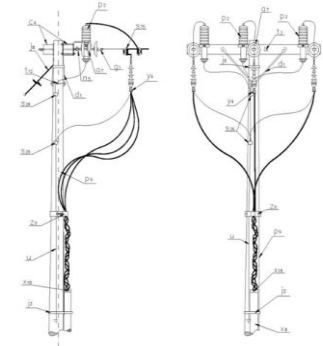
LA117

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV con derivación corta cable triplex longitud menor de 100 m
- Tipo Semibandera.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Una sola cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Derivación para subterranización.
- Juego de 3 aisladores tipo pin (35kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.



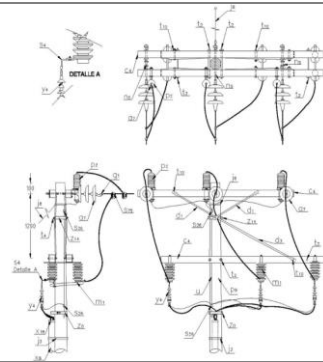
LA120

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV cruce subterráneo de vías.
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Subterranización del circuito principal para cruce de vías.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (35 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.



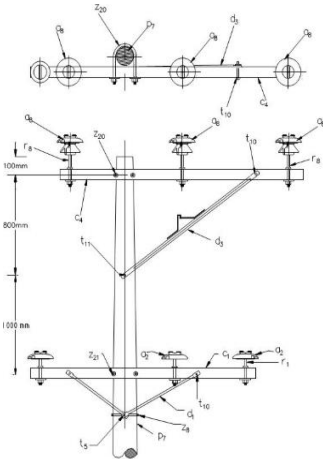
LA121

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV salida de subestación o subterranización del circuito principal.
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta, una inferior y una superior.
- Construcción tangencial horizontal.
- Subterranización del circuito principal o salida de subestación.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (35 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.



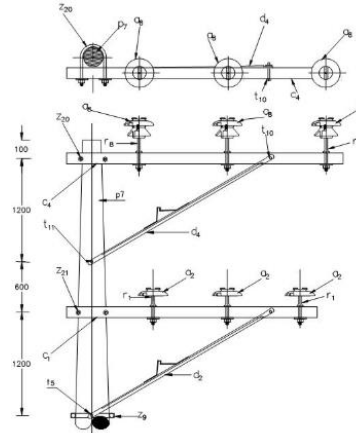
LA152

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 KV con circuito primario sencillo para ángulos hasta 10°.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Doble circuito, uno de 34,5 kV y el otro de 11,4 kV.
- Doble cruceta, una superior (34,5 kV) y otra inferior (11,4 kV).
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin (34,5 kV) y 3 tipo pin (11,4 kV).



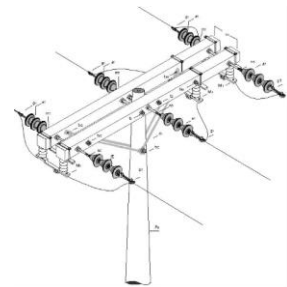
LA158

- **Nombre:** Circuito urbano 34,5 kV en bandera con circuito primario en bandera.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Tipo bandera.
- Doble circuito, uno de 34,5 kV y el otro de 11,4 kV.
- Doble cruceta, una superior (34,5 kV) y otra inferior (11,4 kV).
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin (34,5 kV) y 3 tipo pin (11,4 kV).



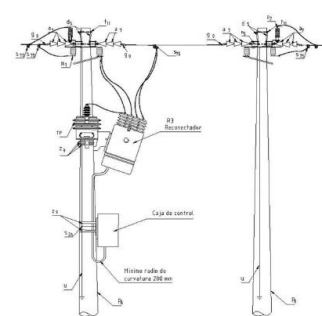
LA171

- **Nombre:** Montaje de seccionadores horizontales monopoles 600 A en circuitos de 34,5 kV.
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 seccionadores monopoles de 400 A.



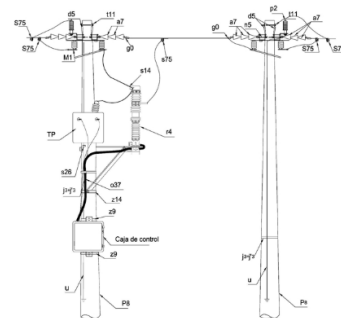
LA501

- **Nombre:** Línea 34,5 kV montaje de reconector.
- Estructura de doble poste.
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta por poste.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones por poste (35 kV).
- Juego de 3 seccionadores monopoles de 400 A por poste.
- Reconector con caja de control.



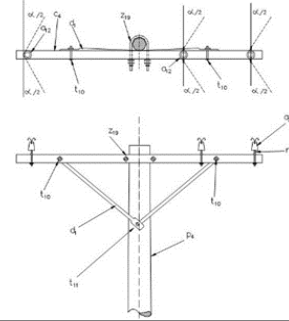
LA502

- **Nombre:** Línea 34,5 kV montaje de seccionalizador con transformador de potencial.
- Estructura de doble poste.
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta por poste.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones por poste (35 kV).
- Juego de 3 seccionadores monopoles de 400 A por poste.
- Seccionalizador con caja de control y transformador de potencial.



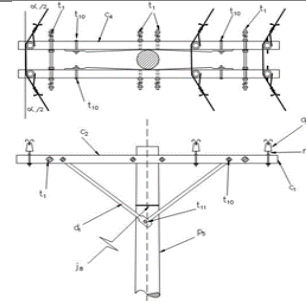
LA202

- **Nombre:** Circuito primario sencillo construcción tangencial
- Red aérea abierta en suspensión.
- Una sola cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin (15 kV).



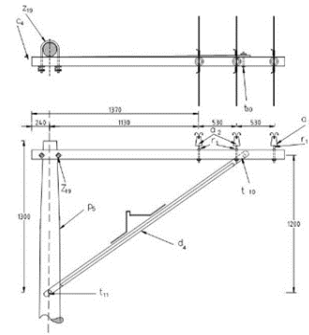
LA203

- **Nombre:** Circuito primario sencillo construcción tangencial en ángulo.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Doble cruceta.
- Cambio de ángulo menor a 90°.
- Juego de 6 aisladores tipo pin (15 kV).



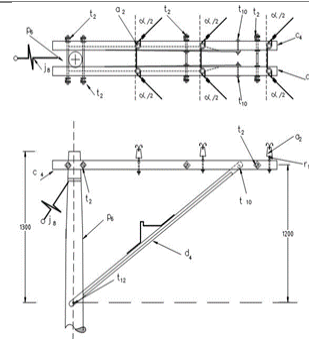
LA204

- **Nombre:** Circuito primario sencillo construcción tipo bandera con cruceta de 2,5 m
- Red aérea abierta en suspensión.
- Tipo bandera.
- Una sola cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin (15 kV).



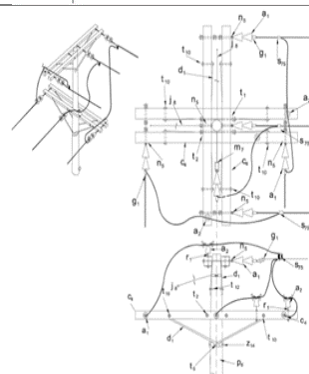
LA205

- **Nombre:** Circuito primario sencillo construcción tipo bandera en ángulo.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Doble cruceta.
- Tipo bandera.
- Estructura con templete.
- Cambio de ángulo menor a 90°.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores tipo pin (15 kV).



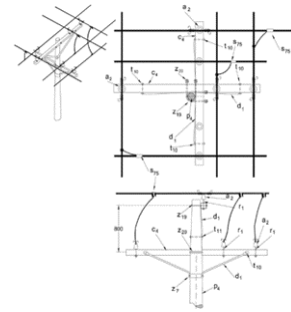
LA206

- **Nombre:** Circuito primario sencillo cambio de ángulo a 90° con retención horizontal.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Doble cruceta superior y doble cruceta inferior.
- Red superior con cambio de ángulo inferior.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores de suspensión (15 kV).
- Cambio de ángulo de 90°.



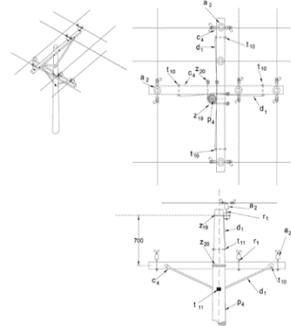
LA207

- **Nombre:** Circuito primario sencillo con doble derivación a 90°.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Red superior con doble derivación inferior.
- Doble cruceta, una inferior y una superior.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores tipo pin (15 kV).



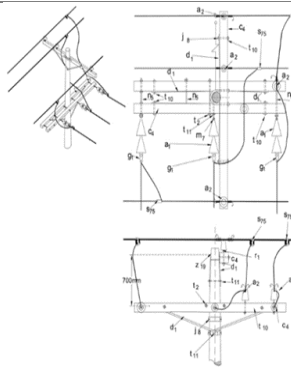
LA208

- **Nombre:** Cruce de circuitos primarios sencillos diferentes
- Red aérea abierta en suspensión.
- Doble cruceta, una inferior y una superior.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores tipo pin (15 kV).
- Doble circuito primario sin unión entre ellos.



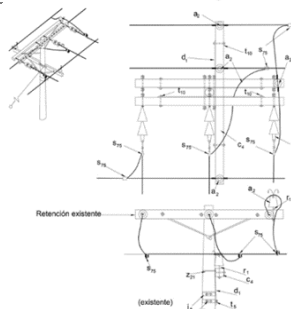
LA209

- **Nombre:** Circuito primario sencillo derivación a 90° con retención inferior
- Red aérea abierta en suspensión y retención.
- Triple cruceta, una superior y dos inferiores.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin y 3 aisladores de suspensión (15 kV).
- Red primaria superior en suspensión con derivación inferior en retención.



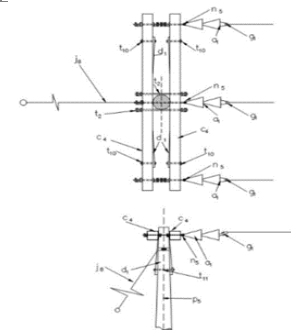
LA210

- **Nombre:** Circuito primario sencillo derivación a 90° retención superior existente.
- Red aérea abierta en suspensión y retención.
- Triple cruceta, dos superiores y una inferior.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 4 aisladores tipo pin y 3 aisladores de suspensión (15 kV).
- Red primaria inferior en suspensión con derivación superior en retención.



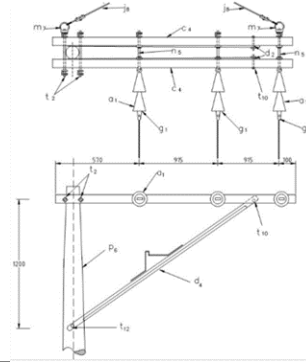
LA211

- **Nombre:** Final de circuito primario sencillo.
- Red aérea abierta en retención.
- Tipo final de circuito.
- Doble cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (15 kV).



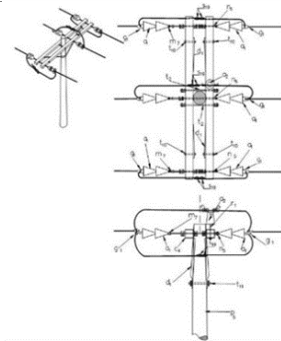
LA212

- **Nombre:** Final de circuito primario sencillo construcción tipo bandera.
- Red aérea abierta en retención.
- Tipo final de circuito.
- Tipo bandera.
- Doble cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (15 kV).



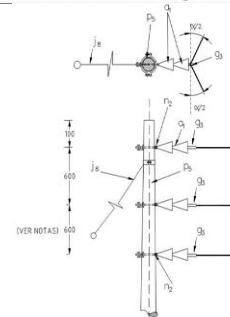
LA213

- **Nombre:** Retención doble simétrica de circuito primario sencillo.
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores de suspensión y u aislador tipo pin (15 kV).



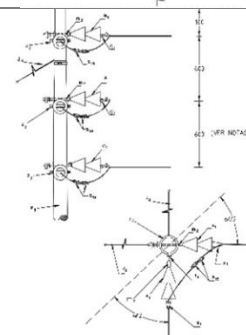
LA214

- **Nombre:** Circuito primario sencillo construcción vertical para ángulos hasta 29°.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con templete.
- Construcción tangencial vertical.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (15 kV).



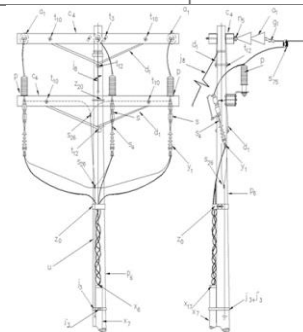
LA215

- **Nombre:** Circuito primario sencillo construcción vertical para ángulos entre 30° y 90°.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con templete.
- Construcción tangencial vertical.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (15 kV).



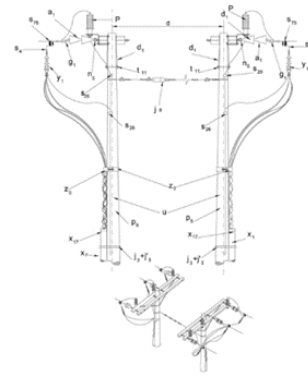
LA218

- **Nombre:** Circuito primario sencillo terminal con derivación larga de cable tríplex (mayor de 100 m).
- Red aérea abierta en suspensión.
- Doble cruceta, una superior y una inferior.
- Derivación para subterranización.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (15 kV).
- Juego de 3 cortacircuitos tipo cañuela.
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.



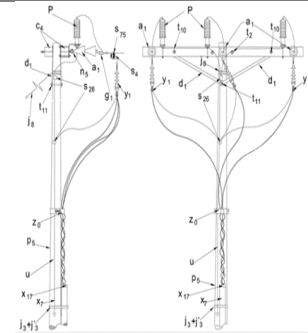
LA219

- **Nombre:** Circuito primario sencillo entrada y salida subterránea para una subestación.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con 2 postes.
- Doble cruceta por poste.
- Entrada y salida subterráneas para subestación.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión por poste (15 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones por poste.
- Red primaria inferior en suspensión con derivación superior en retención.



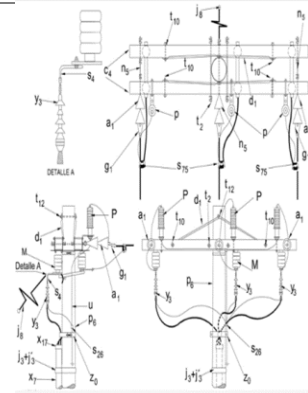
LA220

- **Nombre:** circuito primario sencillo cruce subterráneo de vías.
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta.
- Subterranización del circuito para cruce de vías.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (15 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.



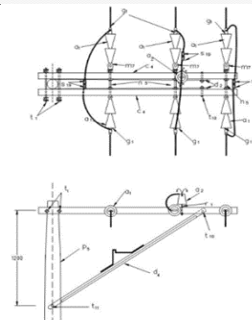
LA221

- **Nombre:** Circuito primario sencillo salida de subestación o subterranización del circuito principal.
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta.
- Salida de subestación o subterranización del circuito.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (15 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Juego de 3 seccionadores monopoles de 400 A.

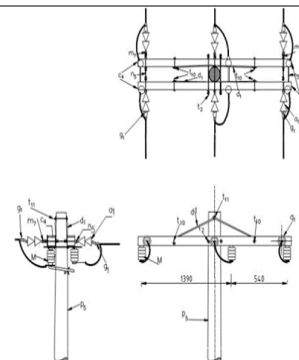


LA222

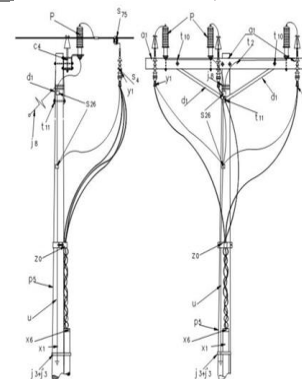
- **Nombre:** retención doble circuito primario sencillo construcción tipo bandera.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con 2 postes.
- Doble cruceta.
- Tipo bandera.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores de suspensión (15 kV).



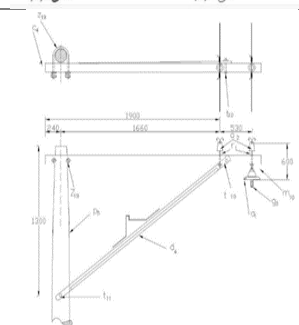
- **Nombre:** montaje de seccionadores monopolares de 400 A - 15 kV
 - Red aérea abierta en retención.
 - Doble cruceta.
- LA223**
- Construcción tangencial horizontal.
 - Juego de 6 aisladores de suspensión (15 kV).
 - Juego de 3 seccionadores monopolares de 400 A.



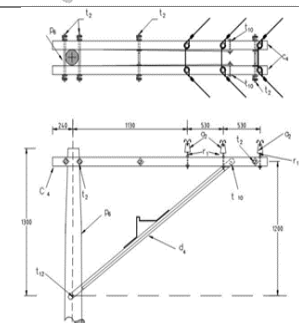
- **Nombre:** circuito primario sencillo construcción tangencial con derivación subterránea.
 - Red aérea abierta en suspensión.
 - Una sola cruceta.
- LA228**
- Construcción tangencial horizontal.
 - Juego de 3 aisladores tipo pin (15 kV).
 - Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
 - Derivación para subterranización.



- **Nombre:** circuito primario sencillo construcción tipo bandera triangular en extremo de cruceta.
 - Red aérea abierta en suspensión y retención.
 - Tipo bandera triangular.
- LA229**
- Una sola cruceta.
 - Construcción tangencial horizontal.
 - Juego de 2 aisladores tipo pin y un aislador de suspensión (15 kV).

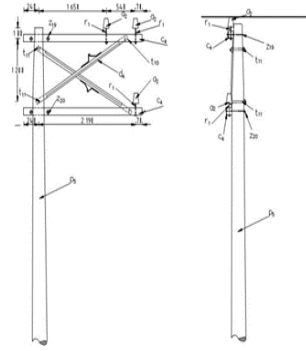


- **Nombre:** circuito primario sencillo construcción tipo bandera con cruceta de 2,5 m.
 - Red aérea abierta en suspensión.
 - Tipo bandera.
 - Doble cruceta.
- LA230**
- Construcción tangencial horizontal.
 - Juego de 3 aisladores tipo pin (15 kV).



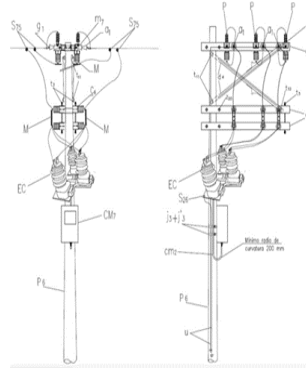
LA231

- **Norma:** Circuito primario sencillo construcción tipo bandera con doble cruceta de 2,5 m.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Tipo bandera
- Doble cruceta, una inferior y otra superior.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores tipo pin, 2 en la cruceta superior y uno en la cruceta inferior (15 kV).



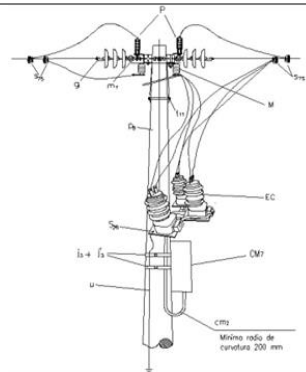
LA245

- **Nombre:** Circuito primario sencillo. Construcción en bandera. Instalación equipo de medida.
- Red aérea abierta en retención.
- Tipo bandera.
- 4 crucetas, 2 superiores y 2 inferiores.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores de suspensión (15 kV).
- Juego de 6 descargadores de sobretensiones.
- Juego de 3 seccionadores monopoles de 600 A, sujetos a 2 crucetas inferiores.
- Derivación a equipo de medida y caja de control.



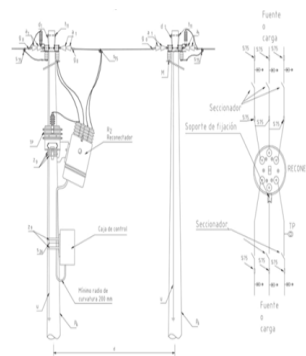
LA246

- **Nombre:** Circuito primario sencillo construcción tangencial. Instalación equipo de medida.
- Red aérea abierta en retención.
- Doble cruceta.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores de suspensión (15 kV).
- Juego de 6 descargadores de sobretensiones.
- Juego de 3 seccionadores monopoles de 600 A.
- Derivación a equipo de medida y caja de control.



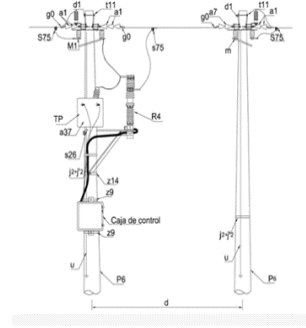
LA503

- **Nombre:** Línea 13,2 –11,4 kV montaje de reconector con transformador de potencial
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con doble poste.
- Doble cruceta por poste.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión por poste (15 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones por poste.
- Juego de 3 seccionadores monopoles de 600 A.
- Derivación a reconector y caja de control.



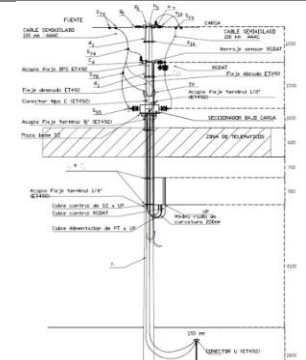
LA504

- **Nombre:** Línea 13,2 – 11,4 kV montaje de seccionalizador con transformador de potencial.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con doble poste y doble cruceta por poste.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión por poste (15 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones por poste.
- Juego de 3 seccionadores monopoles de 600 A.
- Derivación de la red primaria a seccionalizador y caja de control.



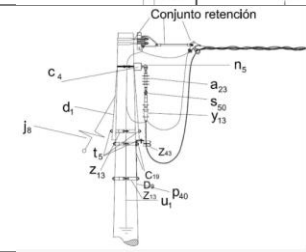
LA515

- **Nombre:** Línea 13,2 – 11,4 kV montaje de seccionador bajo carga tele controlado.
- Red aérea abierta en retención.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 6 aisladores de suspensión (15kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Derivación a seccionador bajo carga y caja de control.



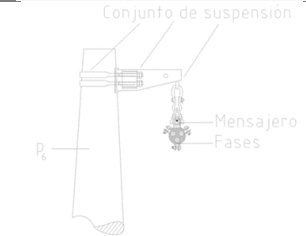
LA652

- **Nombre:** Red aislada - Final de circuito 11,4 o 13,2 kV
- Red aérea trenzada en retención.
- Conjunto de retención sencillo de media tensión.
- Tipo final de circuito.



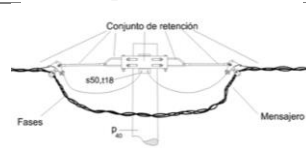
LA653

- **Nombre:** Red aislada - suspensión 11,4 o 13,2 kV
- Red aérea trenzada en suspensión.
- Conjunto de suspensión sencillo de media tensión.



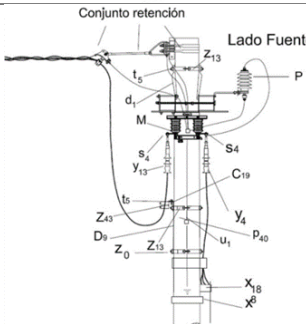
LA654

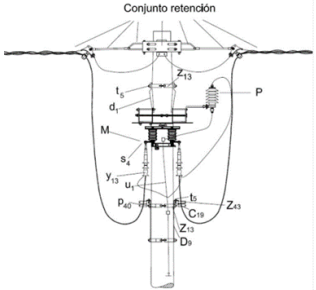
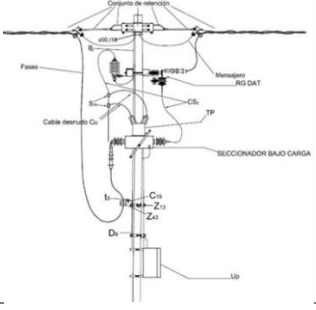
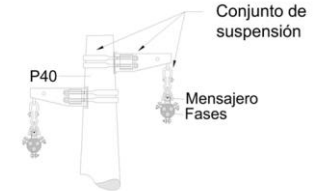
- **Nombre:** Red aislada - retención 11,4 o 13,2 kV
- Red aérea trenzada en retención.
- Conjunto de retención doble de media tensión.



LA657

- **Nombre:** Red Aislada - Transición cable aislado a subterráneo 11,4 o 13,2 kV
- Red aérea trenzada en retención.
- Conjunto de retención doble de media tensión.
- Un juego de 3 seccionadores monopoles de 400 A.
- Un juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Subterranización del circuito principal.



LA658	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Red aislada-transición entre cable aislado 11,4 o 13,2 kV • Red aérea trenzada en retención. • Conjunto de retención doble de media tensión. • Un juego de 3 seccionadores monopoles de 400 A. • Un juego de 3 descargadores de sobretensiones. • Transición de un circuito de media tensión trenzado. 	
LA664	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Red Aislada – Instalación de Seccionador bajo carga a 11,4 o 13,2 kV • Red aérea trenzada en retención. • Conjunto de retención doble de media tensión. • Un juego de 3 descargadores de sobretensiones. • Derivación para seccionador bajo carga y caja de control. 	
LA665	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Red aislada - doble circuito 11,4 o 13,2 kV • Redes aéreas trenzadas en suspensión. • Conjunto doble de suspensión de media tensión. 	

Fuente: Autoría propia

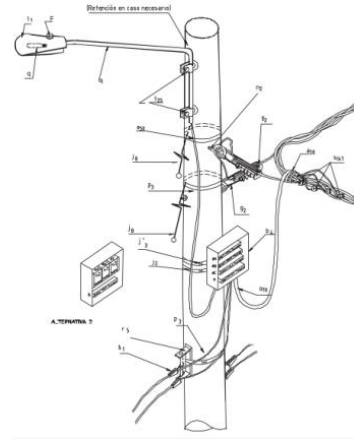
- ✓ **BT:** Existen diferentes configuraciones para las estructuras de las redes de baja tensión, cada una de ellas tiene unas características específicas y dependen de la necesidad, los equipos o dispositivos involucrados y el nivel de tensión. Codensa denota las normas para redes aéreas de baja tensión con el prefijo **LA** (Líneas aéreas) y un número de 3 dígitos, que comienza con el dígito 3. Es importante tener en cuenta que existen redes de baja tensión abiertas y trenzadas.

Tabla 2. Resumen de estructuras más comunes de las redes aéreas BT.

Norma	Descripción	Esquema
LA320	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción en línea • Red aérea trenzada. • Construcción tangencial en línea. • Circuito sencillo de 5 hilos (3 fases, neutro y AP) • Circuito con alumbrado público. • 1 aislador. • 1 percha de 1 puesto con 1 porta aislador. • Luminaria. • Caja de distribución para acometidas. • 1 Perno de soporte. 	
LA321	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Final de circuito secundario sencillo en conductor trenzado • Red aérea trenzada. • Construcción tangencial en línea. • Tipo final de circuito. • Circuito sencillo de 5 hilos (3 fases, neutro y AP) • Circuito con alumbrado público. • 1 aislador. • 1 percha de 1 puesto con 1 porta aislador. • Luminaria. • Caja de distribución para acometidas. • 1 Perno de soporte. 	
LA322	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Circuito secundario sencillo con derivación en conductor trenzado. • Red aérea trenzada. • Construcción tangencial en línea. • Circuito sencillo de 5 hilos (3 fases, neutro y AP) • Circuito con alumbrado público. • 1 aislador. • 1 percha de 1 puesto con 1 porta aislador. • Luminaria. • Caja de distribución para acometidas. • 1 Perno de soporte. • Derivación de la red trenzada a 90°. 	

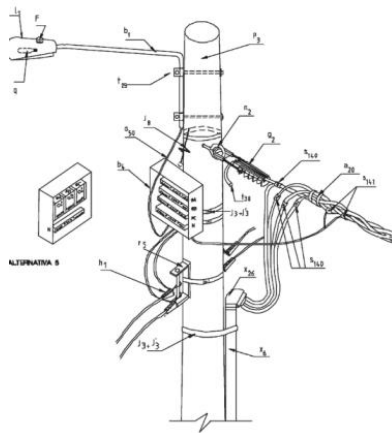
LA324

- **Nombre:** Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción angular.
- Red aérea trenzada.
- Construcción tangencial con cambio de ángulo.
- Circuito sencillo de 5 hilos (3 fases, neutro y AP)
- Circuito con alumbrado público.
- 1 aislador.
- 1 percha de 1 puesto con 1 porta aislador.
- Luminaria.
- Caja de distribución para acometidas.
- 1 Perno de soporte.



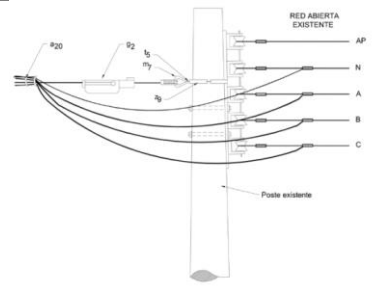
LA326

- **Nombre:** Salidas subterráneas de B.T. a red aérea en conductor trenzado.
- Red aérea trenzada y subterránea.
- Construcción tangencial en línea.
- Circuito sencillo de 5 hilos (3 fases, neutro y AP)
- Circuito con alumbrado público.
- 1 aislador.
- 1 percha de 1 puesto con 1 porta aislador.
- Luminaria.
- Caja de distribución para acometidas.
- 1 Perno de soporte.
- Salida subterránea del circuito a red aérea trenzada.



LA334

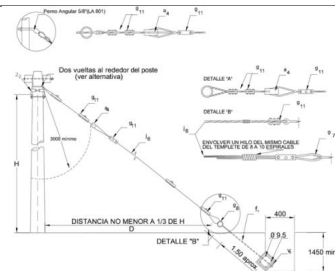
- **Nombre:** Transición de circuito secundario aéreo de red trenzada a red abierta existente.
- Red aérea trenzada y abierta.
- Construcción tangencial en línea y aérea abierta.
- Circuito sencillo de 5 hilos (3 fases, neutro y AP)
- Circuito con alumbrado público.
- 1 juego de 5 aisladores.
- 1 percha de 5 puestos con 5 porta aisladores.
- Luminaria.
- Caja de distribución para acometidas.
- 1 Perno de soporte.
- Transición entre red trenzada y abierta.



Estructuras de soporte

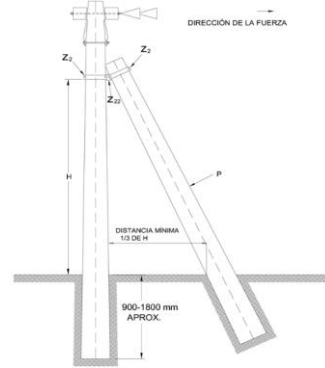
LA411

- **Nombre:** Retenida terminal o en ángulo poste a varilla de anclaje.
- Hilo o cable de Acero atado al suelo por medio de una variñña de anclaje.
- Estructura utilizada para redes de Media tensión (11,4 y 34,5 kV) y baja tensión.



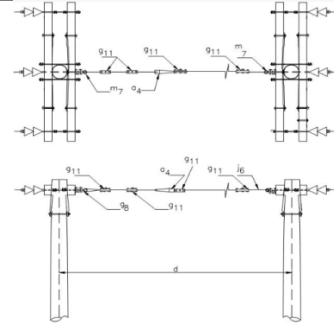
- **Nombre:** Retenida pie de amigo.
- Poste pie de amigo, con altura igual al que se esta reteniendo.
- Estructura utilizada para redes de Media tensión (11,4 y 34,5 kV) y baja tensión.

LA414



- **Nombre:** Templete poste a poste.
- Hilo o cable de Acero uniendo las 2 estructuras con una longitud igual a la distancia entre las mismas.
- Estructura utilizada para redes de Media tensión (11,4 y 34,5 kV) y baja tensión.

LA418



Fuente: Autoría propia

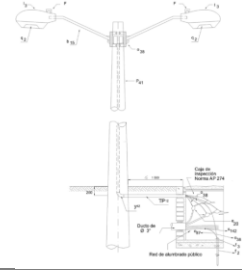
✓ **AP:** El alumbrado público hace parte de las redes de baja tensión, sin embargo, tienen diferentes niveles de tensión. En el caso de Bogotá, para el operador de red Codensa, las tensiones estándar son 380/220 V y 480/277 V. Existen diferentes normas para disposiciones de alumbrado público con características diferentes, las cuales se denotan por el prefijo **AP** (Alumbrado Público) y un número de 3 dígitos.

Tabla 3. Resumen de estructuras más comunes de las redes de alumbrado público.

Norma	Descripción	Esquema
AP301	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Montaje de luminaria A.P. con soporte sencillo en poste de concreto – Vías arterias. • Alimentación subterránea desde caja de alumbrado público CS274. • Poste de concreto con alturas entre 12 y 16 m según la vía a iluminar. • Una sola luminaria vehicular de 250 W. 	

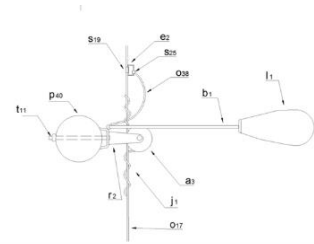
AP301-1

- **Nombre:** Montaje de luminarias A.P. con soporte doble en poste de concreto - Vías arterias.
- Alimentación subterránea desde caja de alumbrado público CS274.
- Poste de concreto con alturas entre 12 y 16 m según la vía a iluminar.
- Doble luminaria vehicular de 250 W.



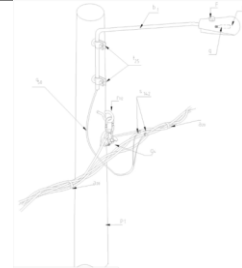
AP302

- **Nombre:** Montaje de luminarias en red aérea exclusiva para A.P. en vías locales (Existente).
- Alimentación aérea desde red secundaria de baja tensión abierta.
- 1 aislador tipo carrete.
- 1 percha de 2 puestos
- Poste de concreto de 10 m.
- Una sola luminaria peatonal de 70 W.



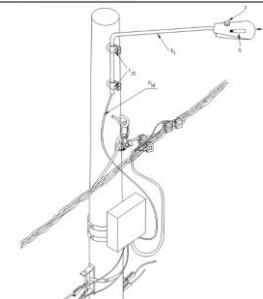
AP307

- **Nombre:** Montaje de luminaria en vías locales de distribución con red trenzada.
- Alimentación aérea desde red secundaria de baja tensión trenzada.
- Poste de concreto de 10 m.
- Una sola luminaria peatonal de 70 W.



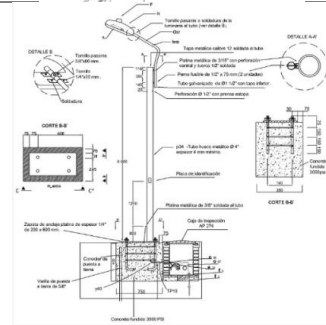
AP307-1

- **Nombre:** Montaje de luminaria en vías locales (Conexión desde caja para acometidas).
- Alimentación aérea desde red secundaria de baja tensión trenzada a través de caja de distribución de acometidas.
- Poste de concreto de 10 m.
- Una sola luminaria peatonal de 70 W.



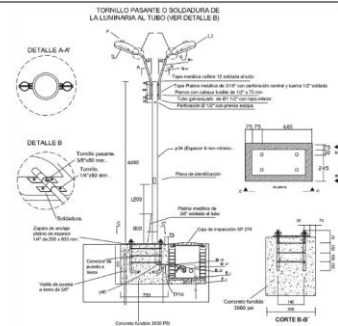
AP330

- **Nombre:** Luminaria peatonal sencilla en poste metálico de 4”.
- Alimentación subterránea desde caja de alumbrado público CS274.
- Poste metálico de 6 m para senderos peatonales.
- Una sola luminaria peatonal de 70 W.



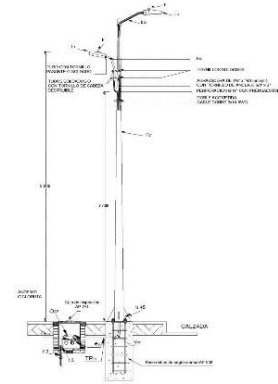
AP331

- **Nombre:** Luminaria peatonal doble en poste metálico de 4”.
- Alimentación subterránea desde caja de alumbrado público CS274.
- Poste metálico de 6 m para senderos peatonales.
- Doble luminaria peatonal de 70 W.



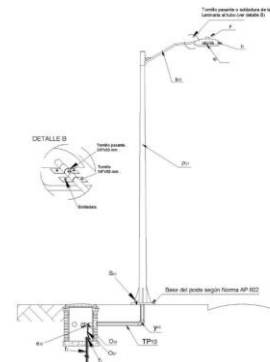
AP333

- **Nombre:** Poste metálico para vía vehicular y peatonal (Doble propósito).
- Alimentación subterránea desde caja de alumbrado público CS274.
- Poste metálico con alturas entre 12 y 16m según la vía a iluminar.
- Una luminaria peatonal de 70 W y una luminaria vehicular de 250 W.



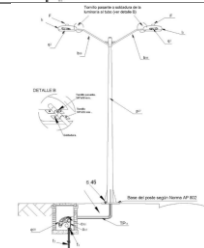
AP336

- **Nombre:** Instalación poste metálico para vía vehicular, soporte sencillo.
- Alimentación subterránea desde caja de alumbrado público CS274.
- Poste metálico con alturas que dependen de la vía a iluminar.
- Una sola luminaria vehicular de 250 W.



AP337

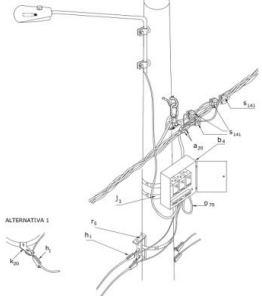
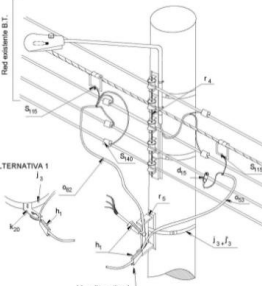
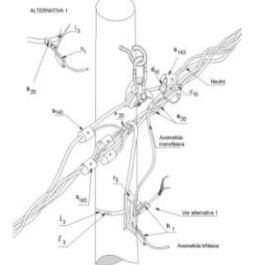
- **Nombre:** Instalación poste metálico para vía vehicular, soporte doble.
- Alimentación subterránea desde caja de alumbrado público CS274.
- Poste metálico con alturas que dependen de la vía a iluminar.
- Doble luminaria vehicular de 250 W.



Fuente: Autoría propia

- ✓ **Acometidas eléctricas:** Son derivaciones de la red primaria o secundaria hacia un cliente o usuario final. Las normas de Codensa asociadas a las acometidas se denotan con el prefijo **AE** (**Acometida Eléctrica**) y un número de 3 dígitos.

Tabla 4. Resumen de estructuras más comunes de las acometidas eléctricas.

Norma	Descripción	Esquema
<p>AE216</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Acometida aérea de B.T. desde caja de acometidas. • Caja de derivación de acometidas. • 1 percha porta aislador de 1 puesto. • Acometida de baja tensión aérea desde caja de derivación de acometidas. 	
<p>AE217</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Acometida aérea de baja tensión con cable antifraude desde red abierta. • 1 percha porta aislador de 1 puesto. • Acometida de baja tensión aérea desde la red secundaria abierta. 	
<p>AE218</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Acometida aérea de baja tensión desde red trenzada. • 1 percha porta aislador de 1 puesto. • Acometida de baja tensión aérea desde la red secundaria trenzada. 	

Fuente: Autoría propia

- ✓ **Centros de transformación subterráneos:** Existen diferentes configuraciones para el montaje de centros de transformación subterráneos con diferentes características. Codensa denota las normas para los montajes de centros de transformación subterráneos con el prefijo CTS (Centros de Transformación Subterráneos) y un número de 3 dígitos.

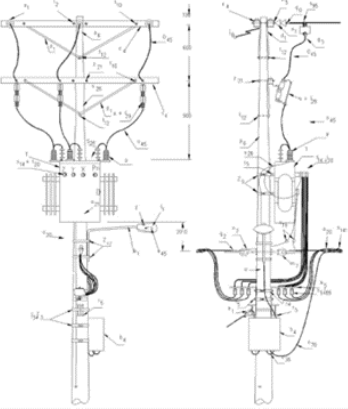
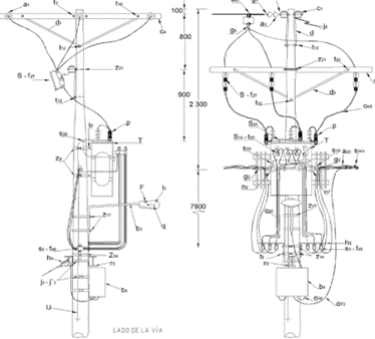
Tabla 5. Resumen de estructuras más comunes de centros de transformación subterráneos.

Norma	Descripción	Esquema
<p>CTS513</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Local para transformador en aceite (Bóveda) (Nivel 2). • Usado cuando se tiene acceso exterior y ventilación natural. • Usado para potencias entre 30 y 1000 kVA. • Las dimensiones del local dependen de la potencia y dimensiones del transformador. • Celda de transformación, maniobra y medida. 	
<p>CTS520</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Centros de transformación de pedestal (Nivel 2). • Celda de transformación y de maniobra. • Instalados para uso en exteriores. • En la mayoría de los casos, son utilizados para la alimentación del alumbrado público de la zona. • Usados para transformadores con potencias entre 45 y 500 kVA. 	
<p>CTS526</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Seccionadores de maniobras (Switch Gear) (Nivel 2). • Equipos de maniobra utilizados para derivaciones de circuitos de media tensión. • Usualmente están configurados con entrada, salida y las derivaciones. • Se pueden instalar a la intemperie, en locales o cajas de inspección. 	

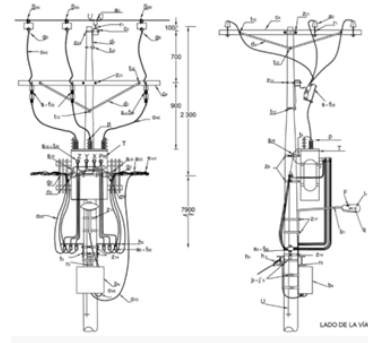
Fuente: Autoría propia

- ✓ **Centros de transformación urbanos:** Existen diferentes configuraciones para el montaje de centros de transformación en poste, cada una de ellos difiere de las características de los postes y del transformador. En el Codensa denota las normas para los montajes de centros de transformación con el prefijo **CTU** (Centros de Transformación Urbanos) y un número de 3 dígitos, que para este caso comienza con el número 5.

Tabla 6. Resumen de estructuras más comunes de centros de transformación urbanos.

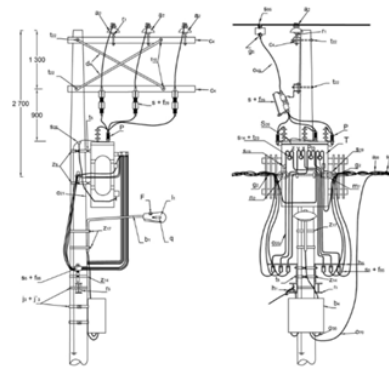
Norma	Descripción	Esquema
<p>CTU500</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Centro de distribución urbano. Montaje en poste de transformador trifásico con final de circuito primario y red trenzada de B.T. • Red aérea abierta en retención. • Estructura con un solo poste. • Tipo final de circuito. • Construcción tangencial horizontal. • Juego de 3 aisladores de suspensión (24 kV). • Juego de 3 descargadores de sobretensiones. • Tablero de protecciones en baja tensión. • Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV. • Luminaria de 70 W. • Templete. • Red trenzada de baja tensión. • Juego de 3 fusibles tipo dual. • Caja para derivación de acometidas. • Caja para medición inteligente. • Estructura usada para transformadores con potencias hasta 150 kVA. • Transformador ubicado en el mismo sentido que las líneas aéreas de media tensión. 	
<p>CTU500-1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Centro de distribución urbano. Montaje en poste de transformador trifásico hacia la vía con final de circuito primario y red trenzada de B.T. • Red aérea abierta en retención. • Estructura con un solo poste. • Tipo final de circuito. • Construcción tangencial horizontal. • Juego de 3 aisladores de suspensión (24 kV). • Juego de 3 descargadores de sobretensiones. • Tablero de protecciones en baja tensión. • Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV. • Luminaria de 70 W. • Templete. • Red trenzada de baja tensión. • Juego de 3 fusibles tipo dual. • Caja para derivación de acometidas. • Caja para medición inteligente. • Estructura usada para transformadores con potencias hasta 150 kVA. • Transformador orientado 90° con respecto a las líneas aéreas de media tensión. 	
<p>CTU 501</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre: Centro de distribución urbano. Montaje en poste de transformador trifásico circuito primario tangencial y red trenzada de B.T. • Red aérea abierta en suspensión. • Estructura con un solo poste. • Construcción tangencial horizontal. 	

- Juego de 3 aisladores line post (24 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Tablero de protecciones en baja tensión.
- Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV.
- Luminaria de 70 W.
- Red trenzada de baja tensión.
- Juego de 3 fusibles tipo dual.
- Caja para derivación de acometidas.
- Caja para medición inteligente.
- Estructura usada para transformadores con potencias hasta 150 kVA.
- Transformador orientado 90° con respecto a las líneas aéreas de media tensión.



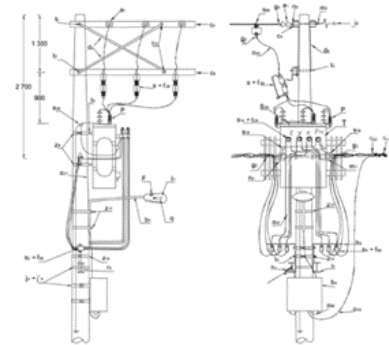
CTU502

- **Nombre:** centro de distribución urbano. Montaje en poste de transformador trifásico construcción en bandera y red trenzada de B.T.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Estructura con un solo poste.
- Tipo bandera.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores line post (24 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Tablero de protecciones en baja tensión.
- Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV.
- Luminaria de 70 W.
- Red trenzada de baja tensión.
- Juego de 3 fusibles tipo dual.
- Caja para derivación de acometidas.
- Caja para medición inteligente.
- Estructura usada para transformadores con potencias hasta 150 kVA.
- Transformador orientado 90° con respecto a las líneas aéreas de media tensión.



CTU502-1

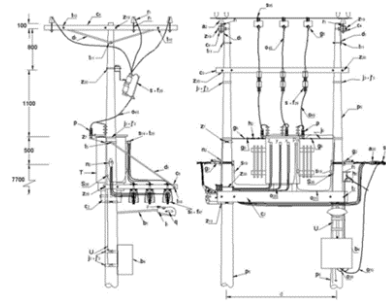
- **Nombre:** Centro de distribución urbano. Montaje en poste de transformador trifásico con final de circuito primario construcción en bandera y red trenzada de B.T.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con un solo poste.
- Tipo bandera.
- Tipo final de circuito.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (24 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Tablero de protecciones en baja tensión.
- Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV.
- Luminaria de 70 W.
- Templete.
- Red trenzada de baja tensión.
- Juego de 3 fusibles tipo dual.



- Caja para derivación de acometidas.
- Caja para medición inteligente.
- Estructura usada para transformadores con potencias hasta 150 kVA.
- Transformador orientado 90° con respecto a las líneas aéreas de media tensión.

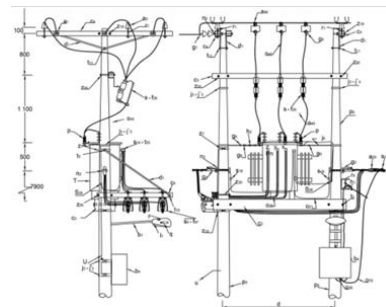
CTU503

- **Nombre:** Centro de distribución urbano.
Montaje de estructura tipo H de transformador trifásico con circuito primario tangencial y red trenzada de B.T.
- Red aérea abierta en suspensión.
- Estructura con doble poste.
- Estructura tipo H.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores line post (24 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Tablero de protecciones en baja tensión.
- Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV.
- Luminaria de 70 W.
- Red trenzada de baja tensión.
- Juego de 3 fusibles tipo dual.
- Caja para derivación de acometidas.
- Caja para medición inteligente.
- Estructura usada para transformadores con potencias hasta 225 kVA.
- Transformador orientado 90° con respecto a las líneas aéreas de media tensión.



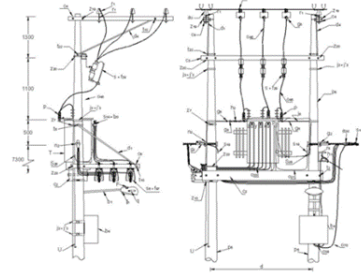
- **Nombre:** Centro de distribución urbano.
Montaje de estructura tipo H de transformador trifásico final de circuito primario y red trenzada de B.T.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con doble poste.
- Estructura tipo H.
- Tipo final de circuito.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores de suspensión (24 kV).
- Juego de 3 aisladores line post (24 kV).
-
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Tablero de protecciones en baja tensión.
- Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV.
- Luminaria de 70 W.
- Red trenzada de baja tensión.
- Juego de 3 fusibles tipo dual.
- Caja para derivación de acometidas.
- Caja para medición inteligente.
- Estructura usada para transformadores con potencias hasta 225 kVA.
- Transformador orientado 90° con respecto a las líneas aéreas de media tensión.

CTU504



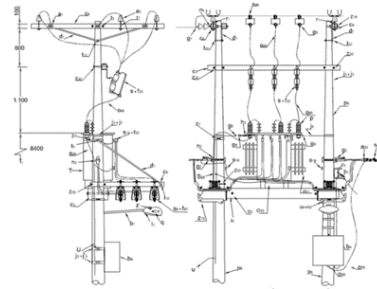
CTU506

- **Nombre:** Centro de distribución urbano.
Montaje de estructura tipo H de transformador trifásico con circuito primario en bandera y red trenzada de B.T.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con doble poste.
- Estructura tipo H.
- Tipo bandera.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores line post (24 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Tablero de protecciones en baja tensión.
- Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV.
- Luminaria de 70 W.
- Red trenzada de baja tensión.
- Juego de 3 fusibles tipo dual.
- Caja para derivación de acometidas.
- Caja para medición inteligente.
- Estructura usada para transformadores con potencias hasta 225 kVA.
- Transformador orientado 90° con respecto a las líneas aéreas de media tensión.



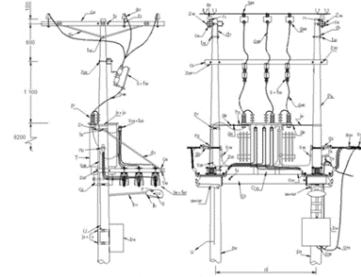
CTU510

- **Nombre:** Centro de distribución urbano.
Montaje en estructura tipo H de transformador trifásico de 225 kVA con final de circuito primario y red trenzada de B.T.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con doble poste.
- Estructura tipo H.
- Tipo final de circuito.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores line post (24 kV).
- Juego de 3 aisladores de suspensión (24 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Tablero de protecciones en baja tensión.
- Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV.
- Luminaria de 70 W.
- Red trenzada de baja tensión.
- Juego de 3 fusibles tipo dual.
- Caja para derivación de acometidas.
- Caja para medición inteligente.
- Estructura usada para transformadores con potencias hasta 225 kVA.
- Transformador orientado 90° con respecto a las líneas aéreas de media tensión.



CTU510-1

- **Nombre:** Centro de distribución urbano.
Montaje en estructura tipo H de transformador trifásico de 225 kVA circuito primario tangencial y red trenzada de B.T.
- Red aérea abierta en retención.
- Estructura con doble poste.
- Estructura tipo H.
- Construcción tangencial horizontal.
- Juego de 3 aisladores line post (24 kV).
- Juego de 3 descargadores de sobretensiones.
- Tablero de protecciones en baja tensión.
- Cortacircuitos tipo cañuela 100 A 15kV.
- Luminaria de 70 W.
- Red trenzada de baja tensión.
- Juego de 3 fusibles tipo dual.
- Caja para derivación de acometidas.
- Caja para medición inteligente.
- Estructura usada para transformadores con potencias hasta 225 kVA.
- Transformador orientado 90° con respecto a las líneas aéreas de media tensión.



Fuente: Autoría propia

5. DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1. INVENTARIOS

Las redes de eléctricas son las encargadas de transportar y distribuir la energía desde las centrales de generación o subestaciones, hasta el usuario final (Consumidor), tienen diferentes niveles de tensión dependiendo del proceso que se lleva a cabo (Generación, Transmisión, Distribución) y en el caso de las redes de energía en la ciudad de Bogotá, administradas por el operador de red Enel Codensa.

Para el diseño de un proyecto serie 1, es de suma importancia realizar un inventario de redes existente (levantamiento de redes) que sea confiable, ya que gran parte de la información y decisiones que se toman en el serie 1 son basadas en los datos obtenidos en los levantamientos, por lo tanto es indispensable tener total certeza de registrar todos los elementos adecuados y la información de manera correcta.

De acuerdo a lo anterior se realiza una breve explicación acerca de los parámetros más importantes a registrar en las redes eléctricas para realizar un inventario adecuado.

1. **Polígono de afectación:** Se debe tener claridad del polígono del proyecto con el fin de realizar un inventario cubriendo todo área de intervención.
De acuerdo a los parámetros exigidos por la UAESP en el diseño de iluminación se debe realizar un levantamiento de mínimo 100m fuera del polígono de afectación.
2. **Niveles de tensión:** conviene registrar todos los niveles de tensión presentes en la zona de influencia del proyecto; En Bogotá y para nuestro caso de estudio se encuentran niveles de AT, MT y BT.
 - 2.1. **Alta tensión (AT):** Cumplen la función de transportar la energía desde los nodos de generación, a diferentes puntos del sistema eléctrico, como lo son las subestaciones. Así mismo pueden interconectar subestaciones ubicadas en distintas zonas de la ciudad buscando suplencia de energía en caso de que se presenten problemas en el sistema. La gran mayoría de estas redes son aéreas, solo en casos específicos se pueden encontrar subterráneas. En Bogotá, los niveles de tensión establecidos para redes de alta tensión son 57,5kV y 115kV. Dichas redes son soportadas por torres metálicas o postes de gran tamaño. Estas estructuras son capaces de soportar 1 o 2 circuitos a la vez. Cada torre o poste lleva un cable de guarda que protege los circuitos ante descargas atmosféricas. Los conductores que se utilizan usualmente para estos circuitos están entre los calibres de 600 y 2000 KCMIL. En la

- 2.2. Figura 1 se muestra un ejemplo de las torres de alta tensión presentes en Bogotá.

Figura 1. Torre de alta tensión



Fuente: INECTEL S.A.S

En la Tabla 7 se presenta un resumen de las características relevantes para las redes de alta tensión que existen en Bogotá.

Tabla 7. Resumen de características de la red de A.T.

Conductor	ACSR
Servicio	Interconexión
Disposición de la red	Aérea
Configuración de la red	Abierta
Nivel de tensión	57,5kV-115 kV-230kV
Calibre conductor	605 kcmil
Material conductor	Aluminio
Material Torre	Metal
Altura Torre	25-30 m
Resistencia	-

Fuente: Autoría propia.

- 2.3. **Media tensión (MT):** Estas redes tienen la función de distribuir la energía que llega a las subestaciones, hacia los centros de transformación urbanos ubicados por toda la ciudad, los cuales alimentan diferentes tipos de cargas tales como residenciales, comerciales e industriales. Estas redes pueden ser aéreas o subterráneas, dependiendo la zona, condiciones técnicas, condiciones ambientales y económicas. En Bogotá, los niveles de

tensión establecidos para redes de media tensión son 34,5 kV y 11,4 kV. Las redes aéreas son soportadas por postes de diferentes alturas y características, en distintas configuraciones; Así mismo, las redes subterráneas viajan por tuberías bajo tierra las cuales se pueden inspeccionar desde cámaras. Los conductores que se utilizan usualmente para estos circuitos están entre los calibres 2 AWG y 500 MCM, en aluminio como en cobre. En la Tabla 8 se presenta un resumen de las características relevantes para las redes de media tensión en Bogotá.

Tabla 8. Resumen de características de la red de M.T.

Conductores	ACSR-AAAC-XLPE-TRIPLEX
Servicio	Distribución
Disposición de la red	Abierta o subterránea
Configuración de la red	Abierta o trenzada
Nivel de tensión	11,4kV-13,2kV
Calibre conductor	500-400-350-300-250-4/0-2/0-1/0-2
Material conductor	Aluminio o cobre
Material Poste	Concreto
Altura Poste	12-16 m
Resistencia Poste	750-1350 kgf
Dimensiones Cámaras	De acuerdo al tipo de cámara
Material Cámaras	Concreto, Ladrillo y Mortero

Fuente: Autoría propia.

Teniendo en cuenta que las redes de media tensión pueden ser aéreas/subterráneas y se conforman con: postes, cámaras y tuberías.

- Postes: son estructuras que se instalan para dar soporte a las líneas aéreas de media tensión, baja tensión y telecomunicaciones. Su instalación es vertical y cuentan con diferentes alturas y resistencias. Estas resistencias son conocidas como Cargas de rotura (750kg-1350kg), y son un valor indicativo de la fuerza que pueden soportar dichos postes al peso de las líneas, equipos y fuerzas mecánicas a las que puedan ser sometidos, por ejemplo, la fuerza del viento sobre las líneas. Los postes utilizados por Enel Codensa para las redes de MT en Bogotá son de concreto.

Figura 2. Postes de media tensión



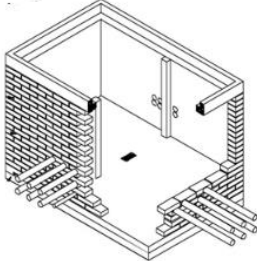
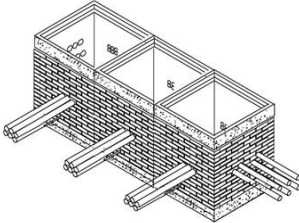
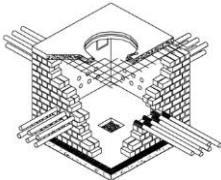
Fuente: Autoría propia.

- Cámaras subterráneas: también conocidas como cámaras de inspección, son compartimientos subterráneos que tienen conjuntos de ductos, los cuales permiten el paso de los circuitos de media y baja tensión, además de las redes de telecomunicaciones. Estas cámaras sirven como punto de observación de las redes y como punto de acceso para alguna labor técnica o de mantenimiento. Dependiendo de la necesidad se pueden utilizar distintos tipos de cámaras, como la de alumbrado público, sencilla, doble, triple y vehicular. Además de eso, éstas pueden alojar en ocasiones equipos de transformación, maniobra y barrajes. Son fabricadas usualmente con ladrillo en las paredes con la superficie interna pañetada, y el piso de cemento. Las tapas son usualmente de concreto. En la Tabla 9 se muestran los tipos de cámaras utilizadas por Enel Codensa para las redes de MT.

Tabla 9. Resumen de cajas de inspección de M.T.

Norma	Descripción	Esquema
CS275- caja de inspección sencilla para canalización de MT y BT.	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones de 169 cm x 119 cm. • Profundidad de 170 cm. • Se instalan usualmente bancos de ductos de 6" y 4" de diámetro. • Usada en zonas peatonales, para canalización de redes de baja y media tensión, así como derivaciones para acometidas y alumbrado público. 	

[2]

<p>CS276- caja de inspección doble para canalización de MT y BT.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones de 199 cm x 169 cm. • Profundidad de 170 cm. • Se instalan usualmente bancos de ductos de 6" y 4" de diámetro. • Usada en zonas peatonales, para canalización de redes de baja y media tensión, así como derivaciones para acometidas y alumbrado público. 		<p>[2]</p>
<p>CS277- caja de inspección triple para canalización de MT.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones de 279 cm x 169 cm. • Profundidad de 170 cm. • Se instalan usualmente bancos de ductos de 6" y 4" de diámetro. • Usada en zonas peatonales, para canalización de redes de baja y media tensión, así como derivaciones para acometidas y alumbrado público. 		<p>[2]</p>
<p>CS280- caja de inspección tipo vehicular</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones de 200 cm x 200 cm. • Profundidad de 200 cm. • Se instalan usualmente bancos de ductos de 6" y 4" de diámetro. • Usada en zonas vehiculares, para canalización de redes de baja y media tensión. 		<p>[2]</p>

Fuente: Autoría propia.

- **Tuberías:** Elementos que ayudan a la protección de los conductores subterráneos, son elaborados en PVC y se encuentran de diferentes diámetros. Teniendo en cuenta el calibre de los conductores de MT, se utilizan de tuberías de 6" y 9" de diámetro [3].

2.4. Baja tensión (BT): son aquellas que llevan el suministro de energía a todas las cargas de la zona, desde el transformador de distribución. Cada tipo de carga tiene un nivel de tensión establecido. Las cargas residenciales, comerciales e industriales en Bogotá y en toda Colombia, tienen un nivel de tensión estándar de 208/120 V. Sin embargo, hay otras cargas de baja tensión que tienen otros niveles de tensión, como en el caso del alumbrado público, con niveles de tensión como 380/220 V y 480/277 V. Estas redes pueden ser aéreas o subterráneas y utilizan las mismas estructuras y cámaras para su distribución. Los conductores que se utilizan habitualmente para estas redes están entre 12 AWG y 2/0-4/0 tanto en cobre, como en su equivalente de aluminio. La tabla 6 muestra las características generales de las redes de baja tensión de Enel Codensa.

Tabla 10. Resumen de características de la red de B.T.

Conductores	ACSR-AAAC-XLPE-TRIPLEX
Servicio	Distribución
Disposición de la red	Aérea o subterránea
Configuración de la red	Abierta o trenzada
Nivel de tensión	480/277-380/220-208/120 V
Calibre conductor	500-400-350-300-250-4/0-2/0-1/0-2-4-6-8-10-12
Material conductor	Aluminio o cobre
Material Postes	Metal y concreto
Altura Postes	6-16 m
Resistencia Postes	180-1350 kgf
Dimensiones cámaras	Dependen del tipo de cámara
Material cámaras	Concreto, Ladrillo y Mortero

Fuente: Autoría propia.

En la Figura 3 se muestran dos casos típicos de postes y redes de baja tensión presentes en Bogotá.

Figura 3. Postes de baja tensión



Fuente: Autoría propia.

Aunque las redes subterráneas de baja tensión comparten cámaras de inspección con las redes de media tensión, también existen cajas exclusivas para estas redes como se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Resumen de cajas de inspección de B.T.

Norma	Descripción	Esquema
CS274- caja de inspección para alumbrado público y acometidas de baja tensión.	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones de 90 cm x 90 cm. • Profundidad de 110 cm. • Se instalan usualmente ductos de 3" de diámetro. • Usada en zonas peatonales, para acometidas de baja tensión y alumbrado público. 	

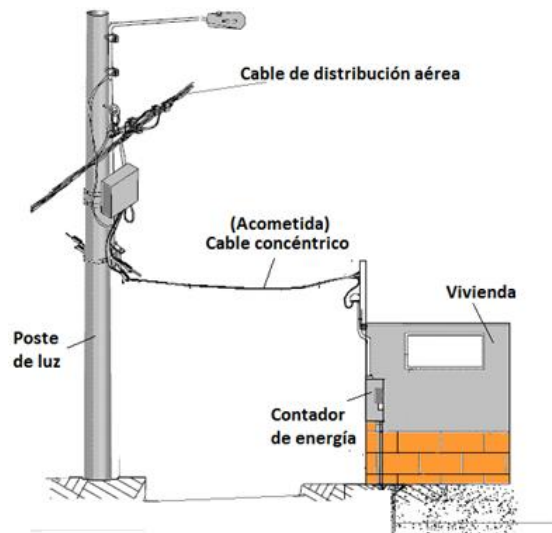
[2]

Fuente: Autoría propia.

Dentro de las redes de baja tensión se encuentran las acometidas a los predios, las cuales se deben de incluir todas en el inventario de

campo, ya que son indispensable para realizar los traslados de redes y mantener los usuarios conectados con el servicio.

Figura 4. Postes de baja tensión



Fuente: Enel Codensa.

3. Equipos: En las redes eléctrica encontramos algunos elementos que las complementan y son de vital importancia realizar el registro de los mismos, debido a que por su costo es elevado y para el serie 1 es muy importante que el levantamiento sea completo, a continuación mostraremos cada uno de los elementos con sus principales características para facilitar la identificación.

3.1. Subestaciones (S/E): Son centros de transformación en los cuales se modifican los niveles de tensión y corriente de los circuitos, adecuándolas para los procesos de transmisión y distribución dentro del sistema. A gran escala, una subestación de potencia es un nodo del sistema, donde se transforma la energía para que pueda ser llevada al usuario final. Estas subestaciones reciben la energía a través de las líneas de transmisión de alta tensión y allí se reduce su nivel de tensión para que pueda ser distribuida en circuitos de media tensión. Dichos circuitos alimentan subestaciones de distintos tipos, como por ejemplo subestaciones en poste, pedestal, capsuladas, de local, de sótano y subterráneas. Estas subestaciones tienen la finalidad de reducir el nivel de tensión de los circuitos de media tensión para que dicha energía pueda alimentar las diferentes cargas que existen. Cada tipo de subestación tiene características diferentes, tanto técnicamente como constructivamente, y pueden ser utilizadas en diferentes aplicaciones, como lo son el alumbrado público, industrias, centros comerciales, zonas residenciales, etc [4]. En la

Figura 5 se muestran algunos centros de transformación que se encuentran en los inventarios de las redes eléctricas.

Figura 5. Subestaciones (S/E).



Fuente: Autoría propia.

Las S/E tienen placas que se caracterizan por contener las un número de 5 posiciones, que puede ir desde el 1 hasta el 99999 [5].

Figura 6. Placas de S/E.



Fuente: Enel Codensa

Las características principales que se deben tener en cuenta en los inventarios de redes se muestran en la Tabla 12.

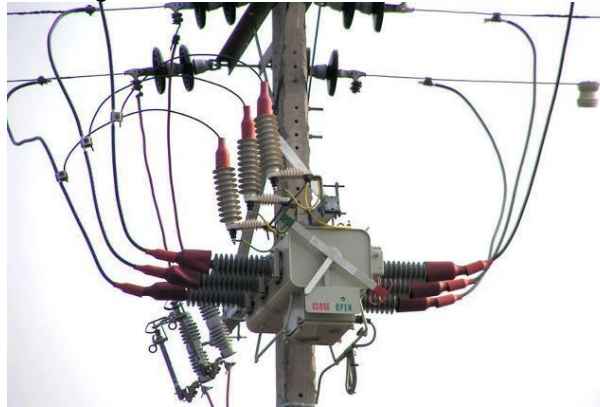
Tabla 12. Características de S/E.

Nivel de tensión	11,4kV- 13,5kV
Centro de distribución (CD)	Depende del circuito y ubicación de cada S/E.
Potencia (kVA)	15-30-45-75-112,5-150
Ubicación	Dirección exacta de cada S/E.

Fuente: Autoría propia.

3.2. Seccionalizadores: son equipos de maniobra, que se ubican en puntos específicos de las redes de distribución. Cumplen la función de interrumpir el flujo de energía según sea la necesidad, como por ejemplo en el caso en el que se desee separar o aislar zonas de un circuito específico. Es un dispositivo que opera manualmente y se instalan comúnmente en postes. El operador de red es quien tiene la autoridad de instalar estos equipos donde crea conveniente y operarlos según sea el caso.

Figura 7. Seccionalizadores.

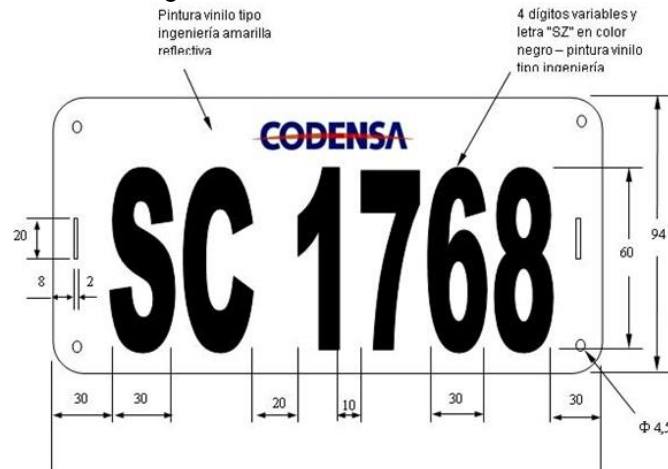


Fuente: Autoría propia.

Para los levantamientos de redes de energía es de vital importancia registrar el número de seccionalizador que es una identificación ante el operador de red y poder encontrar el elemento de manera más eficiente en el sistema de Enel Codensa.

Los Seccionalizadores tienen placas que se caracterizan por contener las letras SC al inicio y luego un número de 4 posiciones, que puede ir desde el 1 hasta el 9999 [5].

Figura 8. Placas de Seccionalizadores.



Fuente: Enel Codensa

Algunas de las características principales que se deben tener en cuenta en los inventarios de redes se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Características de seccionalizadores.

Nivel de tensión	11,4kV-13,5kV
Número de Identificación	Numero asignado por operador de red
Ubicación	Dirección exacta del equipo

Fuente: Autoría propia.

3.3. Reconectadores: equipos de maniobra, capaces de interrumpir el flujo de energía y así mismo restablecer dicho flujo automáticamente. Poseen cajas de control desde las cuales se hace monitoreo, medición y control de variables de las redes aéreas de media tensión. Un ejemplo de una situación en la que actúan los reconectadores es la ocurrencia de una falla, en ese momento, el equipo corta el flujo de energía y una vez ésta sea despejada, restablece dicho flujo. Usualmente el manejo de los re conectadores está a cargo del operador de red, y es este quien decide también en que puntos del sistema desea instalarlos.

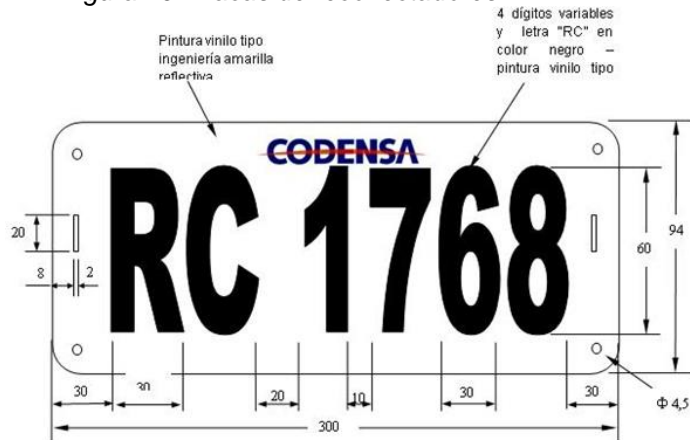
Figura 9. Reconectadores.



Fuente: Direct Industry [6].

Los reconectores tienen placas que se caracterizan por contener las letras RC al inicio y luego un número de 4 posiciones, que puede ir desde el 1 hasta el 9999 [5].

Figura 10. Placas de reconectores.



Fuente: Enel Codensa

Algunas de las características principales que se deben tener en cuenta en los inventarios de redes se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Características de Reconectores.

Nivel de tensión	11,4kV-13,5kV
Número de Identificación	Numero asignado por operador de red
Ubicación	Dirección exacta del equipo
Tipo de conexión	Aéreo

Fuente: Autoría propia.

3.4. Cortacircuitos: Son dispositivos de seccionamiento utilizados para las redes aéreas de media tensión. Este elemento cumple la función de interrumpir el flujo de energía por medio de la quema de un fusible, cuando un valor de corriente excede unos niveles establecidos.

Figura 11. Cortacircuitos.



Fuente: Emincco [7].

Los cortacircuitos son dispositivos de protección que se instalan regularmente cerca a S/E por lo tanto actualmente no cuenta con una numeración por parte de Enel Codensa.

- 3.5. Descargadores de sobretensión (DPS):** Son dispositivos que cumplen la función de conducir a tierra las corrientes producidas por las posibles sobretensiones que se puedan generar y así proteger a personas, redes y equipos.

Figura 12. Descargadores de sobretensión

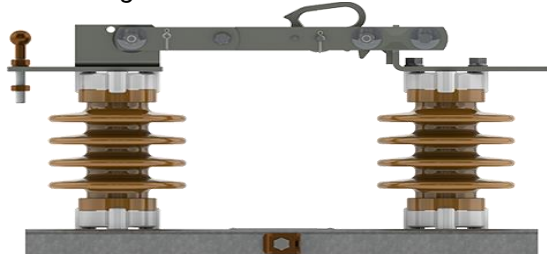


Fuente: ITC business group Perú [8].

En el levantamiento de redes se debe de indicar en los lugares que se encuentran DPS, estos equipos no cuentan con identificación por parte de Enel Codensa.

- 3.6. Seccionadores:** Son elementos electromecánicos capaces de interrumpir o establecer corrientes de alta o baja intensidad. Se consideran un equipo de maniobra ya que pueden aislar, separar o unir secciones de circuitos o equipos. Los equipos utilizados para maniobras en redes de media tensión subterráneas se conocen como Seccionadores de maniobra, mientras que los que se utilizan para redes de media tensión aéreas, se conocen como seccionadores monopolares.

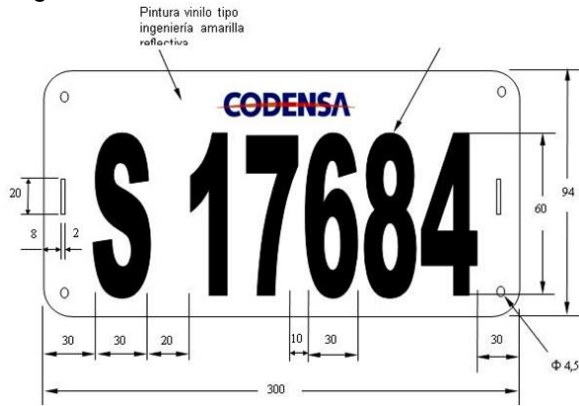
Figura 13. Seccionadores.



Fuente: WEG [9].

Los seccionadores tienen placas que se caracterizan por contener las letras S al inicio y luego un número de 4 posiciones, que puede ir desde el 1 hasta el 9999 [5].

Figura 14. Placas de seccionadores.



Fuente: Enel Codensa

Algunas de las características principales que se deben tener en cuenta en los inventarios de redes se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Características de seccionadores.

Nivel de tensión	11,4kV-13,5kV
Número de Identificación	Numero asignado por operador de red
Ubicación	Dirección exacta del equipo

Fuente: Autoría propia.

- 3.7. Estaciones de medida:** Son elementos conformados por Transformadores de corriente y potencial, que se encargan de medir y monitorear las variables del sistema (Tensión, corriente, potencia, etc.). Son utilizados en redes aéreas de media tensión. [10]

Figura 15. Estaciones de medida.



Fuente: Schneider [10].

Algunas de las características principales que se deben tener en cuenta en los inventarios de redes se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Características de las estaciones de medida.

Nivel de tensión	11,4kV-13,5kV
Número de Identificación	Numero asignado por operador de red
Ubicación	Dirección exacta del equipo

Fuente: Autoría propia.

- 3.8. Medidores:** Equipo o dispositivo utilizado para medir el consumo de energía, la potencia y algunas otras variables eléctricas.

Figura 16. Medidores.



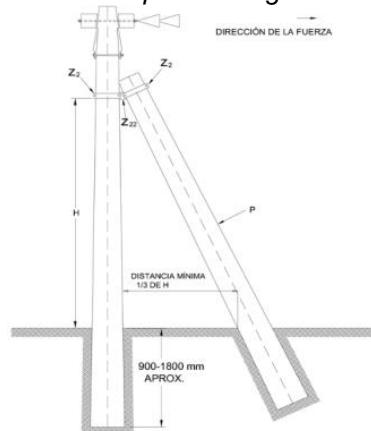
Fuente: Autoría propia.

Durante los levantamientos de redes es importante identificar los medidores.

- 4. Elementos:** En las redes de energía encontramos elementos que si bien no se tienen en la normatividad y no cuentan con tantos parámetros (número de identificación) como los vistos anteriormente, se deben de dejar constancia en los registros de inventario ya que para el diseño del serie 1 todos los componentes del levantamiento son importantes. Algunos de estos elementos que se encuentran en las redes son:

- 4.1. Retenida pie de amigo:** Son estructuras que sirven de soporte para otra existente. Dicho soporte consta básicamente de un segundo poste que está recostado sobre el primero, ejerciendo una fuerza en una dirección necesaria para mantener la estabilidad de la estructura.

Figura 17. Retenida pie de amigo.

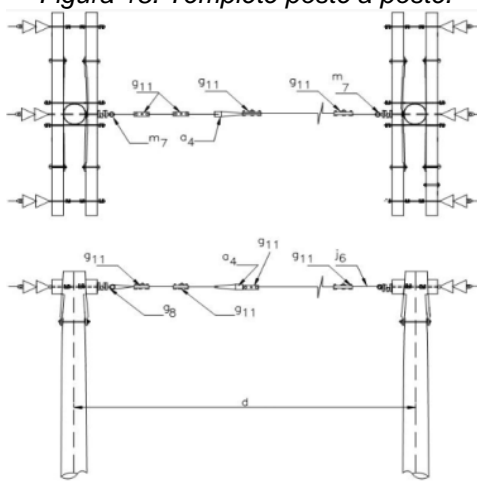


Fuente: Enel Codensa [11]

- 4.2. Templete poste a poste:** Un segundo mecanismo de soporte para las estructuras de las redes aéreas, es un templete de poste a poste. Este consiste en un hilo de Acero de longitud fija que ejerce

una fuerza (Tensión) entre 2 estructuras, manteniendo la estabilidad de ambas.

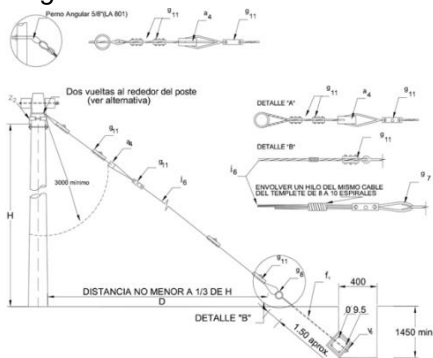
Figura 18. Templete poste a poste.



Fuente: Enel Codensa [11]

- 4.3. Retenida terminal o varilla de anclaje:** Este mecanismo de soporte está prohibido su uso en redes aéreas nuevas para zonas urbanas como soporte de estructuras, la varilla de anclaje, que consta de un hilo de Acero que une la estructura con el suelo, ejerciendo una fuerza (Tensión) para dar estabilidad a la misma.

Figura 19. Retenida terminal



Fuente: Enel Codensa [11]

- 4.4. Cajas de borneras para derivación de acometidas:** Desde el punto de vista conceptual, son muy similares a los barrajes, ya que son puntos comunes de la red de baja tensión desde los cuales se realizan derivaciones, en este caso, éstas con acometidas aéreas hacia los usuarios.

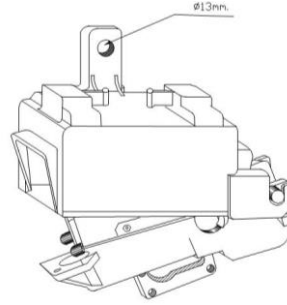
Figura 20. Caja de derivación de acometidas.



Fuente: MI [12]

- 4.5. **Seccionador portafusible:** Es un dispositivo de protección que cumple la función de realizar un corte en el flujo de energía según sea requerido.

Figura 21. Seccionador portafusible.



Fuente: Enel Codensa [13]

- 4.6. **Percha de aisladores:** Son elementos que cumplen la función de dar soporte a las redes de baja tensión y sus aisladores.

Figura 22. Percha de aisladores



Fuente: Enel Codensa [14]

- 4.7. **Luminarias:** Son dispositivos que cumplen la función de ofrecer luz o iluminar una zona específica. Según su función se encuentran de distintas potencias y tecnología (Led, Sodio).

Figura 23. Luminaria led de 60W.



Fuente: Enel Codensa [15]

Las luminarias tienen placas que se caracterizan por contener un número de 6 posiciones, que puede ir desde el 1 hasta el 999999 [5].

Figura 24. Placas de luminarias.



Fuente: Enel Codensa

Algunas de las características principales que se deben tener en cuenta en los inventarios de redes se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Características de luminarias.

Nivel de tensión	380/220 V y 480/277 V
Número de Identificación	Numero asignado por operador de red
Ubicación	Dirección exacta del equipo
Tipo de tecnología	Led/Sodio
Potencia (W)	75,100150,250

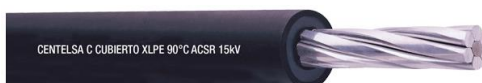
Fuente: Autoría propia.

5. Conductores: Son el medio por el cual viaja la corriente eléctrica, desde la generación hasta el consumo. Estos están fabricados por hilos de materiales como Cobre y Aluminio. Cada tipo de conductor está diseñado para soportar unas condiciones de trabajo específicas como la corriente, temperatura, tensión, humedad, esfuerzo mecánico, etc. Además, según sea necesario llevan un recubrimiento aislante que evita afectaciones del medio y previenen posibles fallas debido a contacto entre fases o con tierra. Dependiendo el uso, existen calibres usados para baja tensión, media tensión y alta tensión, y especificaciones de acuerdo a su utilización (Redes aéreas o subterráneas), así como las condiciones climáticas a las que estarán expuestos. Se debe tener claridad del tipo de conductores ya que en campo se deben registrar de manera visual y es de suma importancia que sean los adecuados. Los conductores se encuentran clasificados de acuerdo a el nivel de corriente que pueden transportar, su nivel de aislamiento, su tipo de cable (Cobre o Aluminio) y el ambiente de instalación (aéreos y Subterráneos) [16]

5.1. Subterráneos: La tendencia de las redes de distribución de media tensión y baja tensión dentro de las ciudades es hacia los cables subterráneos, debido al impacto visual que se tiene en las ciudades, así como una mayor confiabilidad de la red, ya que estos cables requieren de menor mantenimiento. Un cable subterráneo está conformado por varios componentes o chaquetas que aseguran en aislamiento adecuado para el nivel de tensión y para el ambiente de instalación. En la Figura 25 se muestran algunos de los conductores subterráneos más utilizados en el mercado, cabe aclarar que en los levantamientos se tendrá que identificar los conductores por el tipo de aislamiento y por la cantidad de corriente que puedan transportar. En las redes subterráneas se requieren realizar empalmes entre los conductores, se deben realizar por personal idóneo ya que un empalme mal realizado es un punto caliente importante en el circuito.

Figura 25. Conductores subterráneos.

**CABLES CUBIERTOS
PARA ZONAS
ARBORIZADAS 15, 35 y
46 kV**



Son usados en líneas de distribución de energía eléctrica en zonas arborizadas o en zonas industriales. [16]

**CABLES
MONOPOLARES MV
5kV 90°C**



Son usados en distribución de energía eléctrica de media tensión en instalaciones al aire, ductos subterráneos y canaletas. [16]

**CABLES
MONOPOLARES URD
15 Y 35 kV 90°C**



Son usados para distribución de energía eléctrica para media tensión instalados en ductos subterráneos, canaletas o enterrados directamente, marcados

para su uso bajo pedido. [16]

EMPALMES DE MT



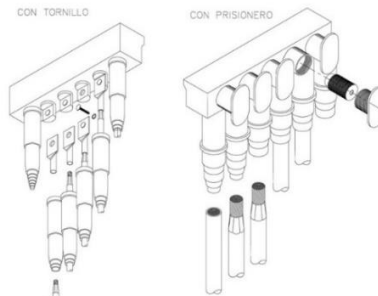
Es la conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituyen un cable de potencia aislado, protegido mecánicamente dentro de una misma cubierta o carcasa. [17]

EMPALMES DE BT



Al igual que los empalmes de media tensión, son puntos de conexión entre conductores que unen los hilos y el aislamiento [16].

BARRAJES DE BT



Son un punto común o nodo de la red de baja tensión desde el cual se pueden realizar derivaciones para alimentar otras cargas. [18]

Fuente: Autoría propia.

5.2. Aéreos: Es una infraestructura usada en la transmisión y la distribución de energía eléctrica para el transporte de este tipo de energía a grandes distancias. Consiste en varios conductores (normalmente múltiplos de tres) suspendidos por torres o postes. Puesto que la mayoría del aislamiento es proporcionado por el aire, las líneas aéreas de alta tensión son generalmente el método más barato de transmisión de energía en grandes proporciones. [19]

Figura 26. Conductores aéreos.

ALUMINIO DESNUDO AAAC



Son usados para transmisión y distribución de energía eléctrica en líneas aéreas. [16]

Los metales más utilizados para su

**ALUMINIO DESNUDO
ACSR/AW**



Fuente: Autoría propia.

fabricación son Aluminio 1350-H19, aleación de Aluminio 6201-T81 y Aluminio reforzado con acero recubierto con Zinc o Aluminio. [16]

Son usados en líneas aéreas de transmisión y distribución de energía eléctrica. También son usados como neutro portante para cables de distribución aérea tipo múltiplex. [16]

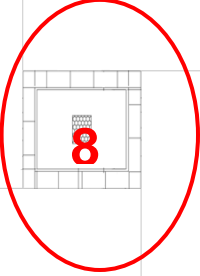
Teniendo conocimiento de los parámetros necesarios que se deben conocer para realizar un inventario de campo, se procede a ejecutar dicha actividad para lo cual se requiere un profesional SST con el fin de realizar los procedimientos de manera adecuada y no generar ningún accidente preservando la vida del personal.

Debido a los riesgos que se presentan en este tipo de actividades los operarios deberán contar con todos los elementos de seguridad y señalización requerida por el sistema SST.

Una vez se tengan todas las condiciones adecuadas para el inicio de las actividades se inicia tomando registro de los datos en dos modalidades (Fichas y Planos), dicha información se digitalizará posteriormente para obtener archivos .XLS y DWG y tener un fácil manejo para el diseño del serie 1.

- **Fichas:** Formato físico en el cual se registra toda la información, para nuestro caso de estudio se realizó con el siguiente formato.

Figura 27. Ficha física para levantamientos de campo.

TIPO DE SERVICIO		POSTERÍA		MEDIA TENSIÓN	BAJA TENSIÓN
ENERGÍA <input type="checkbox"/>	COMUNIC <input type="checkbox"/>	MATERIAL	ALTURA (m)	TENSIÓN (kV)	TENSIÓN (V)
# ID		CONCRETO <input type="checkbox"/> METAL <input type="checkbox"/>	RESISTENCIA (kgf)	CONFIGURACIÓN DE LA RED	TIPO DE RED
2		TEMPLETE	DADO O BASE	CALIBRE	CALIBRE
SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> #		SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	# CIRCUITOS	# CIRCUITOS
PUNTO FÍSICO		ALUMBRADO PÚBLICO		ESTADO	
COSTADO DE LA VÍA		TIPO DE LUMINARIA / POTENCIA (W)		ESTADO	
DERE <input type="checkbox"/> CENT <input type="checkbox"/> ZQ <input type="checkbox"/>	Na <input type="checkbox"/> _____ w Hg <input type="checkbox"/> _____ w LED <input type="checkbox"/> _____ w		RÓTULO LUM PEATONAL.		RÓTULO LUM VEHICULAR.
DESDE 3	HASTA	CAJA DE INSPECCION		ESTADO	
PUNTO FÍSICO		TIPO DE CAJA		NÚMERO DE CIRCUITOS	
OPERADOR DE RED		VEHICULAR <input type="checkbox"/>	SENCILLA <input type="checkbox"/>	DOBLE 4	A.P. <input type="checkbox"/>
RED COMUNICACIONES		ESTADO		M.T.: B.T.:	
TIPO DE RED		OBSERVACIONES CAJA INSPECCIÓN		9	
FIBRA <input type="checkbox"/> COAXIAL <input type="checkbox"/>					
RESERVA					
OPERADORES					
<input type="checkbox"/> UNE (TIGO) <input type="checkbox"/> TV AZTECA <input type="checkbox"/> UFINET <input type="checkbox"/> AVANTEL <input type="checkbox"/> MOVISTAR <input type="checkbox"/> ETB <input type="checkbox"/> TELMEX (LARO) <input type="checkbox"/> MEDIA COMMERCE <input type="checkbox"/> GAS NATURAL (FENOSA) <input type="checkbox"/> OTROS:					
OBSERVACIONES GENERALES					
10					

Fuente: Autoría propia.

1. Lo primero que se debe diligenciar es el tipo de servicio (Energía o telecomunicaciones).

Figura 28. Información relacionada al tipo de servicio.

TIPO DE SERVICIO		POSTERÍA	
ENERGÍA <input type="checkbox"/>	COMUNIC <input type="checkbox"/>	MATERIAL	ALTURA (m)
# ID		CONCRETO <input type="checkbox"/> METAL <input type="checkbox"/>	DADO O BASE
		TEMPLETE	SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
		SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> #	SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
		PUNTO FÍSICO	
COSTADO DE LA VÍA		ALUMBRADO PÚBLICO	
DERE <input type="checkbox"/> CENT <input type="checkbox"/> ZQ <input type="checkbox"/>	TIPO DE LUMINARIA / POTENCIA		
DESDE	HASTA	Na <input type="checkbox"/> _____ w Hg <input type="checkbox"/> _____ w LED	
		RÓTULO LUM PEATONAL.	
		RÓTULO LUM VEHICULAR.	

Fuente: Autoría propia.

2. Después de esto, se diligencia la identificación del elemento, que representa la marcación o consecutivo del levantamiento. Este consecutivo se determina teniendo en cuenta el número del elemento, el tipo de servicio y el operador de red correspondiente y la zona del proyecto en la que se está realizando el levantamiento. Tomando como ejemplo: (T4SCODCD200 = Tramo 4, Servicio Codensa, Costado Derecho, 200).

Figura 29. Información relacionada con la identificación del elemento.

TIPO DE SERVICIO		POSTERÍA	
ENERGÍA <input type="checkbox"/>	COMUNIC <input type="checkbox"/>	MATERIAL	ALTURA (m)
# ID		CONCRETO <input type="checkbox"/> METAL <input type="checkbox"/>	
		TEMPLETE	DADO O BASE
		SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> #	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
		PUNTO FÍSICO	
COSTADO DE LA VÍA		ALUMBRADO P	
DERE <input type="checkbox"/> CENT <input type="checkbox"/> ZQ <input type="checkbox"/>		TIPO DE LUMINARIA / P	
DESDE	HASTA	Na <input type="checkbox"/> _____ w	Hg <input type="checkbox"/> _____
		RÓTULO LUM PEATONAL. _____	
		RÓTULO LUM VEHICULAR. _____	

Fuente: Autoría propia.

- Luego se diligencia información general, como el costado de la vía y los límites del tramo en los que se encuentra dicho elemento.

Figura 30. Información relacionada con la ubicación del elemento.

TIPO DE SERVICIO		POSTERÍA	
ENERGÍA <input type="checkbox"/>	COMUNIC <input type="checkbox"/>	MATERIAL	ALTURA (m)
# ID		CONCRETO <input type="checkbox"/> METAL <input type="checkbox"/>	
		TEMPLETE	DADO O BASE
		SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> #	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
		PUNTO FÍSICO	
COSTADO DE LA VÍA		ALUMBRADO PÚE	
DERE <input type="checkbox"/> CENT <input type="checkbox"/> ZQ <input type="checkbox"/>		TIPO DE LUMINARIA / POT	
DESDE	HASTA	Na <input type="checkbox"/> _____ w	Hg <input type="checkbox"/> _____ v
		RÓTULO LUM PEATONAL. _____	
		RÓTULO LUM VEHICULAR. _____	

Fuente: Autoría propia.

- Se identifica que tipo de elemento se está registrando (Estructura en poste, cámara subterránea, elemento de semaforización, subestación, torres de alta tensión, etc.). En Caso de estar registrando un poste o una cámara subterránea, se debe diligenciar la información correspondiente.

Figura 31. Información relacionada con el elemento.

TIPO DE SERVICIO		POSTERÍA		
ENERGÍA <input type="checkbox"/>	COMUNIC <input type="checkbox"/>	MATERIAL	ALTURA (m)	RESISTENCIA (kgf)
# ID		CONCRETO <input type="checkbox"/> METAL <input type="checkbox"/>		
		TEMPLETE	DADO O BASE	ESTADO
		SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> #	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
		PUNTO FÍSICO		
COSTADO DE LA VÍA		ALUMBRADO PUBLICO		
DERE <input type="checkbox"/> CENT <input type="checkbox"/> ZQ <input type="checkbox"/>		TIPO DE LUMINARIA / POTENCIA (W)		
DESDE	HASTA	Na <input type="checkbox"/> _____ w	Hg <input type="checkbox"/> _____ w	LED <input type="checkbox"/> _____ w
		RÓTULO LUM PEATONAL. _____		
		RÓTULO LUM VEHICULAR. _____		
PUNTO FÍSICO		CAJA DE INSPECCIÓN		
		TIPO DE CAJA		
OPERADOR DE RED		VEHICULAR <input type="checkbox"/>	SENCILLA <input type="checkbox"/>	DOBLE <input type="checkbox"/> A.P. <input type="checkbox"/>

	PUNTO FÍSICO		CALIBRE	CALIBRE
A VÍA	ALUMBRADO PÚBLICO			
ZQ <input type="checkbox"/>	TIPO DE LUMINARIA / POTENCIA (W)		# CIRCUITOS	# CIRCUITOS
HASTA	Na <input type="checkbox"/> _____ w	Hg <input type="checkbox"/> _____ w	LED <input type="checkbox"/> _____ w	
	RÓTULO LUM PEATONAL.		ESTADO	ESTADO
	RÓTULO LUM VEHICULAR.		B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
O	CAJA DE INSPECCIÓN			
RED	VEHÍCULAR <input type="checkbox"/>	SENCILLA <input type="checkbox"/>	DOBLE <input type="checkbox"/>	A.P. <input type="checkbox"/>
			B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	NÚMERO DE CIRCUITOS
			M.T.:	B.T.:
			OBSERVACIONES CAJA INSPECCIÓN	

Fuente: Autoría propia.

5. En el caso de energía, se deben registrar las redes de AT, MT o BT, indicando el nivel de tensión, configuración, calibre, número de circuitos y estado de la red. En el caso de tener alumbrado público, registrar la información correspondiente (Tipo de luminaria y rótulos).

Figura 32. Información relacionada con las redes de MT, BT y alumbrado público.

		MEDIA TENSIÓN	BAJA TENSIÓN
RESISTENCIA (Kgf)		TENSIÓN (kV)	TENSIÓN (V)
ESTADO		CONFIGURACIÓN DE LA RED	TIPO DE RED
B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>			
		CALIBRE	CALIBRE
(W)		# CIRCUITOS	# CIRCUITOS
Z <input type="checkbox"/> _____ w			
		ESTADO	ESTADO
		B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
		CAJA DE INSPECCIÓN	
	PUNTO FÍSICO	ALUMBRADO PÚBLICO	
	COSTADO DE LA VÍA	TIPO DE LUMINARIA / POTENCIA (W)	
	DERE <input type="checkbox"/> CENT <input type="checkbox"/> ZQ <input type="checkbox"/>		
	DESDE	HASTA	Na <input type="checkbox"/> _____ w
			Hg <input type="checkbox"/> _____ w
			LED <input type="checkbox"/> _____ w
			RÓTULO LUM PEATONAL.
			RÓTULO LUM VEHICULAR.
	PUNTO FÍSICO	CAJA DE INSPECCIÓN	
		TIPO DE CAJA	
	OPERADOR DE RED	VEHÍCULAR <input type="checkbox"/>	SENCILLA <input type="checkbox"/>
		DOBLE <input type="checkbox"/>	A.P. <input type="checkbox"/>
		B <input type="checkbox"/>	

Fuente: Autoría propia.

6. Adicionalmente se debe diligenciar el campo de operador de red.

Figura 33. Información relacionada con operador de red.

			ALUM
	COSTADO DE LA VÍA		TIPO DE LU
	DERE <input type="checkbox"/> CENT <input type="checkbox"/> ZQ <input type="checkbox"/>		
	DESDE	HASTA	Na <input type="checkbox"/> _____ w
			Hg
			RÓTULO LUM PEATONAL.
			RÓTULO LUM VEHICULAR.
	PUNTO FÍSICO		
	OPERADOR DE RED	VEHÍCULAR <input type="checkbox"/>	SENCILLA
	RED COMUNICACIONES		
	TIPO DE RED		

Fuente: Autoría propia.

7. En el caso de telecomunicaciones se debe registrar el tipo de red y los operadores de red asociados.

Figura 34. Información relacionada con operadores de telecomunicaciones.

DESDE	HASTA	Na <input type="checkbox"/> _____ w Hg <input type="checkbox"/>
		RÓTULO LUM PEATONAL. _____ RÓTULO LUM VEHÍCULAR. _____
PUNTO FÍSICO		
OPERADOR DE RED		
VEHÍCULAR <input type="checkbox"/> SENCILLA <input type="checkbox"/>		
RED COMUNICACIONES		
TIPO DE RED		
FIBRA <input type="checkbox"/> COAXIAL <input type="checkbox"/>		
RESERVA		
OPERADORES		
<input type="checkbox"/> UNE (TIGO) <input type="checkbox"/> TV AZTECA <input type="checkbox"/> UFINET <input type="checkbox"/> AVANTEL <input type="checkbox"/> MOVISTAR <input type="checkbox"/> ETB <input type="checkbox"/> TELMEX(CLARO) <input type="checkbox"/> MEDIA COMMERCE <input type="checkbox"/> GAS NATURAL (FENOSA) <input type="checkbox"/> OTROS:		

Fuente: Autoría propia.

8. Una vez registrada la información anterior, se procede a realizar un dibujo del elemento. Se recomienda indicar los puntos cardinales en cada dibujo. Para el caso de los postes, indicar en qué sentido van las redes y si cuenta con alumbrado público, dibujar la luminaria con su respectiva orientación. En el caso de cámaras subterráneas, dibujar los ductos en las direcciones correspondientes según los puntos cardinales, indicando el número de ductos y las redes que llevan cada uno (Energía, telecomunicaciones y libres).

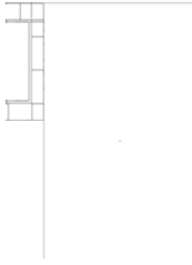
Figura 35. Espacio designado para el dibujo del elemento.

	RÓTULO LUM PEATONAL. _____ RÓTULO LUM VEHÍCULAR. _____	ESTADO	ESTADO
		B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
PUNTO FÍSICO	CAJA DE INSPECCIÓN		
	TIPO DE CAJA	ESTADO	NÚMERO DE CIRCUITOS
OPERADOR DE RED	VEHÍCULAR <input type="checkbox"/> SENCILLA <input type="checkbox"/> DOBLE <input type="checkbox"/> A.P. <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	M.T. : B.T. :
RED COMUNICACIONES			
TIPO DE RED			
FIBRA <input type="checkbox"/> COAXIAL <input type="checkbox"/>			
RESERVA			
OPERADORES			
	<input type="checkbox"/> UNE (TIGO) <input type="checkbox"/> TV AZTECA <input type="checkbox"/> UFINET <input type="checkbox"/> AVANTEL <input type="checkbox"/> MOVISTAR <input type="checkbox"/> ETB <input type="checkbox"/> TELMEX(CLARO) <input type="checkbox"/> MEDIA COMMERCE <input type="checkbox"/> GAS NATURAL (FENOSA) <input type="checkbox"/> OTROS:	OBSERVACIONES CAJA INSPECCIÓN	

Fuente: Autoría propia.

9. En el caso de las cámaras subterráneas, de ser necesario, registrar información adicional en el campo de observaciones caja de inspección. Como por ejemplo datos sobre empalmes, barrajes, estado de la cámara, varillas de puesta a tierra, entre otros.

Figura 36. Información relacionada con las observaciones de las cajas de inspección

	B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
CAJA DE INSPECCIÓN		
	ESTADO	NÚMERO DE CIRCUITOS
A.P. <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	M.T. : B.T. :
		OBSERVACIONES CAJA INSPECCIÓN
		
ES GENERALES		

Fuente: Autoría propia.

10. Finalmente, se registra información adicional del elemento, como la dirección, la existencia de acometidas y sus direcciones, equipos como re conectadores, seccionadores, transformadores, perchas, medidores, empalmes de F.O., número de corta circuitos, descargadores de sobretensiones, entre otros. Es recomendable que el personal tenga conocimiento de las normas de Enel Codensa con el fin de dejarlas plasmadas en la ficha de campo.

Figura 37. Espacio designado para las observaciones generales.

<input type="checkbox"/> GAS NATURAL (FENOSA) <input type="checkbox"/> OTROS:			
OBSERVACIONES GENERALES			
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/>			

Fuente: Autoría propia.

- **Planos:** Para el dibujo de planos en campo se recomienda una escritura ordenada y pequeña, de forma que sea entendible la información y se cometan la menor cantidad de errores. Otra opción puede ser utilizar esferos o lápices de varios colores, con el fin de identificar y diferenciar los tipos de redes y elementos, o en su defecto utilizar lápiz para poder corregir cualquier error.

Entre los datos que se consideran más relevantes para ser tenidos en cuenta en el dibujo de los planos, están:

- Dibujo del elemento.
- Calibres de las redes de media y baja tensión. (Especificar si es red aérea o subterránea).
- Consecutivo del elemento y su norma.

- Equipos como transformadores, seccionalizadores, equipos de medida, reconectadores, seccionadores, subestaciones, etc.
- Luminarias de los postes, ducterías con sus redes de la misma forma que el registro en la ficha, redes de telecomunicaciones y, estructuras y redes de alta tensión.
- Ductos entre cámaras, cárcamos y acometidas.

Es importante aclarar que la información dibujada en los planos de campo debe coincidir con la información plasmada en la ficha con el mismo consecutivo.

Se recomienda además adoptar unas convenciones básicas para los planos en campo, de forma que sea fácil su entendimiento a la hora de dibujar en AutoCAD. Un ejemplo es dibujar los postes como círculos y las cajas cuadradas o rectangulares según sea el caso. Para los equipos como transformadores, re conectadores, seccionalizadores y estaciones de medida, así como para las luminarias, subestaciones, barrajes, armarios y cajas de maniobras, se sugiere una figura básica y establecer desde el principio las convenciones utilizadas. Y para las redes se recomienda seguir el patrón utilizado por Enel Codensa

Figura 38. Convenciones para planos de campo

REDES	EXISTENTE
Red de B T aérea (A) indica red abierta (T) indica red trenzada	(A) ó (T) —————
Red de B T Subterránea	— — — — —
Red de M T Aérea	— X — X — X —
Red de M T Subterránea	— + — + — + —
Red de 34.5kV Subterránea	— +++ — +++ — +++ —
Línea de Distribución 34.5 kV Aérea	— xxx — xxx —
Línea de transmisión 57.5 kV	— // — // — // —
Línea de transmisión 115 kV	— // — // — // —

Fuente: Enel Codensa.

Es importante tener en cuenta que además de las fichas y los planos, es esencial el registro fotográfico y los puntos GPS del elemento. La combinación de estos componentes asegura que el levantamiento contemple la mayor cantidad de información, y que está sea lo más veraz posible.

Una vez realizado los inventarios de las redes eléctricas teniendo en cuenta los parámetros mostrados anteriormente, se deberá llevar a cabo una digitalización de la información. Para el caso de estudio **“ADECUACIÓN AL SISTEMA TRANSMILENIO DE LA TRONCAL AVENIDA 68”** se planteó una ficha dinámica con el fin de optimizar tiempo de digitalización de la información.

La ficha dinámica se ejecuta por medio de una macro de Excel, en la cual se puede realizar el ingreso de la información como se muestra en la Figura 39 , se mostrará el ejemplo de un registro de un poste con transformador.

Figura 39. Digitalización de la ficha de campo

REGISTRO DE INFORMACIÓN OBTENIDA EN TERRENO

¿ ELEMENTO A REGISTRAR?

CAJA SUBTERRÁNEA

OTRO ELEMENTO

Fuente: Inectel S.A.S.

Figura 40. Digitalización de la ficha de campo (poste con SZ)

MATERIAL

CONCRETO METAL MADERA N/A

RESISTENCIA(Kgf) ALTURA(m)

DADO O BASE SI NO

TEMPLETE SI NO

TELECOMUNICACIONES

TIPO DE RED

FIBRA ÓPTICA COAXIAL PAR TELEFONICO/COAXIAL

PAR TELEFONICO F.O/COAXIAL F.O/ PAR TELEFONICO N/A

RESERVA SI NO

EMPALME SI NO

POSTES

ESTADO BUENO MALO

ESTRUCTURA DE MEDIA

CALIBRE TENSIÓN(KV)

N- CIRCUITOS LONGITUD AFECTADA CRUCE DE RED

CONFIGURACION DE LA RED AEREA AEREA/SUBTERRÁNEA N/A AEREA TRENZADA

ESTRUCTURA DE BAJA TENSION Y A.P

CALIBRE TENSIÓN(V)

CONFIGURACION DE LA RED AEREA/SUBTERRÁNEA AEREA ABIERTA AEREA TRENZADA N/A

ESTADO BUENO MALO N/A

TIPO DE LUMINARIA POTENCIA

PUNTO FISICO ROTULO LUM. VEHICULAR ROTULO LUM. PEATONAL

CRUCE DE RED LONGITUD AFECTADA

Fuente: Inectel S.A.S.

En la Figura 40 se encuentra la interfaz por medio de la cual se realiza la digitalización de la ficha de campo, se realizó de este modo con el fin de minimizar errores y disminuir los tiempos del proceso ya que la información que se recoge en campo es densa.

Figura 41. Digitalización de la ficha de campo (poste con SZ)

INFORMACIÓN GENERAL
DEL REGISTRO DE FICHAS

N° DE IDENTIFICACION T45COCCD200	SENTIDO DE AV. BOYACA A AV. CALI		TRAMO 4	INICIO 0+000	FINAL 7+300	DEPARTAMENTO UBICACIÓN BOGOTÁ
NORMATIVIDAD CODENSA <input checked="" type="checkbox"/> TIGO <input type="checkbox"/> MOVISTAR <input type="checkbox"/> ETB <input type="checkbox"/>		COSTADO DE LA VÍA DERECHO <input checked="" type="checkbox"/> IZQUIERDO <input type="checkbox"/> SEPARADOR <input type="checkbox"/>			ELABORÓ PROYECTOS	REVISÓ LL/CC
CUAL ? <input type="text"/>						

NOTA:
Al finalizar no olvidar llenar el cuadro de observaciones con su respectiva información, añadir las fotos correspondientes a la ficha como las coordenadas que la identifican

MODIFICAR CAJA TELECOMUNICACIONES MODIFICAR CAJA MODIFICAR POSTE FINALIZAR

Fuente: Inectel S.A.S.

Una vez llevado a cabo el registro de las fichas digitales como se muestra en la Figura 42 y

Figura 43, se procede a realizar la digitalización de los planos los cuales serán punto base para el desarrollo del serie 1.

Figura 42. Ficha de campo totalmente diligenciada.

TIPO DE SERVICIO		POSTERÍA		MEDIA TENSIÓN		BAJA TENSIÓN	
ENERGÍA <input checked="" type="checkbox"/>	COMUNIC <input type="checkbox"/>	MATERIAL CONCRETO <input checked="" type="checkbox"/> METAL <input type="checkbox"/>	ALTIMETRIA 12	RESISTENCIA (kgf)	750	TENSIÓN (KV)	11.4
# ID	ITCEC XXX	TEMPLETE	DADO O BASE	ESTADO	CONSTRUCCIÓN DE LA RED	TIPO DE RED	1.0 (202)
COSTADO DE LA VÍA	DERE <input type="checkbox"/> CENT <input checked="" type="checkbox"/>	ALUMBRADO PÚBLICO			LA 204	LAB 11 / AZE 12	
DIRECCIÓN	TIPO DE LUMINARIA / POTENCIA (W)				410	210	
POR LÍNEA	Calle 13	N=	W=	LED	44 W	# CÍRCULOS	1
DESDE:	Av. Boyacá					ESTADO	ESTADO
HASTA:	Av. Ciudad Cali						
PUNTO FÍSICO		NÚMULO LUM. POSTERIAL	204160				
		CAJA DE INSPECCIÓN					
OPERADOR DE RED	VEHICULAR <input type="checkbox"/> SENCILLA <input type="checkbox"/> DOBLE <input type="checkbox"/> A.P. <input type="checkbox"/>					NÚMERO DE CÍRCULOS	M.T.: 1 B.T.: 1
RED COMUNICACIONES	TIPO DE RED	FIBRA <input checked="" type="checkbox"/> COAXIAL <input type="checkbox"/>		RESERVA		RESERVA	
		No					
OPERADORES		<input checked="" type="checkbox"/> LINE - EPM <input type="checkbox"/> TV AZTECA <input type="checkbox"/> UFINET <input type="checkbox"/> AVANTEL <input type="checkbox"/> MOVISTAR <input type="checkbox"/> ETS <input checked="" type="checkbox"/> TELMEX/CLARO <input type="checkbox"/> MEDINA COMMERCIE <input type="checkbox"/> GAS NATURAL (FENICSA) <input type="checkbox"/> CWC NETWORKS - LAZUS <input type="checkbox"/> SUPERCABLE <input type="checkbox"/> TV CABLE <input type="checkbox"/> FX <input type="checkbox"/> LEVEL3 <input type="checkbox"/> OTROS:		OBSERVACIONES CAJA INSPECCIÓN		OBSERVACIONES CAJA INSPECCIÓN	
		OBSERVACIONES GENERALES					
		Norma 62 - LA 504 / Plano D2 2291 / Tres acometidas - 1 abierta / 2 con cable anti-fraude hacia calle 131A No 658-21 / 85/89 / 3 carpuelas y DPS / Equipo de control para seccionador		FECHA:		ELABORADO POR:	

Fuente: Autoría propia

Figura 43. Ficha totalmente digitalizada.

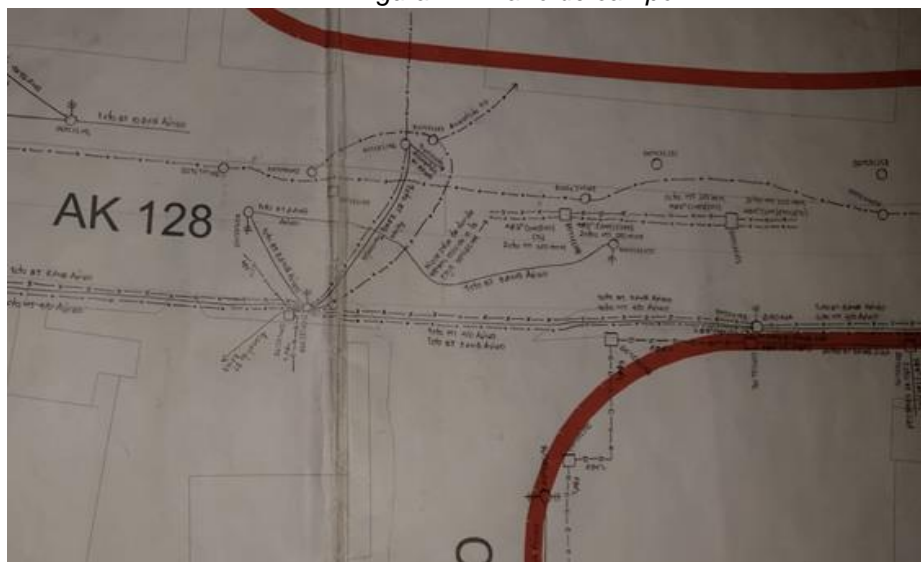
		CONTRATO No. 1475-2018	ESTUDIOS / DISEÑOS DE LA TRONCAL CENTENARIO DESDE EL LIMITE OCCIDENTE DEL DISTRITO HASTA LA TRONCAL AMERICAS CON CARRERA 90 Y DE LA AVENIDA LONGITUDINAL DE OCCIDENTE, RAMAL AVENIDA YLLAVICENCIO HASTA LA AVENIDA CALI Y RAMAL AVENIDA AMERICAS HASTA LA AVENIDA CALI, EN BOGOTÁ.						
FECHA DE ELABORACIÓN:	14/06/2018	ELABORÓ	REVISÓ	TRAMO	CENTENARIO	SENTIDO		No. DE FICHA	ITCEC XXX
DEPARTAMENTO UBICACIÓN	BOGOTÁ	PROYECTOS	FAC	INICIAL	FINAL	DE	A	FOTO PANORÁMICA	FOTO FINAL
# ID	XXX	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS)		POSTERÍA		ESTRUCTURA M.T.			
		TIPO DE SERVICIO		MATERIAL	ALTIMETRIA (m)	RESISTENCIA (kgf)	TENSIÓN (KV)	TIPO DE RED	TIPO DE LUMINARIA (W)
		ENERGÍA		CONCRETO	12	750	11.4	ABERTA	50
		COSTADO DE LA VÍA		TEMPLETE	DADO O BASE	ESTADO	LONGITUDINAL AFFECTADA	CALIBRE	POTENCIA (W)
		DERE		NO	NO	BUENO	N/A	410	210
		IZQUIERDO							
		OPERADOR DE RED		PUNTO FÍSICO	08649550		CRUCE DE LA RED	# DE CÍRCULOS	
		CODENSA					N/A	1	
RED DE COMUNICACIONES		TIPO DE CAJA		ESTADO		PUNTO FÍSICO		GESTIÓN REALIZADA CON EL OPERADOR DE RED	
TIPO DE RED	RESERVA	EMPALME	TEL-NIL115	N/A	ASDASD				
FIBRA ÓPTICA	NO	NO							
COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA		COSTADO OCCIDENTE: 1 MEDIA TENSIÓN / BAJA TENSIÓN ABIERTA. COSTADO ORIENTE: 1 MEDIA TENSIÓN OBSERVACIONES GENERALES: PLACA S2 22391 / TRES ACOMETIDAS - 1 ABIERTA / 2 CON CABLE ANTIFRAUDE HACIA CALLE 131A No 658-21 / 85/89 / 3 CARPUELAS Y UN DPS / EQUIPO DE CONTROL PARA SECCIONADOR. SE REGISTRAN LOS SIGUIENTES CABLEOPERADORES: LINE-EPM, TELMEX (CLARO).							
NORMATIVIDAD APLICABLE		NORMATIVIDAD		LA204/A504/LA31/AE217					
ESQUEMA DE RECORRIDO DE LEVANTAMIENTO:									

Fuente: Autoría propia

La digitalización de los planos se realiza por medio del programa AutoCAD, insertando los puntos GPS tomados en campo para tener una georreferenciación real de cada uno de los elementos. Estos planos son generados a partir de los planos de campo en los cuales se encuentra toda la información levantada que debe coincidir con las fichas dinámicas realizadas. Para el caso de estudio se presenta una muestra de un plano de campo (Figura XX) y un plano digitalizado (figura XX), cabe aclarar que Enel Codensa no realiza revisión de los inventarios pero se deben

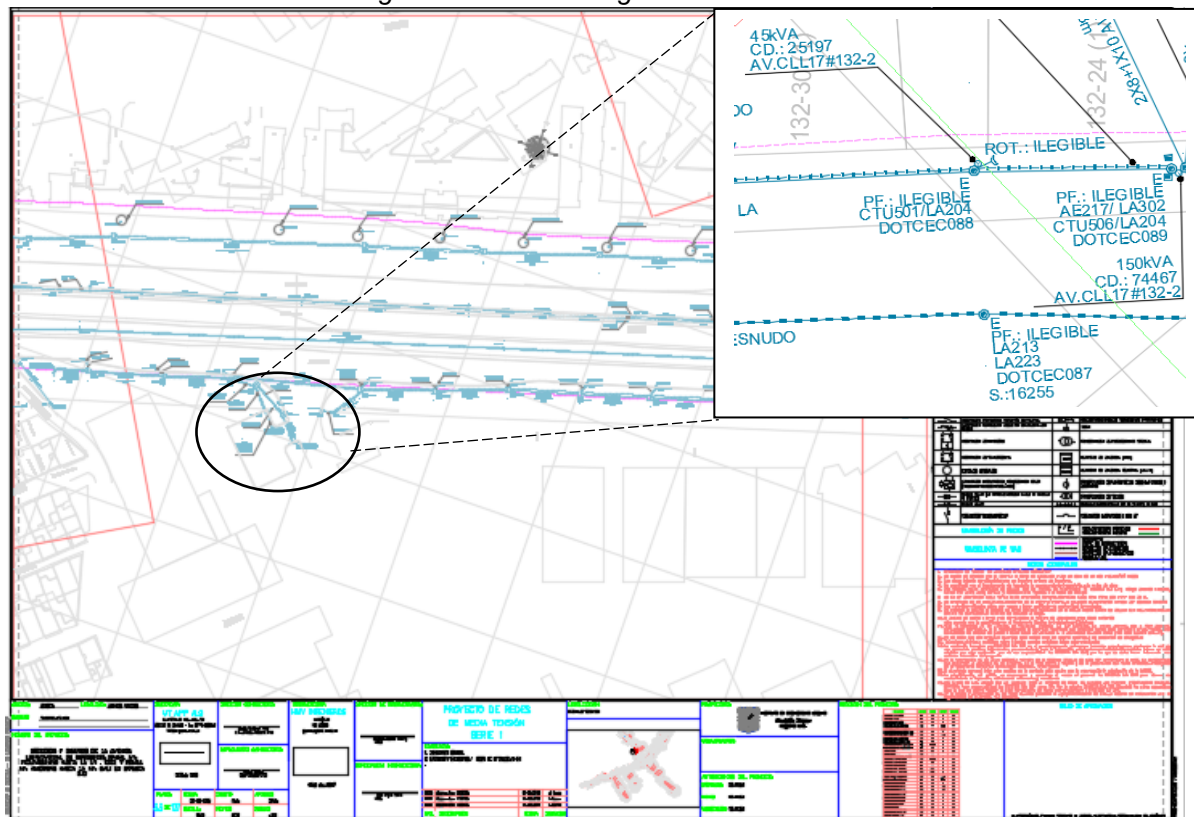
de presentar en formato de serie 1 cumpliendo con todas las exigencias y convenciones de Enel Codensa.

Figura 44. Plano de campo.



Fuente: Autoría propia

Figura 45. Plano de digitalizado.



Fuente: Autoría propia

5.2. DISEÑO SERIE 1.

En cumplimiento con los parámetros eléctricos establecidos por el marco regulatorio de Colombia, los diseños eléctricos de las redes de distribución están obligados por ley a cumplir con los criterios contenidos en el RETIE, RETILAP y CREG

Sin embargo los operadores de la infraestructura de cada región establecen especificaciones técnicas y procedimientos para la realización y presentación de los diseños de las redes de M.T.

Para la ciudad de Bogotá en la cual se desarrolla el caso de estudio planteado en este documento, el operador de la red eléctrica Enel Codensa desarrolla una guía de presentación para los diseños, en la cual se menciona los puntos básicos para su desarrollo.

Como objeto de este documento se plantea realizar una guía con criterios definidos para la presentación a nivel de estudios y diseños (serie 1) de las redes eléctricas afectadas por el proyecto de infraestructura de transporte en la adecuación al sistema Transmilenio de la troncal avenida 68.

5.2.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.

Según lo establecido en la “Guía de presentación de diseños” [20] realizada por Enel Codensa, se clasifica como diseño serie 1 a los diseños relacionados con la construcción de las redes de MT para la conexión de subestaciones en el mismo predio.

No obstante esta definición no representa el alcance del contrato celebrado entre el distrito y el consorcio consultor, ya que el diseño serie 1 abarca según los términos contractuales canalización de M.T, B.T, acometidas a predios y semaforización además de la reubicación de equipos especiales (S/E, Rc y Sz) y la conexión operacional de la troncal de Transmilenio.

Enel Codensa plantea que *todo diseño de este tipo deberá presentar por lo menos* [20] la siguiente información, ver Figura 46:

Figura 46. Parámetros de diseños de redes de M.T- SERIE 1, Enel Codensa.

DISEÑO DE REDES DE M.T - SERIE 1	
ITEM	DESCRIPCIÓN
Localización General de Redes de M.T	<p>Redes de M.T existentes (si aplica) y proyectadas desde el punto de conexión. Canalización de redes M.T existentes y proyectadas desde el punto de conexión. Ubicación de cada una de las subestaciones proyectadas.</p> <p>Estructuras indicando normas Enel-Codensa (Existentes y Proyectadas) Longitud del conductor hasta cada subestación Indicar disponibilidad de ductos. Indicar calles, carreras y puntos cardinales. Indicar claramente el punto de conexión asignado.</p> <p>Nota: Se debe garantizar la integración de la canalización y redes MT con las de alumbrado público, tanto en el diseño como en el recibo de obra.</p>
Diagrama Unifilar	<p>Esquema de interconexión de todas las subestaciones desde el punto de conexión, éste debe indicar:</p> <p>Potencia de los transformadores Celdas o cajas de maniobras, de entrada, salida y/o protección Calibre de conductores Protecciones en M.T para cada subestación Longitud del conductor hasta cada subestación Si la carga es mayor a 2MW incluir una celda de protección con interruptor, relés y seccionador de operación bajo carga a la entrada del diseño, después de la celda de salida (sector comercial y/o industrial) Número de cuentas proyectadas por transformador</p>
Cortes	Detalle de catenarias MT para garantizar distancias de seguridad.
Cuadro de Equivalencia de Conductores	Cuadro de equivalencias de conductores entre Al – Cu a utilizar en el diseño
Llamados de atención	Realizar aclaraciones que el ingeniero diseñador considere necesarias para la interpretación del plano.

Fuente: Enel Codensa GUIA PARA LA PRESENTACIÓN DE DISEÑOS [20].

Los parámetros establecidos por el operador de red pueden ser analizados y desarrollados en conveniencia a los criterios del diseñador, ya que no se cuenta con una guía explicativa de cada punto y la determinación de su alcance.

Como se ha mencionado el diseño serie 1 está obligado a cumplir lo estipulado en el RETIE.

El RETIE menciona en el capítulo dos “Requisitos técnicos esenciales” de las instalaciones eléctricas *que los requisitos son de aplicación obligatoria en todos los niveles de tensión y en todos los procesos y deben ser cumplidos según la situación particular en las instalaciones eléctricas objeto del presente reglamento* [21].

En el artículo 8 “Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas” se aclara *que el diseño debe cubrir los aspectos que le apliquen según el tipo de instalación y complejidad de la misma* [21], por lo tanto el RETIE proporciona 23 ítems los

cuales se deben evaluar uno a uno como se menciona anteriormente. La lista de la letra **a** a la **w** se presenta a continuación:

- a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.**
- b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.**
- c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.**
- d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.**
- e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.**
- f. Análisis del nivel tensión requerido.**
- g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1.**
- h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.**
- i. Cálculo del sistema de puesta a tierra.**
- j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.**
- k. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.**
- l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.**
- m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorriente. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.**
- n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electro ductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).**
- o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.**
- p. Cálculos de regulación.**
- q. Clasificación de áreas.**
- r. Elaboración de diagramas unifilares.**
- s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.**
- t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.**
- u. Establecer las distancias de seguridad requeridas.**
- v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.**

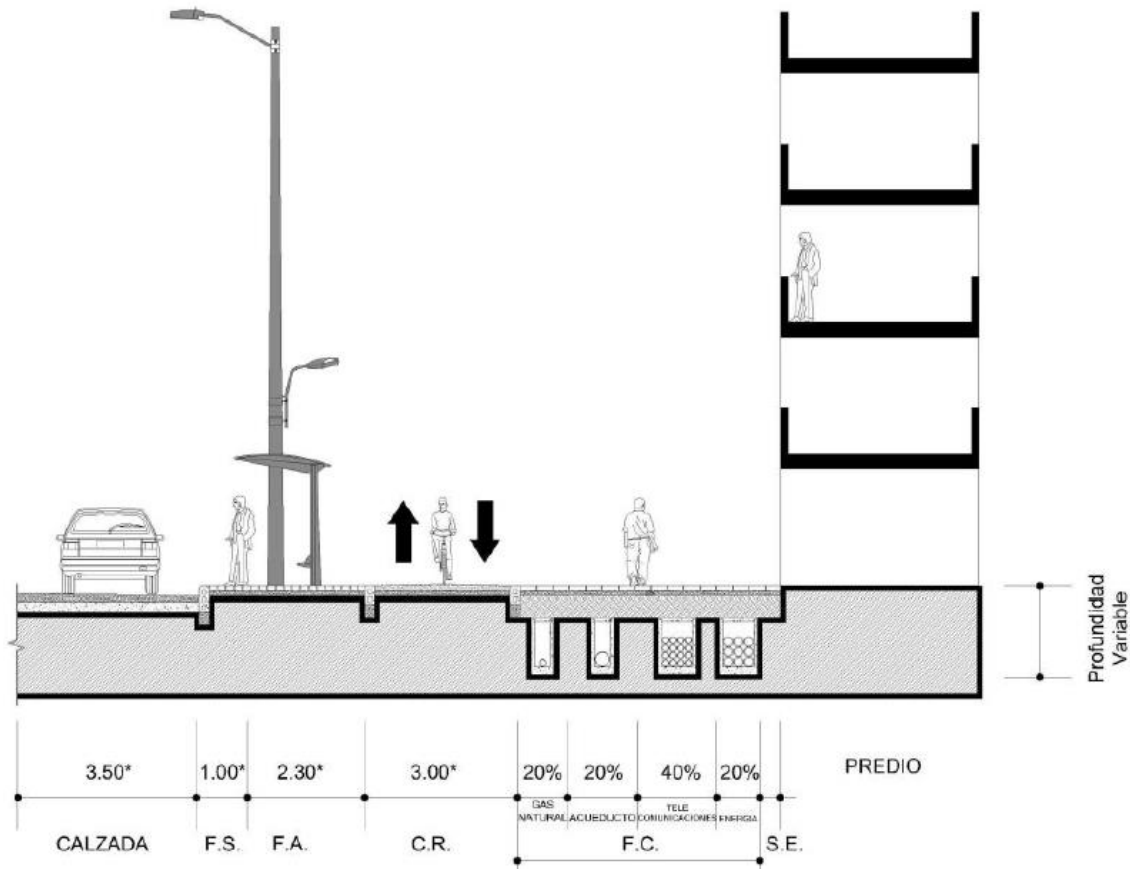
w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la descripción realizada en la guía de diseño del operador de red, solo menciona aspectos muy básicos de los requerimientos reales en los diseños de cualquier instalación eléctrica. Con el fin de evitar interpretaciones en lo determinado por las normas vigentes se debe realizar una guía descriptiva donde se proporcionen criterios al diseñador del alcance real del proyecto serie 1.

Para determinar los parámetros de diseño serie 1 es necesario tener varios insumos importantes que determinan una buena proyección de redes.

1. **Inventario de redes:** La información primaria levantada en campo es el insumo de mayor importancia, ya que las decisiones se basan en los datos obtenidos. El registro fotográfico es vital para la verificación de las redes en la etapa de diseños, además de la información contenida en la ficha técnica de campo donde se evidencian los elementos que componen la red y que serán un punto clave en el momento de los traslados y/o reubicación.
2. **Polígono de afectación:** El polígono encierra el área de influencia del proyecto y delimita la afectación de la infraestructura eléctrica de distribución, además de determinar la extensión de los traslados y/o reubicaciones de equipos y redes.
3. **Planos de infraestructura vial existente:** Los planos viales existentes son importantes para entender la topología y la estructura del circuito en MT o las conexiones de los equipos que deben ser trasladados.
4. **Planos de diseño vial:** Los planos de diseño vial determinan la longitud útil en el espacio público proyectado, lo anterior esta determinado por las entidades distritales en la cartilla de andenes. [22]
El espacio que tienen las redes secas para realizar la instalación de cajas y cámaras se determina de la siguiente manera:

Figura 47. Determinación de espacio para instalación de infraestructura de energía eléctrica



Fuente: Cartilla de Andenes, redes de servicio público y alumbrado público. [22]

También se debe tener en cuenta lo determinado por la Resolución 011 de 2013 de la Secretaría Distrital de Planeación “por la cual se adoptan las normas técnicas y urbanísticas para las redes aéreas, la postería y la subterranización de redes de los servicios públicos domiciliarios y las tecnologías de la información y las comunicaciones, ubicados en el espacio público de Bogotá, distrito Capital” [22], o la norma que la modifique, adicione o complemente en este aspecto. Por lo tanto toda proyección de redes y movimientos de equipo se debe realizar conforme lo dice la norma que su instalación sea subterránea.

En los diseños geométricos de la troncal se deben identificar rampas de acceso vehicular, infraestructura de puentes peatonales y vehiculares, cruces semafóricos y las entradas a calles perimetrales.

5. **Planos de diseño de A.P:** Los planos de diseño de alumbrado público deben estar desarrollados en su totalidad es decir contar con la aprobación de la UAESP.

- 6. Planos de redes complementarias:** Es importante que se tenga en cuenta este punto desde el principio de la proyección de la canalización y la ubicación de las cajas y/o cámaras, ya que la interferencia debido al poco espacio con el que se cuenta para la instalación de la infraestructura eléctrica incrementa la posibilidad que las redes de gas, acueducto y telecomunicaciones se crucen.

Conforme a los puntos desarrollados se concluye que los parámetros de diseño para el serie 1 se debe realizar conforme lo establece la normatividad vigente, para los aspectos técnicos; lo determinado por el operador de red para los planos de presentación y se debe tener en cuenta los insumos que se convierten en un punto clave para el desarrollo de la proyección de redes.

5.2.2. METODOLOGIA PARA DISEÑO SERIE 1.

La metodología para el desarrollo del diseño serie 1 se propone para el caso de estudio objeto de este documento.

Conforme a lo anterior se realiza la metodología para el diseño serie 1 considerando aspectos técnicos determinados en el RETIE capítulo dos y consideraciones especiales de los insumos necesarias para realizar el traslado y/o reubicación de las redes. La metodología de trabajo planteada está compuesta por los siguientes aspectos, ver Figura 48:

1. Análisis de información primaria.

Con ayuda del polígono de afectación, se debe realizar una evaluación de la infraestructura eléctrica existente que se ve afectada por el nuevo trazado vial. Es importante realizar una inspección detallada para recopilar información de los equipos afectados por el proyecto, es decir el número de identificación o CD asociado a cada uno de ellos.

La información primaria nos proporciona una vista general de las conexiones de las redes de distribución, esto con el fin de determinar que equipos se deben eliminar del diseño ya que su carga asociada está totalmente afectada, por ejemplo los centros de distribución con carga de alumbrado público, dado que la iluminación se reemplazara en su totalidad por tecnología LED.

2. Identificación de infraestructura eléctrica afectada

En la identificación se debe realizar el reconocimiento de las redes presentes en el corredor vial, es decir revisar la ubicación de las redes de M.T y sus configuraciones aéreas o subterráneas, al igual para las redes de B.T y

acometidas a predios. Identificar la cantidad de infraestructura aérea y subterránea en el sector del proyecto y los equipos de maniobra afectados.

3. Solicitud de información complementaria al operador de red.

Para complementar la información obtenida en campo se debe realizar una solicitud al operador de red, sobre el recorrido del circuito y los equipos de maniobra. Para esta petición se deben tener la ubicación y el número de los CD's afectados.

Con la información de los archivos KMZ se pueden realizar un seguimiento más preciso a la red de M.T existente además de tener la totalidad de los equipos asociados.

4. Parámetros técnicos / operacionales para la proyección de las redes.

Los parámetros técnicos operacionales son actualizados por el operador de red, ya que este realiza actualizaciones a su normatividad interna. Los siguientes son criterios de diseño para la proyección de redes:

4.1. Número y diámetro de ductos en canalizaciones: aunque está determinado por la norma CS204 que menciona la forma correcta de la selección del diámetro de los ductos y las normas CS207 a la CS217 que muestra el detalle de los ductos y su configuración. Es importante aclarar que el operador de red solicita que se realice una actualización a la norma y por lo tanto se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- 6φ6" para canalizaciones nuevas en las cuales se alojen conductores de media tensión.
Adicionalmente se proyectan ductos de 3φ3" para completar un banco de 9 ductos y estos para las redes de alumbrado público.
- 2φ3" y 1φ3" para canalización de redes de alumbrado público, en el caso que se conecte entre cajas de la red de iluminación.
- 4φ4" para canalizaciones de B.T entre cajas de inspección.
- 2φ2" para canalizaciones de acometidas a predios, esto con base a la norma AE235.
- En el caso de tener canalización existente es necesario dejar 3 ductos libres de 6".

4.2. Calibres de conductores: referente a este parámetro el operador de red realizó una actualización a sus normas (Generalidades 3.3.1) y discontinuó el calibre 120 mm² (2/0 Cu). El operador de red da como opción el calibre 90 mm² o el 185 mm² para aplicaciones en las cuales sea necesario.

- 4.3. Empalmes: solo puede existir un empalme de media tensión en una caja y/o cámara de inspección, ver norma CS335.
- 4.4. Barrajes de M.T: estos elementos de las redes subterráneas de media tensión no se pueden instalar de nuevo, es decir que para realizar derivaciones se debe utilizar las cajas de maniobra norma ET512.
- 4.5. Barrajes de B.T: estos barrajes deben ser previstos en el diseño del serie 1, debido a que su tamaño limita su instalación en cajas CS275.

5. Conexiones especiales de la troncal.

En el caso de las troncales de Transmilenio es necesario proyectar canalización para la alimentación de las taquillas, cicloparqueaderos y estaciones. Además de proyectar la alimentación del equipo de control de semaforización.

6. Proyección de redes de energía.

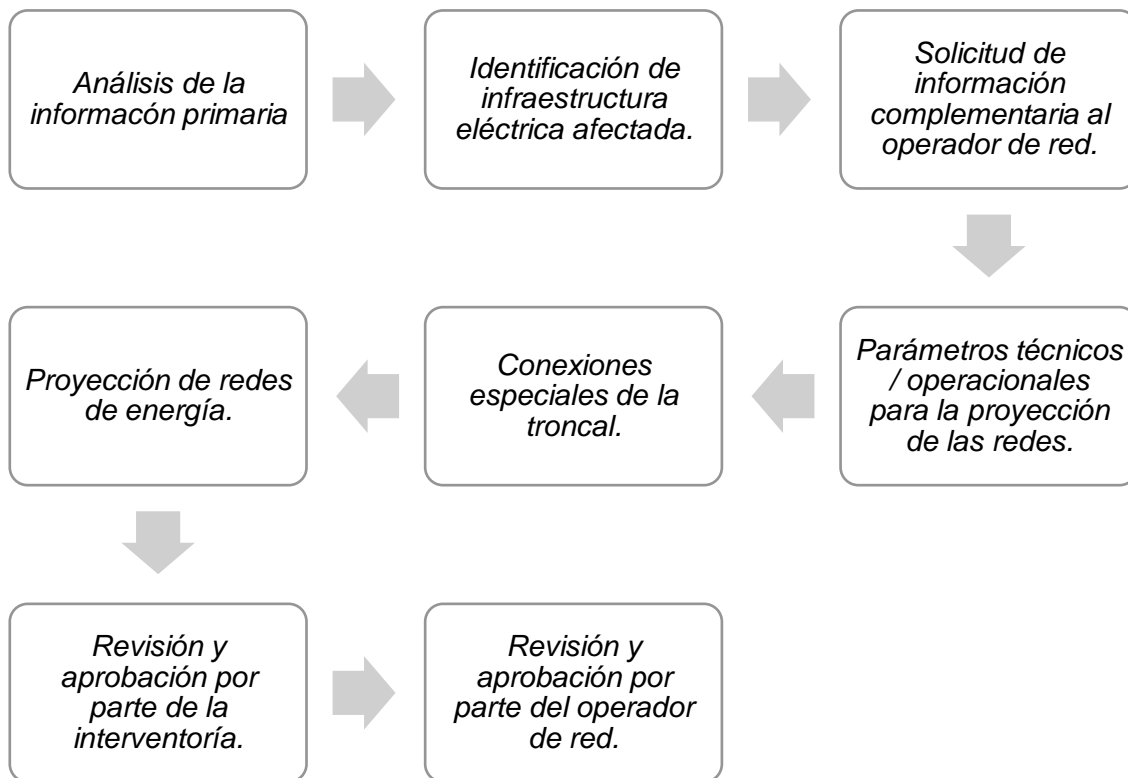
Teniendo en consideración lo descrito en los ítems anteriores se realiza la proyección de redes, sin olvidar que el serie 1 debe tener como mínimo en esta clase de proyectos canalizaciones para alumbrado público, B.T, M.T, acometidas a predios, gabinete de control de semaforización, taquillas de recaudo y estaciones de Transmilenio.

La proyección también contempla la ubicación y configuración de la infraestructura para la subterranización de los C.D's afectados por el proyecto. Se debe realizar la estimación de la malla e puesta a tierra de los equipos diseñados.

7. Revisión y aprobación por parte de la interventoría y operador de red.

La revisión del proyecto comienza una vez el diseño vial y urbanístico de la troncal se apruebe, en esta fase se tiene varias reuniones con el operador de red para discutir puntos que no están claros y no son verificables por el consultor.

Figura 48. Metodología propuesta para el diseño serie 1.



Fuente: Autoría propia.

5.2.3. REQUERIMIENTOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EL DISEÑO SERIE 1.

De acuerdo con el RETIE, la Norma técnica Colombiana NTC 2050, las resoluciones de la CREG y las normas del operador de red, se deben considerar los aspectos relevantes al diseño de instalaciones eléctricas de acuerdo a la Figura 49.

Figura 49. Documentación técnica para el diseño serie 1.

N°	DOCUMENTOS GENERALES	DISEÑO					
		PO	S1	S3	S4	S5	S6
1	Presentación del diseño	■	■	■	■	■	■
2	Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos	■	■	■	■	■	■
3	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico	■	■	■	■	■	■
4	Análisis de nivel de riesgos por rayos y medidas de protección contra rayos	■	■	■	■	■	■
5	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos	■	■	■	■	■	■
6	Análisis del nivel de tensión requerido	■	■	■	■	■	■
7	Cálculo de campos electromagnéticos	■	■	■	■	■	■
8	Cálculos de Transformadores*	■	■	■	■	■	■
9	Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra	■	■	■	■	■	■
10	Dimensionamiento de conductores a utilizar en M.T y B.T	■	■	■	■	■	■
11	Selección de protecciones MT y BT	■	■	■	■	■	■
12	Cálculo económico de los conductores	■	■	■	■	■	■
13	Cálculos de canalizaciones	■	■	■	■	■	■
14	Cálculo de pérdidas de energía	■	■	■	■	■	■
15	Cálculo de regulación	■	■	■	■	■	■
16	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos (Cuando aplique)	■	■	■	■	■	■
17	Coordinación de Protecciones de Fase y Tierra bajo los parámetros de la Norma IEEE Std 242 de 2001 o IEC 60909 de 2001	■	■	■	■	■	■
18	Clasificación de áreas (Sector Industrial)	■	■	■	■	■	■
19	Cálculo y especificación técnica de los Barrajes (Sección mm ²)	■	■	■	■	■	■
20	Cálculo y especificación técnica de los equipos de medida	■	■	■	■	■	■
21	Cálculo y especificación técnica de las Bombas contra incendios (Cuando aplique)	■	■	■	■	■	■
22	Cálculo y especificación técnica de los Sistemas de emergencia (Cuando aplique)	■	■	■	■	■	■
23	Cálculo y especificación técnica de las Electrobarras (Cuando aplique)	■	■	■	■	■	■

Fuente: Enel Codensa GUIA PARA LA PRESENTACIÓN DE DISEÑOS [20].

Conforme lo muestra la Figura 49 el diseño serie 1 debe cumplir con los ítems que se encuentran sombreados de forma obligatoria.

A continuación se desarrolla cada numeral explicando cuales son los criterios que deben tener en cuenta para realizar un diseño serie 1:

a. Presentación del diseño.

En la presentación del diseño se deben referenciar los datos más relevantes del proyecto, dando una breve descripción de que es y porque se va a construir, no es necesario copiar el objeto contractual debe ser resumido y conciso.

Los datos que deben estar en la presentación son la ubicación, longitud, división contractual si aplica, duración del contrato con sus fechas de inicio y los datos del diseñador. Un ejemplo de lo anterior se expone en la Figura 50, donde en una tabla se resume la mayor parte de la información del proyecto.

Figura 50. Ejemplo de la presentación del proyecto.

NÚMERO DEL CONTRATO	CONTRATO IDU No. 1345 DE 2017				
NOMBRE DEL PROYECTO	FACTIBILIDAD, ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA ADECUACIÓN AL SISTEMA TRANSMILENIO DE LA TRONCAL AVENIDA CONGRESO EUCARÍSTICO (CARRERA 68) DESDE LA CARRERA 7 HASTA LA AUTOPISTA SUR Y DE LOS EQUIPAMIENTOS URBANOS COMPLEMENTARIOS, EN BOGOTÁ, D.C.				
DURACIÓN	10 MESES				
FECHA DE ACTA DE INICIO	08 DE NOVIEMBRE DE 2017				
ETAPA CONTRACTUAL	ESTUDIOS Y DISEÑOS				
PROPIETARIO	INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (IDU)				
CIUDAD	BOGOTÁ D.C				
DISEÑADOR	GERARDO RAMOS MORALES				
MATRICULA PROFESIONAL	CN205-51259				
INFORMACIÓN TÉCNICA					
DIVISIÓN DEL PROYECTO	SUBTRAMO	UBICACIÓN	LONGITUD	NÚMERO DE FACTIBILIDAD	FECHA DE EMISIÓN DE FATIBILIDAD
TRAMO 1	TRAMO 1A	0+000 - 3+400	7km	46551772	29 DE JUNIO DE 2018
	TRAMO 1B	3+400 - 7+000		46551793	
TRAMO 2	-	7+000 - 9+700	3,1 km	46551805	
TRAMO 3	-	9+700 - 12+900	2,9 km	46551832	
TRAMO 4	-	12+900 - 16+400	4km	46583528	

Fuente: Autoría propia.

En la presentación del proyecto es necesario incluir imágenes que describan la localización del mismo, con el fin de ubicar a los revisores en los diferentes sectores del proyecto.

También se debe anexar una tabla descriptiva de los perfiles viales que se encuentran el tramo a analizar, esto debido a que el revisor debe evaluar la profundidad de los cruces y las interferencias con los demás servicios públicos en las esquinas.

Con el fin de contextualizarla zona de influencia del proyecto, se debe mostrar el listado de los circuitos afectados relacionando su nombre, la tensión de servicio y la subestación de alimentación. Como se puede observar en la *Figura 51* que muestra como ejemplo el caso de estudio objeto de este documento.

Figura 51. Ejemplo de listado de circuitos afectados por el proyecto.

NÚMERO	CIRCUITO DE MEDIA TESIÓN		SUBESTACIÓN DE ALIMENTACIÓN		SUBTRAMO
	NOMBRE	TENSIÓN NOMINAL	NOMBRE	NIVEL DE TESIÓN	
1	SEVILLANA	11,4 kV	Muzu	115kV / 11,4 kV	TR1A
2	DELICIAS	11,4 Kv	Muzu	115kV / 11,4 kV	TR1A
3	CARVAJAL	11,4 kV	Muzu	115kV / 11,4 kV	TR1A
4	AUTOP_SUR	11,4 kV	Muzu	115kV / 11,4 kV	TR1A
5	VL_SONIA	11,4 kV	Muzu	115kV / 11,4 kV	TR1A
6	ST_MATILDE	11,4 kV	Veraguas	115kV / 11,4 kV	TR1A
7	TEJAR	11,4 kV	Veraguas	115kV / 11,4 kV	TR1A
8	ALQUERIA	11,4 kV	Muzu	115kV / 11,4 kV	TR1A
9	PL_AMERICA	11,4 kV	Muzu	115kV / 11,4 kV	TR1A
10	MILENTA	11,4 kV	Veraguas	115kV / 11,4 kV	TR1A
11	PIZANO	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
12	P_MARSELLA	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
13	CIPLAS	34,5kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
14	PTE_ARANDA	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
15	NAL_CHOCO	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
16	ELECTROMAN	34,5kV	Gorgonzola	115kV / 11,4 kV	TR1B
17	PRADERA_BC	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
18	ALPINA	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
19	VENECIA	11,4 kV	Muzu	115kV / 11,4 kV	TR1A
20	CAMELIA	11,4 kV	Veraguas	115kV / 11,4 kV	TR1A
21	FIBREXA	34,5kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
22	LEY	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
23	HORIZONTE	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1A/TR1B
24	COLSANITAS	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
25	JOHNS	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1B
26	GUTEMBERTO	11,4 kV	La Paz	115kV / 11,4 kV	TR1A/TR1B

Fuente: Autoría propia.

Para concluir en la presentación del diseño, se debe realizar un resumen descriptivo de los equipos que se ven afectados o bien por que sean reemplazados por subestaciones semisumergible en cumplimiento con lo estipulado por la Resolución 011 de 2013 de la Secretaría Distrital de Planeación o porque el equipo será eliminado o trasladado.

Este resumen ejecutivo debe valerse de la evidencia fotográfica obtenida en el levantamiento de campo, en caso de la troncal debe contener además del estado de los CD's, listas con la descripción del punto de conexión de cada una de las cargas especiales (taquillas de recaudo, cicloparqueaderos, estaciones de Transmilenio y alimentación de los gabinetes de control de semaforización).

b. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

Para el análisis de los cuadros de carga iniciales y futuros se debe contar con la información anterior, es decir, con los datos de los transformadores que van a ser subterranizadas o en algunos casos eliminados.

La proyección de las subestaciones se debe realizar teniendo en cuenta las cargas eliminadas por la compra de predios para el desarrollo del proyecto

de infraestructura de transporte o por el valor de la regulación de la acometida en baja tensión.

Es necesario realizar un estudio de cargas proyectadas para obtener el valor real de las cuentas asociadas a la nueva subestación, este trabajo debe hacerse en referencia a la información del vínculo cliente red proporcionado por el operador de red y el inventario de acometidas realizado por el consultor.

El vínculo cliente red no es información primaria y debe ser corroborado por en el levantamiento de campo. Esta información tiene el valor aproximado de la carga por cliente, el número de cuenta y la dirección del predio.

Para los transformadores que serán retirados del proyecto es necesario que se realicen pruebas de cargabilidad, para confirmar que la carga asociada que se tiene el transformador es la demandada y no tiene cargas adicionales de otros servicios.

La *Figura 52* muestra un ejemplo para la construcción de la tabla resumen en la cual se relacionan las variables descritas anteriormente, para el caso de estudio de la troncal de Transmilenio por la avenida 68.

Figura 52. Ejemplo de cuadro para Cargas iniciales y futuras.

NÚMERO DE S/E PROYECTADA	CD	POTENCIA EXISTENTE (kVA)	POTENCIA PROYECTADA (kVA)	UBICACIÓN S/E EXISTENTE	UBICACIÓN S/E PROYECTADA	NÚMERO DE CLIENTE EXISTENTE	NÚMERO DE CLIENTE PROYECTADO	NOMBRE DE CIRCUITO	TIPO DE CARGA EXISTENTE	TIPO DE CARGA PROYECTADA	TIPO DE PROYECTO	
											S3	S6
-	32182	75	-	Kr 53 No 44Sur-25	-	8	-	VENECIA	Comercial / Residencial	-	PROPIEDAD EXCLUSIVA EN TRAMITES CON EL PROPIETARIO	-
1	30055	150	150	KR 68 CL 38A SUR ESQ	KR 68 CLL 38 SUR 52C-88 ESQ	128	103	ALQUERIA	Comercial / Industrial / Residencial	Comercial / Industrial / Residencial	X	-
2	695	112.5	150	NVA AK 68 32 SUR 06	KR 68 31 - 16 SUR	64	66	ST_MATILDE	Comercial / Residencial	Comercial / Residencial	X	-
3	750	75	75	NVA CL 27 SUR 54 38	NVA CL 27 SUR 54 38	1	1	ST_MATILDE	Alumbrado público	Alumbrado público	X	X
4	3181	150	150	DG 19 SUR 63 32	DG 19 SUR 63 32	109	90	MILENTA	Comercial / Industrial / Residencial	Comercial / Industrial / Residencial	X	-
5	3183	150	150	NVA CL 17 SUR 63 21	NVA CL 17 SUR 63 21	119	100	MILENTA	Comercial / Industrial / Residencial	Comercial / Industrial / Residencial	X	-
6	NUEVO	-	75	-	CLL 14 SUR 63-70 ESQUINA	1	1	MILENTA	-	Alumbrado público	X	X
7	3195	150	150	KR 68BIS 9A 03 SUR	KR 68BIS 9A 03 SUR	54	62	MILENTA	Comercial / Residencial	Comercial / Residencial	X	-
8	3196	112.5	150	NVA KR 68BIS 10 SUR 31	NVA KR 68BIS 10 SUR 31	51	56	MILENTA	Comercial / Residencial	Comercial / Residencial	X	-
9	1088	150	150	TV 65A No 1 25	TV 65A No 1 25	167	170	CAMELIA	Comercial / Residencial	Comercial / Residencial	X	-
10	511	75	150	NVA AK68 3 10	NVA AK68 3 10	11	11	GUTEMBERTO	Comercial / Residencial	Comercial / Residencial	X	-

Fuente: Autoría propia.

Para incluir un análisis de factor de potencia y armónicos se debe realizar un estudio de calidad de energía, o solicitar al operador de red el modelamiento de la carga en el sector analizar para realizar simulaciones. En los proyectos gran tamaño no es viable realizar este tipo de estudios.

c. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

El análisis de coordinación no aplica para este tipo de proyecto.

d. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

El análisis de cortocircuito y falla a tierra no aplica para este tipo de proyecto.

e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

En el análisis de riesgos eléctricos para la presentación del serie 1, se resumen en realizar el artículo 9,2 del RETIE [21]. Este análisis se realiza con el fin de crear conciencia sobre los riesgos eléctricos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad, se espera que el personal calificado la apliquen en función de las características de una actividad , un proceso o una situación en donde se presente el riesgo.

Como ejemplo se presenta el análisis de riesgo eléctrico realizado al caso de estudio objeto del presente trabajo de grado.

De acuerdo con el artículo 9.2 del RETIE [21], se aplica la matriz de riesgos propuestas en la *Figura 53* y *Figura 54* siguiendo la metodología propuesta para cada tipo de riesgo e el artículo 9.2, con el fin de evaluar el nivel de riesgo de tipo eléctrico.

Figura 53. Matriz para el análisis de riesgos eléctricos.

Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

RIESGO A EVALUAR:	por				(al) o (en)					
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)					
	POTENCIAL <input type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA					
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en Infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____

Fuente: Artículo 9.2 del RETIE [21]

Figura 54. Decisiones y acciones para controlar el riesgo.

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.



Fuente: Artículo 9.4 del RETIE [21]

- Metodología

- a. Definir el factor de riesgo que se quiere evaluar o categorizar.
- b. Definir si el riesgo es potencial o real.
- c. Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
- d. Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.
- e. Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.
- f. Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- g. Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la Figura 54.

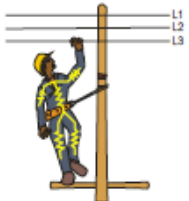


De acuerdo al artículo 9.3 de RETIE [21] ante la posibilidad de controlar todos los riesgos de forma permanente se seleccionan algunos factores que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes.





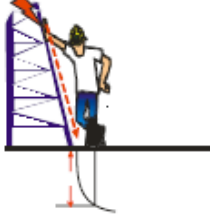
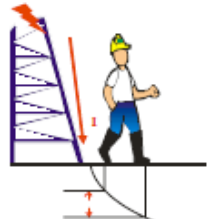
Figura 55. Factores de riesgo que causan la mayor cantidad de accidentes.

	<p>RIESGO: ARCOS ELÉCTRICOS.</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p>RIESGO: AUSENCIA DE ELECTRICIDAD.</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>

Fuente: Artículo 9.3 del RETIE [21]




Figura 56. Factores de riesgo eléctrico más comunes.

	<p>RIESGO: CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión.</p>
	<p>RIESGO: CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
	<p>RIESGO: CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>

	<p>RIESGO: ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
	<p>RIESGO: EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
	<p>RIESGO: RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>
	<p>RIESGO: SOBRECARGA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles, dimensionamiento adecuado de conductores y equipos.</p>
	<p>RIESGO: TENSIÓN DE CONTACTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p>RIESGO: TENSIÓN DE PASO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>

Fuente: Artículo 9.3 del RETIE [21]

De acuerdo con el Artículo 9°. Análisis de Riesgos de Origen Eléctrico del RETIE [21], se deben considerar los criterios establecidos en las normas sobre la portabilidad de la energía eléctrica para seres humanos tomados de la gráfica de la norma NTC 4120, con referente a la IEC 60479-2, que detalla las zonas de los efectos de la corriente alterna de 15 Hz a 100.

RIESGO A EVALUAR: riegos eléctricos		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO		AL O EN FUENTE			
ARCO ELECTRICO		QUEMADURAS O ELECTROCUCION			ARCO ELECTRICO		TRABAJO DE CONEXIÓN Y PRUEBAS			
POTENCIAL__X__		REAL____			FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes	
										
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO		ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO			MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004









Fecha: 06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO		AL O EN FUENTE			
AUSENCIA DE TENSION		PERDIDAS ECONOMICAS			AUSENCIA DE TENSION		CONDUCTORES, EQUIPOS Y/O REDES			
		POTENCIAL __X__ REAL ____			FRECUCENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO 	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO 	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO 	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO 	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004









Fecha:06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO	AL O EN FUENTE				
CONTACTO INDIRECTO		QUEMADURAS O ELECTROCUCION			CONTACTO INDIRECTO	RED PRIMARIA U SECUNDARIA				
POTENCIAL __X__		REAL ____			FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes	
										
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	 ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	 MEDIO	 MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	 BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004

Fecha:06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO	AL O EN FUENTE				
CONTACTO INDIRECTO		QUEMADURAS O ELECTROCUCION			CONTACTO INDIRECTO	RED PRIMARIA U SECUNDARIA				
POTENCIAL __X__		REAL ____			FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes	
										
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	 ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	 MEDIO	 MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	 BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004








Fecha:06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO		AL O EN FUENTE			
CORTACIRCUITOS		QUEMADURAS			CORTACIRCUITOS		RED SECUNDARIA			
POTENCIAL __X__ REAL ____					FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Suced e varias veces al año	Sucede varias veces al mes
										
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	 ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO		MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	 BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004






Fecha:06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO		AL O EN FUENTE			
RAYOS		QUEMADURAS			RAYOS					
POTENCIAL__X__		REAL____			FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes	
										
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	 ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO		MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	 M	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004

Fecha:06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO		AL O EN FUENTE			
SOBRECARGA		INCENDIO			SOBRECARGA		RED SECUNDARIA			
		POTENCIAL__X__ REAL____			FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes	
										
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	 MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO		MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	 MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO		BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004



Fecha:06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO		AL O EN FUENTE			
TENSION DE CONTACTO		ELECTROCUCION			TENSION DE CONTACTO		CONDUCTORES Y EQUIPOS			
POTENCIAL __X__ REAL ____					FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes	
										
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	 ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	 MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	 BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004

Fecha:06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO		AL O EN FUENTE			
TENSION DE PASO		ELECTROCUCION			TENSION DE PASO		CONDUCTORES Y EQUIPOS			
		POTENCIAL __X__ REAL ____			FRECUCENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA						
					No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	 ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	 MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO 	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004



Fecha:06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO	AL O EN FUENTE				
EQUIPO DEFECTUOSO		ELECTROCUCION			EQUIPO DEFECTUOSO	MANIPULACION DE EQUIPOS				
POTENCIAL __X__		REAL ____				FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004

Fecha:06/12/2018

RIESGO A EVALUAR:		EVENTO O EFECTO			POR FACTOR DE RIESGO		AL O EN FUENTE			
ELCTRICIDAD ESTATICA					ELECTRICIDAD ESTATICA		CONDUCTORES Y EQUIPOS			
POTENCIAL __X__ REAL ____					FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONOMICAS	AMBIENTALES	IMAGEN EMPRESA	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año	Sucede varias veces al mes	
										
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional	Contaminación Irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores Salida de subestación	Contaminación Mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (+ 1 día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación Localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes Interrupción Breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rend. laboral)	Daños Leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
										

EVALUADOR: G.R.M

MP: CN-205-3004

Fecha:06/12/2018

Tabla 18. Ejemplo de tabla para el análisis de riesgos eléctricos.

NUMERO	FACTOR DE RIESGO ELECTRICOS	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES Y ACCIONES PARA CONTROLAR EL RIESGO
1	Arco eléctricos	MEDIO	Respetar las distancias de seguridad. Asegurar materiales aislantes de equipos e instalaciones, siguiendo la normatividad actual.
2	Ausencia de tensión	MEDIO	Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de las instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético
3	Contacto directo	ALTO	Asegurar advertencias ante posibles riesgo eléctrico Restricción de acceso a personal no capacitado Realizar mediciones de aseguramiento de correcto uso de equipos
4	Contacto indirecto	ALTO	Asegurar advertencias ante posibles riesgo eléctrico Restricción de acceso a personal no capacitado Realizar mediciones de aseguramiento de correcto uso de equipos
5	cortocircuito	ALTO	Asegurar equipos de disparo ante cortocircuito
6	Rayos	ALTO	Asegurar un sistema de apantallamiento y asegurar condiciones en el lugar
7	Sobrecarga	MEDIO	Utilizar protecciones de sobre corriente, realizar un correcto dimensionamiento de fusibles.
8	Tensión de contacto	ALTO	Asegurar sistema de puesta a tierra con baja resistencia, restricción de accesos, avisos de advertencia.
9	Tensión de paso	ALTO	Asegurar el sistema de puesta a tierra, avisos y marcación a equipos.
10	Equipo defectuoso	MEDIO	Mantenimiento preventivo y correctivo a equipos.
11	Electricidad estática	BAJO	Mantenimiento preventivo y correctivo a equipos. Asegurar el sistema de puesta a tierra.


Fuente: Autoría propia.

f. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos

En este análisis se presenta el nivel de riesgo impactos de rayos y las medidas de protección, este ítem se justifica con ayuda de simuladores que utilizan las normas de vigentes para realizar el cálculo. A continuación se presenta el análisis para el caso de estudio desarrollado en el trabajo de grado.

De acuerdo con las condiciones presentes en el proyecto, las redes de distribución, junto con los diferentes CD`S que se encuentran dentro del área de afectación del proyecto serán subterráneas. Para TRAMO UNO A (TR1A), durante todo el recorrido, los puntos en donde se hace afloramiento, se encuentran rodeados de edificios y árboles que brindan un apantallamiento natural reduciendo así el número de descargas directas sobre la red de distribución, sin embargo se realiza un cálculo considerando los equipos que se trasladan y utilizando el programa IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR, en la *Figura 57* se muestran los parámetros utilizados en el programa y en la *Figura 58* el resultado emitido por el software.

Figura 57. Ejemplo de los parámetros para el cálculo del nivel de riesgo en poste de 14m, existente en la proyección de redes para el caso de estudio.


 Cálculo del índice de riesgo

Ed.	Nombre del edificio	Largo	Ancho	Alto	PDC-Malla
1	IDU 1345 DE 2017	3,50	0,50	12,00	P

Edificio número: 1 de 1
Nombre del edificio: IDU 1345 DE 2017

DIMENSIONES		PÉRDIDAS		LÍNEAS DE SERVICIOS		
Empresa	Longitud (L) 3,50 m.	Tipo 1. Pérdidas de vidas humanas		Suministro eléctrico		
Proyecto	Anchura (W) 0,50 m.	Por incendios	A. No ocupadas.	Situación del cable	A. Aéreo.	
Datos generales	Altura tejado (H) 12,00 m.	Por riesgo de pánico	A. Sin riesgo.	Tipo de cable	A. Apantallado.	
	Altura prominencia (Hp) 12,00 m.	Consecuencia de los daños	A. Sin consecuencias.	Transformador MT/BT	A. Transformador.	
Cálculo de riesgo	Superficie exposición (Ad) 4,361,25 m ²	Por sobretensiones	B. Equipos eléctricos de seg.	Otros servicios aéreos		
Ubicación de edificios	CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA		Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales		Número de servicios	5
	Tipo de cubierta	B. Hormigón.	Pérdida de servicios	B. Pérdida de servicios.	Tipo de cable	A. Apantallado.
	Tipo de estructura	B. Hormigón.	Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural		Otros servicios enterrados	
Ubicación de pararrayos	Riesgo de incendio	B. Común.	Pérdida de patrimonio	A. No aplica.	Número de servicios	0
Protección externa	Tipo de cableado interno	B. Apantallado.	Tipo 4. Pérdidas económicas		Tipo de cable	B. No apantallado.
Protección interna	INFLUENCIAS AMBIENTALES		Riesgos especiales	A. Sin consecuencias.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES	
Memoria	Situación	A. Altura menor que los demás.	Por incendios	A. Valor común.	Clase SPCR	E. Sin protección.
Solicite presupuesto	Factor ambiental	A. Edificios altos en ciudad.	Por sobretensiones	A. No aplica.	Protección sobretensiones	A. Sin protección.
	Días de tormenta	24 Días / año	Por tensión paso/contacto	A. Sin riesgo de shock.		
Guía de diseño	Densidad anual impactos	2,40 Impactos / km ²	Riesgo tolerable de pérdidas	B. 1 en 100 años.		
	Tipo de terreno	B. Roca blanda.				

Fuente: Autoría propia.

Figura 58. Ejemplo de los resultados obtenidos para poste de 14m- Programa IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR, en el caso de estudio.

Calculo del índice de riesgo

Edificio número: 1 de 1

Nombre del edificio: IDU 1345 DE 2017

Ed.	Nombre del edificio	Largo	Ancho	Alto	PDC-Malla
1	IDU 1345 DE 2017	3,50	0,50	12,00	P

DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN SEGÚN LA NORMA UNE-EN 62305-2

Ed.	Nombre	Superficie de captura	Riesgo de pérdida vidas humanas	Riesgo de pérdida de servicios públicos	Riesgo de pérdida de patrimonio	Riesgo de pérdidas económicas	Necesidad instalación SEPCR*	Nivel de protección	Necesidad instalación SIPCR**	Tipo SIPCR
1	IDU 1345 DE 2017	4.361,25	9,95E-06	5,78E-04	0,00E+00	4,69E-05	No necesaria		No necesaria	

ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PROTECCIÓN

La protección se realizará mediante PDC Malla

* SEPCR = Sistema Externo de Protección Contra el Rayo
** SIPCR = Sistema Interno de Protección Contra el Rayo

Edificio: 1 IDU 1345 DE 2017

La instalación de un sistema externo e interno no es necesaria según la IEC 62305-2, pero es recomendable. Para continuar es necesario:

En el apartado 'Proyecto':

- Indicar la dirección del lugar a proteger.
- Indicar la población del lugar a proteger.

Español
English

Fuente: Autoría propia.

El escenario planteado contempla postes en H de 14m, en donde existen edificaciones de mayor altura sin considerar elementos de protección contra descargas. Sin embargo al momento de realizar la simulación con el programa mencionado se concluye que no es necesario instalación de un sistema de protección contra rayos.

A lo largo del proyecto se realizará protección por medio de la instalación de DPS polimérico óxido de zinc 12kV-10kA en los puntos donde se realiza subterranización y/o afloramientos de redes de media tensión.

g. Análisis del nivel tensión requerido.

Para el desarrollo de este numeral se tiene en cuenta El Parágrafo 1 del Artículo 13 de la Resolución CREG 097 de 2008 con la cual se aprobó la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los Sistemas de Transmisión Regional y Distribución Local, señala que los operadores de red deben disponer de un estudio técnico, que considere entre otros aspectos: pérdidas, regulación y calidad de su sistema que permita determinar, según la capacidad de conexión solicitada por un usuario, el nivel de tensión al cual debería conectarse, sujeto a que exista capacidad disponible en el punto de conexión solicitado.

Uno de los principios regulatorios más importantes dentro del sector eléctrico es el de libre acceso a las redes. En desarrollo de este principio, Enel Codensa como operador de red, tiene la responsabilidad de asignar un punto de conexión que permita al cliente contar con un suministro energético eficiente acorde a sus necesidades de carga y características de operación del Sistema Eléctrico.

Los sistemas de Transmisión Regional y/o Distribución Local se clasifican por niveles, en función de la tensión nominal de operación, según la siguiente definición:

- Nivel 4: Sistemas con tensión mayor o igual a 57.5 kV y menor a 220 kV.
- Nivel 3: Sistemas con tensión mayor o igual a 30 kV y menor a 57.5 kV.
- Nivel 2: Sistemas con tensión mayor o igual a 1 kV y menor a 30 kV.
- Nivel 1: Sistemas con tensión menor a 1 kV.

Los niveles de tensión requeridos serán de nivel 1 y 2, teniendo en cuenta que se realizará la conexión a una red de media tensión de 11,4 kV. Todos los equipos y transformadores del sistema a conectar operan a un nivel de tensión:

- Para media tensión: 11400 / 34500 V – 60Hz
- Para baja tensión: 208 / 120 V para usuarios nivel tensión 1.
- Para alumbrado Público: 208 V - 60 Hz para circuitos de alumbrado público existentes y 380 / 220V para alumbrado nuevo.

h. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1.

El análisis de coordinación no aplica para este tipo de proyecto.

i. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

Para el cálculo de transformadores, el operador de red explica que en el diseño serie 1 se requiere realizar una estimación inicial de las subestaciones proyectadas.

Sin embargo, esta paso se realizó en el literal b, ver *Figura 52*. En el análisis de cargas futuras se tuvo en cuenta el número de cliente y una carga

aproximada para saber el valor de la potencia del transformador proyectado en diseño.

j. Cálculo del sistema de puesta a tierra.

En la Figura 49 el operador de red omite el cálculo de la malla de puesta a tierra en la entrega de documentación técnica para el diseño serie 1.

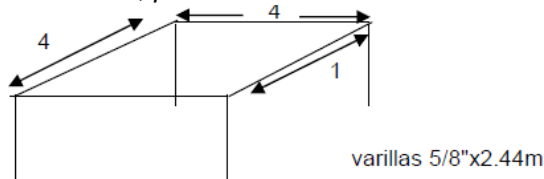
Sin embargo, en mesas de trabajo con los representantes de Enel Codensa se ha llegado a la conclusión de realizar el cálculo, ya que los planos del diseño serie 1 son la principal guía para el constructor y en él debe aparecer el esquema de la malla de puesta a tierra para su construcción.

Para determinar el valor de la malla de puesta a tierra, es necesario la medición de la resistividad del terreno, debido a que este es un valor de entrada para el cálculo. Las mediciones se realizan conforme se presentan en la norma LA400 con equipos certificados.

Para el caso de estudio propuesto, las cajas de maniobras dispuestas en el diseño serie 1 de TRAMO UNO, se realizó el diseño del sistema de puesta a tierra. Los detalles y cálculos de puesta a tierra para los transformadores presentes en el TRAMO UNO A (TR1A) se presentaran en su respectivo proyecto serie 3.

En la Figura 60 se muestra el resultado del cálculo de la malla de puesta a tierra de uno de los equipos de maniobra. Este cálculo se realizó con base en la metodología IEEE80 2000, la configuración de la malla de puesta a tierra se presenta en la Figura 59.

Figura 59. Ejemplo de la configuración de la malla de puesta a tierra del equipo de maniobra, para el caso de estudio.



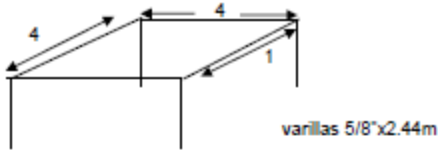
D=	1	Lado de la cuadrícula o espaciamento entre conductores(m)
L1=	4	Largo de la malla (m)
L2=	4	Ancho de la malla (m)
h=	0,8	profundidad de enterramiento de los conductores (m)
N=	4	Numero de electrodos tipo varilla
Lv=	2,44	Longitud del electrodo tipo varilla (m)

Fuente: Autoría propia.

Figura 60. Ejemplo del cálculo de la malla de puesta a tierra, para el caso de estudio.

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA	
PROYECTO:	CONTRATO IDU 1345 DE 2017
EQUIPO:	CD 30055 - KR 68 CL 38A SUR ESQ
METODOLOGIA	IEEE80 - 2000
Se utilizan para los cálculos las ecuaciones de la estándar IEEE80-2000, enunciadas en la parte derecha de la hoja.	
PARAMETROS	
ρ	15,12 Resistividad aparente del terreno Ohm/m.
ρ_s	5000 Resistividad superficial del terreno Ohm/m
n_s	0,15 Espesor de capa superficial (m)
I_o	1573 Corriente de falla mon. a tierra en el primario (A) al 60%
t_s	0,15 Tiempo de despeje de la falla (s)
SELECCIÓN DEL CONDUCTOR	
De acuerdo al RETIE y la tabla 250-94 de la norma NTC-2050	
$A_{min} = \frac{K_f \sqrt{I_o t_s}}{1,9737}$	
En donde:	
A_{min} es la sección del conductor en mm ² .	
I_o es la corriente de falla a tierra, suministrada por el OR (rms en kA).	
K_f es la constante de la Tabla 25, para diferentes materiales y varios valores de T_m .	
T_m es la temperatura de fusión o el límite de temperatura del conductor y una temperatura ambiente de 40 °C.	
t_s es el tiempo de despeje de la falla a tierra.	
Kf=11,78	A= 3,64 mm2
Se escoge cable cobre N° 2/0	AWG
Ac= 67,44 mm2	Sección transversal del conductor
d= 0,1 m	Diámetro conductor
TENSIONES DE PASO Y CONTACTO MAXIMAS TOLERABLES	
$C_s = 1 - \frac{0,09 * \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 * h_s + 0,09} \quad (27)$	
Cs= 0,770	Factor de Relación (adimensional)
Peso de la persona Kg	50
Tensión de paso	0,116
$E_{step50} = (1000 + 6C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \quad E_{step70} = (1000 + 6C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (30)$	
Tensión de contacto	
$E_{step50} = (1000 + 1,5C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \quad E_{step70} = (1000 + 1,5C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (33)$	
Cs = 1	Para terrenos sin grava
Vpaso =	7217,57 V
Vcontacto =	2029,02 V
	Tolerables
	Tolerables

DETERMINACION CONFIGURACION INICIAL



D=	1	Lado de la cuadrícula o espaciamiento entre conductores(m)
L1=	4	Largo de la malla (m)
L2=	4	Ancho de la malla (m)
h=	0,8	profundidad de enterramiento de los conductores (m)
N=	4	Numero de electrodos tipo varilla
Lv=	2,44	Longitud del electrodo tipo varilla (m)

$$L_T = L_C + N * L_v(m) \quad \text{Longitud total del conductor para mallas cuadradas o rectangulares}$$

$$L_C = \left(\frac{L_1}{D} + 1 \right) * L_2 + \left(\frac{L_2}{D} + 1 \right) * L_1(m)$$

L _c =	40	m
L _T =	49,76	m
Área=	16	M ²

CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

$$R_g = \rho * \left[\frac{1}{L_r} + \frac{1}{\sqrt{20} * A} * \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad (52)$$

R_g= 1,76 Ohm

CALCULO MAXIMO POTENCIAL DE TIERRA (GPR)

$$I_g = 1.9 * I_o \quad (A)$$

$$I_g = 2987,94 \quad A$$

$$GPR = I_g * R_g \quad (V)$$

$$GPR = 5245,80 \quad V$$

V_{contacto}= 2029,02 V Tolerable

V_{contacto} < GPR

CALCULO DE TENSION DE MALLA EN CASO DE FALLA

h= 0,8 Profundidad de enterramiento de los conductores (m)
 D= 1 lado de la cuadrícula o espaciamiento entre conductores(m)
 L₁= 4 Largo de la malla (m)
 L₂= 4 Ancho de la malla (m)

Conductor calibre 2/0 AWG

67,44 mm² Sección transversal del conductor
 d= 0,1 m Diámetro conductor

K_{ii} = 1 Para mallas con electrodos de varilla a lo largo del perímetro, en las esquinas o dentro de la malla

L_p = (L₁+L₂)*2 (m) Para mallas cuadradas o rectangulares

$$L_p = 16 \text{ m}$$

n Factor de geometría

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d \quad (84)$$

$$n_a = \frac{2 * L_c}{L_p} \quad n_a = 5,000 \quad (85)$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 * \sqrt{A}}} \quad n_b = 1,000 \quad (86)$$

$$n_c = \left(\frac{L_1 * L_2}{A} \right)^{\left(\frac{0,7 * A}{L_1 * L_2} \right)} \quad n_c = 1,0 \quad (87)$$

n_d = n_d = 1 Para mallas rectangular o cuadrada; entonces:

$$n = 5,000$$

$$K_1 = 0,644 + 0,148 * n \quad \text{Factor de corrección} \quad (89)$$

$$K_1 = 1,384$$

$$K_h = \sqrt{1 + h} \quad (83)$$

$$K_h = 1,342$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} * \left[\ln \left[\frac{D^2}{16 * h * d} + \frac{(D + 2 * h)^2}{8 * D * d} - \frac{h}{4 * d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} * \ln \left[\frac{8}{\pi * (2 * n - 1)} \right] \right] \quad (81)$$

$$K_m = 0,1651 \quad \text{Factor Geométrico}$$

$$V_{\text{malla}} = \frac{\rho * I_G * K_M * K_i}{Lc + \left[1.55 + 1.22 * \left(\frac{Lv}{\sqrt{L_1^2 + L_2^2}} \right) \right] * N * Lv}$$

$V_{\text{malla}} = 171,30 \text{ V}$
 $V_{\text{contacto tolerable}} = 2029,02 \text{ V}$ Tolerable
 $V_{\text{malla}} < V_{\text{contactoTolerable}}$ CUMPLE

CALCULO DE LA TENSION DE PASO EN FALLA

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} * (1 - 0.5^{(n-2)}) \right]$$

$K_s = 0,654$
 $V_{\text{paso}} = \frac{\rho * I_G * K_s * K_i}{0.75 * Lc + 0.85 * N * Lv}$
 $V_{\text{PASO}} = 1068,28 \text{ V}$
 $V_{\text{paso tolerable}} = 7217,57 \text{ V}$
 $V_{\text{paso}} < V_{\text{pasotolerable}}$ CUMPLE

Vemos que una vez efectuados los cálculos para la configuración de la malla de puesta a tierra propuesta ésta CUMPLE, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

L1=	4	Largo de la malla (m)
L2=	4	Ancho de la malla (m)
h=	0,8	profundidad de enterramiento de los conductores(m)
N=	4	Numero de electrodos tipo varilla
Lv=	2,44	Longitud del electrodo tipo varilla (m)

Fuente: Autoría propia.

k. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

El cálculo económico de un conductor, es el valor en pesos colombianos (\$COP) que se le puede atribuir a la instalación y utilización de un grupo de conductores en un tiempo establecido. Para ello se establece un costo de inversión y un costo energético.

$$\text{Costo Económico} = \text{Costo Inversión} + \text{Costo Energético} \quad (1)$$

- **COSTO ENERGÉTICO: PÉRDIDA DE ENERGÍA POR CONDUCTOR**

El cálculo económico de conductores se realiza con el fin de establecer en términos de dinero, las pérdidas de energía debidas a la resistencia propia de cada conductor. Para dicho fin, se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Costo Energético} = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot L \cdot 8760 \cdot \text{Costo_kWh} \quad (2)$$

Donde:

I = corriente nominal por fase

R = Resistencia del conductor en ohm/km

L = longitud del conductor en km

8760 = total de horas al año

kWh = valor del costo de energía promedio al año.

Para el caso de estudio el cálculo de las pérdidas económicas de los conductores se realizó para cada uno de los 26 circuitos presentes en TRAMO UNO. En la *Figura 61* se muestra un ejemplo de los valores calculados en el diseño serie 1 del caso de estudio.

Figura 61. Ejemplo para el cálculo económico de los conductores para TRAMO UNO, caso de estudio troncal Transmilenio avenida 68

NODO DE ORIGEN	NODO DE DESTINO	Calibre	Tensión (kV)	Perdidas (kW)	Costo \$/kWh	Costo Perdidas hora	Costo Pérdidas Año
Circuito:				SEVILLANA			
T4-SCOD-CD-4766	T4-SCOD-CI-10P	4/0	11,4	0,016646949	496,866	8,271299524	72456,58383
T4-SCOD-CI-10P	T4-SCOD-CI-4596	4/0	11,4	0,002428627	496,866	1,206701811	10570,70787
Circuito:				DELICIAS			
T4-SCOD-CD-4650	T4-SCOD-CI-4525	300	11,4	1,477812655	496,866	734,2745549	6432245,101
T4-SCOD-CI-4525	T4-SCOD-CI-4394	300	11,4	0,012229395	496,866	6,076368127	53228,98479
T4-SCOD-CI-4404	T4-SCOD-CI-4409	300	11,4	0,019480232	496,866	9,679060869	84788,57321
T4-SCOD-CI-4414	T4-SCOD-CI-4700	300	11,4	0,04935809	496,866	24,52434666	214833,2767
T4-SCOD-CI-4708	T4-SCOD-CI-18IP	300	11,4	0,000613296	496,866	0,304726001	2669,399767
Circuito:				CARVAJAL			
T4-SCOD-CI-4525	T4-SCOD-CI-4394	300	11,4	0,078700022	496,866	39,10334872	342545,3348
Circuito:				AUTO SUR			
T4-SCOD-CD-4645	T4-SCOD-CD-4650	300	11,4	0,105360462	496,866	52,35000946	458586,0829
T4-SCOD-CD-49CP	T4-SCOD-CD-49BP	2/0	11,4	0,0053241	496,866	2,645363024	23173,38009
T4-SCOD-CD-49BP	T4-SCOD-CI-41AP	2/0	11,4	0,015147922	496,866	7,526484474	65932,00399
T4-SCOD-CI-41AP	T4-SCOD-CI-719	2/0	11,4	0,065136066	496,866	32,36388324	283507,6172
T4-SCOD-CI-41AP	T4-SCOD-CI-37P	2/0	11,4	0,025590028	496,866	12,71480937	111381,7301
Circuito:				VL SONIA			
T4-SCOD-CD-24P	T4-SCOD-CD-28P	4/0	11,4	0,313637065	496,9	155,8355284	1365119,229
Circuito:				STA. MATILDE			
T4-SCOD-CD-82P	TRANSFORMADOR PARA AP	2/0	11,4	2,14681E-05	496,866	0,010666786	93,44104874
T4-SCOD-CD-64P	T4-SCOD-CD-759	2/0	11,4	0,001030471	496,866	0,512005747	4485,17034
T4-SCOD-CD-759	T4-SCOD-CD-783	2/0	11,4	0,002773493	496,866	1,378053985	12071,75291

Fuente: Autoría propia.

- I. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.

Este estudio no aplica para este tipo de proyecto.

m. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.

Este estudio no aplica para este tipo de proyecto, el operador de red ya tiene establecido carga de ruptura y la configuración de los equipos y elementos de las redes bajo especificaciones técnicas de construcción.

n. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorriente. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

El cálculo de protecciones se realiza conforme a las normas vigentes del operador de red, pero la coordinación de protecciones para el diseño serie 1 no es necesario esto se presenta en los serie 3 asociados a las subestaciones. Las protecciones de media tensión de los transformadores sumergibles consisten en un fusible de expulsión tipo bayoneta en serie con el fusible limitador de corriente. La protección en baja tensión no aplica.

El fusible limitador de corriente es un fusible de respaldo que solo actúa en el caso de fallas internas de transformador. Las fallas externas en baja tensión deben ser despejadas por el fusible tipo bayoneta.

Los fusibles de protección para los transformadores tipo pedestal son aplicables para los transformadores sumergibles. Las protecciones se han de seleccionar tomando como referencia las normas técnicas CTS507, ET524, CTS525 de Enel Codensa, ver *Figura 62*.

Figura 62. Selección de fusible a partir de potencia de transformador, norma CTS507

CAPACIDAD KVA	FUSIBLES	
	TIPO BAYONETA	LIMITADOR DE CORRIENTE
45	6 A	40 A
75	10 A	40 A
112,5	10 A	40 A
150	15 A	50 A
225	25 A	80 A
300	25 A	80 A
400	40 A	100 A
500	40 A	100 A

Fuente: Enel Codensa, CTS507.

La *Figura 63* muestra las protecciones de los transformadores del caso de estudio, donde se relaciona el rotulo del equipo y tipo de fusible a instalar:

Figura 63. Ejemplo de tabla para las protecciones de los transformadores de distribución presentes en el diseño serie 1 del caso de estudio.

NÚMERO	ROTULO DEL EQUIPO	POTENCIA [kVA]	FUSIBLE	
			TIPO BAYONETA [A]	LIMITADOR DE CORRIENTE [A]
1	511TR1	75	10	40
2	1088TR1	150	15	50
3	3195TR1	112,5	10	40
4	3196TR1	112,5	10	40
5	3183TR1	150	15	50
6	3181TR1	150	15	50
7	695TR1	75	10	40
8	30055TR1	150	15	50
9	32188TR1	150	15	50

Fuente: Autoría propia.

o. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electro ductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).

Para las canalizaciones eléctricas se emplearán tuberías en PVC tipo TDP dimensionadas de acuerdo con el área ocupada por los conductores considerando un porcentaje máximo de ocupación del 40% establecido en la norma NTC-2050.

Por normatividad de Enel Codensa, las canalizaciones de media tensión se deben realizar en ductos de 6", con un área de sección transversal de 182 cm², utilizando un factor de ocupación se obtiene el área útil del ducto que 0,728 cm².

El área de sección transversal del conductor se calculó a partir de la ecuación (3), utilizando el factor de agrupamiento de 1.1 y donde N es el número de conductores que se instalaran en el ducto.

$$A_{Conductor} = 1.1 * 3 * \pi * 0.01865 m^2 \quad (3)$$

$$A_{Conductor} = 1.1 * 3 * \pi * 0.1865 m^2$$

$$A_{Conductor} = 0.3605 cm^2$$

Entonces el área de sección transversal de los conductores es menor que el área útil del ducto de 6", de acuerdo con la norma se deja un ducto de las mismas características como reserva, por lo que la canalización será de 2 de 6.

$$A_{Duto} = \pi * r_{ducto\ interno}^2 \quad (4)$$

Donde r=7.5 cm para ducto de 6"

$$A_{Ducto} = 176.7 \text{ cm}^2$$

Para el cálculo de canalización y ocupación de ductos se referencia el procedimiento anterior, por lo tanto para el caso de estudio se presenta la tabla del cálculo del porcentaje de ocupación.

Tabla 19. Porcentaje de ocupación de ductos

Área conductora (mm ²)	Número de conductores en ducto	Área ducto (mm ²)	Porcentaje de ocupación (%)
240	3	18433,48	3,91
240	6	18433,48	7,8
240	9	18433,48	11,72

Fuente: Autoría propia.

Partiendo de lo expuesto se tomó en consideración la situación más crítica que es el conductor de 240mm², por lo que se puede inferir que para conductores de menor diámetro se cumple el porcentaje de ocupación máximo.

p. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

Las pérdidas eléctricas se estiman bajo efecto Joule que contempla el cuadrado de la corriente por la resistencia del conductor ($I^2 \cdot R$), dichas pérdidas se calculan para los tramos parciales de los conductores, ya que la información suministrada por el operador de red no permite el análisis de pérdidas teniendo en cuenta los efectos de armónicos.

Las pérdidas del sistema son otro factor importante a tener en cuenta en el diseño de las redes, ya que al mediano y largo plazo pueden implicar unos altos costos para la empresa de energía.

El cálculo de pérdidas de potencia activa en los distintos sistemas eléctricos se obtiene mediante las siguientes ecuaciones.

- Para redes de tres fases, se tiene la siguiente ecuación:

$$Pe = 3 * i^2 * R * 1000 [w]$$

- Para redes bifásicas, bifilares y trifilares:

$$Pe = 2 * i^2 * R * L * 1000 [w]$$

- Para redes monofásicas bifilares:

$$Pe = i^2 * R * L * 1000 [w]$$

Dónde:

- P = Pérdidas de potencia en cada tramo de la red en KW.
- I = Corriente de línea en amperios
- R = Resistencia del conductor en Ohm/km.
- L = Longitud de cada tramo de la red en km.

Figura 64. Ejemplo de tabla para el cálculo de pérdidas presentes en el diseño serie 1 del caso de estudio.

DE	HACIA	Calibre	Potencia (kVA)	Tensión (kV)	Longitud en Aluminio (m)	Longitud en Cobre (m)	Corriente [A]	Resistencia Aluminio [Ω /m]	Resistencia Cobre [Ω /m]	Resistencia Total [Ω]	Pérdidas [W]
Circuito:				PIZANO							
T4-SCOD-CI-445	T4-SCOD-CD-383	300	1320	11,4	0	75	66,85	0,000123	0,000075	0,005625	75,42
Circuito:				P_MARSELLA							
T4-SCOD-CI-445	T4-SCOD-CD-383	300	11013	11,4	0	76	557,7507469	0,000123	0,000075	0,0057	5319,568816
Circuito:				CIPLAS							
T4-SCOD-CI-462	T4-SCOD-CD-383	300	187	34,5	0	84	3,129405807	0,000123	0,000075	0,0063	0,19
Circuito:				PTE_ARANDA							
T4-SCOD-CI-445	EQUIPO DE MANIOBRA (CD569)	4/0	2804	11,4	5	0	142,0079083	0,000161	0,000099	0,000805	48,70148415

Fuente: Autoría propia.

q. Cálculos de regulación.

Los límites de regulación de tensión en los circuitos urbanos de ENEL CODENSA E.S.P son tomados del tomo 7 numeral 7.1.6 generalidades, versión 05 de marzo del 2015.

- Tensión de servicio:
Media tensión: 11.400 voltios trifásico (+5 -10%)
Baja tensión: 3x208/120 voltios tetra filar (+5 -10%)
- Regulación máxima permitida:
Media tensión: 2%. Circuito primario.
Baja tensión: 3%. Acometida desde bornes de transformador

La regulación de tensión es un concepto clave para seleccionar los conductores de una instalación, ya que estos determinaran las caídas de tensión a lo largo de la instalación la selección se restringe a que se permita una caída de tensión inferior al 3% en el alimentador respecto a la tensión nominal y que no supere el 5% en la carga más alejada.

La manera de calcular la regulación de tensión de una forma adecuada es expresarlo como el porcentaje del decremento de la tensión que se tiene desde un extremo al otro del conductor. Teniendo en cuenta que la caída de

tensión se da a causa del paso de la corriente, cuando se retira una carga con un determinado factor de potencia, no circulara corriente y el valor de tensión será el mismo, por esta razón el cálculo se debe realizar teniendo en cuenta la plena carga de cada circuito.

Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites ya mencionados, en trayectos largos la regulación de tensión es un parámetro que da seguridad a la instalación ya que exige realizar sobredimensionamientos bastante grandes, cuando las longitudes son grandes, de acuerdo con los dos parámetros mencionados anteriormente se realizó la selección del conductor.

Para el cálculo del momento de eléctrico se debe tener en cuenta la siguiente expresión:

$$M_e = S * L [kVA * m] \quad (8)$$

Dónde:

- S Potencia nominal de la maquina o equipo [kVA]
- L Longitud del circuito [L]

Las unidades del momento eléctrico para el tramo del circuito de baja tensión y media tensión están dadas en kVA*m.

Con esto, se procede a calcular la regulación mediante la siguiente expresión:

$$R[\%] = M_e * K_r \quad (9)$$

Figura 65. Ejemplo de tabla para el cálculo de regulación presente en el diseño serie 1 del caso de estudio.

DE	HACIA	Calibre	Potencia (KVA)	Tensión (kV)	Conductor Al (m)	Conductor Cu (m)	Momento Eléctrico Al	Momento Eléctrico Cu	Constante Cu	Constante AL	Regulación	Capacidad de Corriente (Cu)	Capacidad de Corriente (Al)
Circuito:				PIZANO									
T4-SCOD-CI-445	T4-SCOD-CD-383	300	1320	11,4	0	75	0	99000	1,33E-09	1,37E-09	0,000131899	285	230
Circuito:				P_MARSELLA									
T4-SCOD-CI-445	T4-SCOD-CD-383	300	11013	11,4	0	76	0	836988	1,33E-09	1,37E-09	0,001115134	285	230
Circuito:				CIPLAS									
T4-SCOD-CI-462	T4-SCOD-CD-383	300	187	34,5	0	84	0	15708	1,33E-09	1,37E-09	2,09281E-05	285	230
Circuito:				PTE_ARANDA									
T4-SCOD-CI-445	EQUIPO DE MANIOBRA (CD569)	4/0	2804	11,4	5	0	14020	0	1,73E-09	1,68E-09	2,35128E-05	230	180
	EQUIPO DE MANIOBRA (CD569)	4/0	2304	11,4	51	0	117504	0	1,73E-09	1,68E-09	0,000197065	230	180
TRANSFORMADOR	T4-SCOD-CD-1353	4/0	2229	11,4	8	0	17832	0	1,73E-09	1,68E-09	2,99059E-05	230	180

Fuente: Autoría propia.

r. Clasificación de áreas.

La clasificación de áreas no aplica para este tipo de proyecto.

s. Elaboración de diagramas unifilares.

Este ítem se desarrolla en el anexo de planos.

t. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.

Este ítem se desarrolla en el anexo de planos.

u. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Este ítem no aplica para este proyecto.

v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

Este ítem no aplica para este proyecto.

w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

Para el desarrollo del proyecto serie 1 de la troncal de Transmilenio por la avenida 68 no es necesario realizar algún estudio adicional.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1 A. M. d. Bogotá, «Instituto de Desarrollo Urbano,» [En línea]. Available:
] <https://www.idu.gov.co/page/quienes-somos-2>. [Último acceso: 08 06 2019].
- [2 E. Codensa, «Likinormas,» Enel Codensa, 01 09 2003. [En línea]. Available:
] http://likinormas.micodensa.com/Norma/cables_subterranos/camaras_ducterias/cs270_resumen_cajas_inspeccion. [Último acceso: 09 06 2019].
- [3 E. Codensa, «Likinormas,» Enel Codensa, 06 05 2019. [En línea]. Available:
] http://likinormas.micodensa.com/Norma/cables_subterranos/camaras_ducterias/cs204_seleccion_diametro_ductos. [Último acceso: 29 05 2019].
- [4 Magnetron, «Industrias electromecánicas magnetron s.a.s.,» [En línea]. Available:
] http://magnetron.com.co/es/magnetron/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=10. [Último acceso: 20 05 2019].
- [5 E. Codensa, «Likinormas,» Enel Codensa, 24 07 2009. [En línea]. Available:
] (https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_urbanas_distribucion/generalidades/lageneralidades_1_1_normas_construccion_redes_aereas_urbanas). [Último acceso: 20 04 2019].
- [6 D. Industry, «Direct Industry,» [En línea]. Available:
] <http://www.directindustry.es/prod/tavrida-electric/product-19849-603331.html>. [Último acceso: 29 05 2019].
- [7 Emincco, «Emincco,» [En línea]. Available:
] <http://www.emincco.com.co/web/cortacircuitos.html>. [Último acceso: 31 05 2019].
- [8 I. B. G. Perú, «ITC,» [En línea]. Available: <http://itc-businessgroup.com/producto/pararrayo-polimerico-de-distribucion/>. [Último acceso: 10 05 2019].
- [9 WEG, «WEG,» [En línea]. Available:
] https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Generaci%C3%B3n%20Transmisi%C3%B3n-y-Distribuci%C3%B3n/Seccionador/Seccionador-Monopolar-Tipo-Cuchilla-%28GB%29/Seccionador-Monopolar-Tipo-Cuchilla-%28WSFC%29/p/MKT_WTD_HOOK_STICK_DISCONNECTOR. [Último acceso: 31 05 2019].
- [1 Schneider, «Catalogo Schneider Areva,» *Schneider*, 2011.
0]
- [1 E. Codensa, «Likinormas,» Enel Codensa, 17 04 2019. [En línea]. Available:
1] http://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_urbanas_distribucion/templetes_retenidas/la410_templetes_retenidas_terminales. [Último acceso: 31 05 2019].

- [1 M. I. M. S.A, «MI,» Manufacturas Industriales Mendoza S.A, [En línea]. Available:
2] <https://www.mimsa.com.pe/producto/caja-polimerica-de-derivacion-para-acometidas/>.
[Último acceso: 28 05 2019].
- [1 E. Codensa, «Likinormas,» Enel Codensa, 03 07 1998. [En línea]. Available:
3] http://likinormas.micodensa.com/Especificacion/equipos_maniobra_proteccion_sobrecorriente_sobretensiones/et511_seccionador_portafusible. [Último acceso: 31 05 2019].
- [1 E. Codensa, «Likinormas,» Enel Codensa, 07 11 2017. [En línea]. Available:
4] https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/herrajes_conectores/et417_percha_porta_aisladores_redes_b_t. [Último acceso: 29 05 2019].
- [1 E. Codensa, «Likinormas,» Enel Codensa, 08 05 2015. [En línea]. Available:
5] https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/materiales_ap/et808_luminarias_led.
[Último acceso: 25 05 2019].
- [1 Centelsa, «Centelsa,» Centelsa, [En línea]. Available: <http://www.centelsa.com/cables-para-media-tension/>. [Último acceso: 24 05 2019].
- [1 E. Codensa, «Likinormas,» Enel Codensa, 30 12 2017. [En línea]. Available:
7] http://likinormas.micodensa.com/Norma/cables_subterranos/terminales_cables_media_tension/cs335_empalmes_cables_media_tension_15_kv. [Último acceso: 08 05 2019].
- [1 Enel Codensa, «Likinormas,» Enel Codensa, 11 05 2018. [En línea]. Available:
8] http://likinormas.micodensa.com/Norma/cables_subterranos/codos_terminales_barrajes_preformados/cs340_barraje_preformado_b_t. [Último acceso: 15 05 2019].
- [1 Wikipedia, «Wikipedia,» [En línea]. Available:
9] https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_el%C3%A9ctrica_a%C3%A9rea. [Último acceso: 30 05 2019].
- [2 Enel Codensa, «Radicación de diseños eléctricos,» 15 Enero 2018. [En línea]. Available:
0] <https://www.codensa.com.co/empresas/nuevas-conexiones/disenos-electricos-radicacion>.
[Último acceso: 09 Mayo 2019].
- [2 Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE,
1] Actualización 2009 ed., MinMinas, Ed., Bogotá, 2009, p. 212.
- [2 Secretaria Distrita de Planeación, Cartilla de Andenes, Bogotá: Alcaldía de Bogotá, 2018.
2]