



1859



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Guía para la construcción de redes subterráneas para la Empresa
Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA)

Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de
Ingeniero en Electromecánica

AUTOR:

Darwin Raúl Bravo Cueva

DIRECTOR:

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 19 de septiembre de 2023

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio. Mg.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Guía para la construcción de redes subterráneas para la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA)**, de autoría del estudiante **Darwin Raúl Bravo Cueva**, con cédula de identidad **Nro.1150815239** ,previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación y sustentación para los trámites de titulación.




Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio Mg.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Darwin Raúl Bravo Cueva** declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150815239

Fecha: 14 de diciembre de 2023

Correo electrónico: darwin.r.bravo@unl.edu.ec

Teléfono: 0967072642

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular

Yo, **Darwin Raúl Bravo Cueva** declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Guía para la construcción de redes subterráneas para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA)** como requisito para optar por el título de **Ingeniero Electromecánico**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los catorce días del mes de diciembre de dos mil veintitrés.



Firma:

Autor: Darwin Raúl Bravo Cueva

Cédula de identidad: 1150815239

Dirección: Velasco Ibarra y Hmn: Manuel Agustín Villareal.

Correo electrónico: darwin.r.bravo@unl.edu.ec

Teléfono: 072689053/0967072642

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Iván Alberto Coronel Villavicencio

Dedicatoria

Este Trabajo de Integración Curricular dedico primeramente a Dios y la Virgen del Cisne por inspirar en mí la fe, carácter y fortaleza para seguir adelante, sobrellevar las diferentes dificultades que se me presentaron en el transcurso de mi formación académica.

A mis amados padres Raúl y María por su sacrificio, esfuerzo y enseñarme a ser una persona de bien con valores e inculcar en mí el don de la paciencia, el trabajo, coraje y vigor, siendo la gran motivación y el pilar fundamental que me permitió lograr culminar con éxito mi estudio y mis metas propuestas.

A mis hermanos, (Leodán, Silvana, Gabriela, Esteban y Yandry) quienes me apoyaron de manera moral y económicamente desde el comienzo hasta finalizar con mis estudios.

A todos mis amigos y parientes quienes siempre me orientaron en las situaciones difíciles durante mi formación y crecimiento profesional.

Darwin Raúl Bravo Cueva

Agradecimiento

Agradecer a Dios por mantener a mis padres con vida, por su incansable ayuda en todo momento.

A Moisés y Silvana por brindarme alojamiento y sustento en el transcurso de mi formación académica.

Estoy eternamente agradecido con la Universidad Nacional de Loja después de años de trabajo, sacrificio, dedicación y pura alegría en las aulas de la misma.

Agradezco a mis grandes amigos por los momentos compartidos, por las experiencias vividas, los que entre alegría y lágrimas siempre estuvieron brindado un consejo en el momento oportuno.

Agradezco al Ing. Iván Coronel, Director de Trabajo de Integración Curricular quien me ha ayudado y brindado su apoyo para poder desarrollar este trabajo con éxito.

Mi sentimiento de gratitud a los docentes de la carrera Ingeniería Electromecánica por compartir sus conocimientos y experiencias laborales con el propósito de formarnos como profesionales

Darwin Raúl Bravo Cueva

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas.....	xiv
Índice de figuras	xv
Índice de anexos	xvii
1 Título	1
2 Resumen	2
Abstract	3
3 Introducción	4
4 Marco Teórico	6
4.1 Capítulo I: Aspectos generales.....	6
4.1.1 Concepto de subestación	6
4.1.2 Tipos de subestaciones.....	6
4.1.3 Composición de una subestación de distribución	6
4.1.4 Distribución de energía eléctrica.....	7
4.1.4.1 Líneas de media tensión.	7
4.1.4.2 Líneas de baja tensión.....	7
4.1.4.3 Alimentadores primarios.	8
4.1.4.4 Red de baja tensión.....	8
4.1.5 Clasificación de las redes de distribución en base a sus voltajes nominales	8
4.1.5.1 Redes de distribución primarias.	8
4.1.5.2 Redes de distribución secundarias.....	8
4.1.6 Clasificación de las redes de distribución en base al tipo de cargas	9
4.1.6.1 Redes de distribución para cargas industriales.	9
4.1.6.2 Redes de distribución para cargas comerciales.	10
4.1.6.3 Redes de distribución para cargas residenciales.....	10
4.1.6.4 Redes de distribución para cargas mixtas.....	10

4.1.6.5	Redes de distribución para cargas de alumbrado público.....	10
4.1.7	Clasificación de los sistemas de distribución en base a su construcción	10
4.1.7.1	Redes de distribución subterráneas.....	10
4.1.7.2	Redes de distribución aéreas en media tensión.	11
4.2	Capítulo II: Características de los sistemas subterráneos	11
4.2.1	Sistemas subterráneos	11
4.2.2	Definición	11
4.2.3	Ventajas de los sistemas subterráneos	11
4.2.4	Sistemas subterráneos en Ecuador	13
4.2.5	Componentes de un sistema subterráneo	13
4.3	Capítulo III: Normativas en sistemas de distribución subterráneas	14
4.3.1	Normativas vigentes en las redes de distribución subterráneas en el Ecuador ...	14
4.3.2	Normativa técnica para el diseño de redes de distribución subterránea de la EERSSA.....	15
4.3.2.1	Redes de distribución subterráneas.....	15
4.3.3	Homologación de Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) de las especificaciones técnicas en obras civiles para la construcción de las cámaras subterráneas.....	16
5	Metodología.....	18
5.1	Materiales.....	18
5.2	Métodos.....	18
5.2.1	Método de estudio.....	18
5.2.2	Tipo de investigación.....	18
5.2.3	Área de estudio	18
5.2.4	Flujograma	20
6	Resultados	22
6.1	Analizar la normativa interna existente de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA) para la construcción de obras eléctricas subterráneas.	22
6.1.1	Normas técnicas de la EERSSA para el diseño del sistema de distribución de redes subterráneas	22
6.1.2	Normas y procedimientos para diseño, aprobación, fiscalización y recepción de proyectos	23

6.2	Describir la funcionalidad del catálogo digital de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del ex MEER.....	23
6.3	Elaborar una guía técnica para la construcción eléctrica de redes subterráneas para la EERSSA.....	24
6.4	Guía de diseño de redes subterráneas.....	24
6.4.1	Propósito de la guía.....	24
6.4.2	Campo de aplicación.....	25
6.4.2.1	Oficina virtual de la EERSSA.	25
6.4.3	Factibilidad del proyecto.....	26
6.4.4	Servicios virtuales EERSSA.....	27
6.4.5	Presentación, contenido y aprobación proyecto eléctrico.....	27
6.4.5.1	Solicitud de acta de acondicionamientos básicos del proyecto.	27
6.4.5.2	Memoria técnica descriptiva.....	27
6.4.5.3	Caída de tensión.....	28
❖	Cómputo de caída de tensión en redes primarias.....	29
❖	Cómputo de caída de tensión en redes secundarias.	30
6.4.5.4	Alumbrado Público.....	31
❖	Niveles de iluminación y factores de uniformidad.	32
❖	Fuentes de iluminación.....	33
❖	Esquemas de control.	33
❖	Facilidad de mantenimiento.....	33
❖	Fotometría.....	34
6.4.5.5	Caída de tensión por alumbrado.	34
6.4.5.1	Alumbrado de vías.....	34
6.4.5.1	Alumbrado de vías para peatones.....	37
6.4.5.2	Alumbrado de parques.....	38
6.4.5.3	Alumbrado ornamental.	38
6.4.5.4	Presupuesto referencial.....	38
6.4.5.5	Planos.....	38
6.4.6	Presentación del proyecto eléctrico.....	39
6.4.7	Revisión del proyecto.....	40
6.4.8	Fiscalización y recepción del proyecto.....	40
6.4.9	Construcción de los proyectos aprobados.....	40

6.4.9.1 Condiciones generales para la construcción de obras.	40
6.4.9.2 Proceso de construcción.	40
6.4.9.3 Criterios de diseño.	41
❖ Nivel de aislamiento.	41
❖ Cálculo de la demanda de diseño.	42
❖ Propuesta para la determinación de la demanda de cocinas de inducción.	44
6.4.9.4 Capacidad de los transformadores.	44
6.4.9.5 Transformadores para edificaciones, centros comerciales, talleres o fábricas.	45
6.4.9.6 Transformadores para Proyectos de Urbanizaciones, Lotizaciones y proyectos urbanos.	45
6.4.9.7 Cálculo de Caída de Tensión – Método de momento de potencia aparente.	46
❖ Caída de tensión admisible para red primaria.	46
❖ Caída de tensión admisible para red secundaria.	46
6.5 Obra civil.	47
6.6 Consideraciones previas a la construcción.	47
6.7 Canalización.	49
6.7.1 Construcción de canalización.	49
6.7.1.1 Rotura, corte y retiro de asfalto, pavimento o aceras.	49
6.7.1.2 Levantamiento y retiro de adoquín.	49
6.7.1.3 Consideraciones de diseño.	49
6.7.1.4 Formas de las canalizaciones.	50
6.7.1.5 Zanjas.	50
❖ Ancho de la zanja.	50
❖ Nivelación de la zanja.	51
❖ Profundidad de la zanja.	51
6.7.2 Tubería.	51
6.7.2.1 Tipo.	51
6.7.2.2 Especificaciones.	51
6.7.2.3 Disposición de tubería PVC.	52
6.7.2.4 Alineación.	52
6.7.2.5 Instalación.	52
6.7.2.6 Ensayo de rodillo en la tubería.	53
6.7.3 Relleno y compactación de zanjas.	54

6.7.3.1 Materiales.....	54
6.7.3.2 Relleno y compactación con compactador mecánico.....	54
6.7.3.3 Cinta señalizadora.....	55
6.7.4 Acabado final en acera y calzada.....	55
6.7.4.1 Reposición de calzada de asfalto.....	55
❖ Consideración de la emulsión bituminosa.....	55
❖ Condiciones previas a la colocación del hormigón premezclado.....	57
6.7.4.2 Adoquinado de la calzada.....	57
6.7.4.3 Acera.....	58
6.8 Pozos de revisión.....	58
6.8.1 Forma y dimensiones.....	59
6.8.2 Pozos en acera.....	59
6.8.3 Pozos en calzada.....	59
6.8.4 Consideraciones generales de pozos.....	59
6.8.4.1 Pisos.....	59
6.8.4.2 Encofrado.....	59
6.8.4.3 Orificios laterales y boquilla.....	60
6.8.5 Tapas.....	60
6.8.6 Soportes.....	62
6.9 Cámaras eléctricas.....	63
6.9.1 Consideraciones generales para la construcción de las cámaras.....	63
6.9.2 Tipos de cámaras.....	63
6.9.3 Dimensiones de las cámaras.....	63
6.9.4 Excavación de las cámaras.....	64
6.9.5 Construcción de la puesta a tierra.....	64
6.9.6 Consideraciones de las cámaras eléctricas.....	64
6.9.7 Acceso a la cámara.....	65
6.9.8 Canalización dentro de las cámaras.....	67
6.9.9 Impermeabilidad.....	68
6.9.10 Sistema de ventilación.....	68
6.9.11 Sistema de drenaje.....	70
6.9.12 Sistema de iluminación.....	70

6.9.12.1 Iluminación interior.....	70
6.10 Bases de hormigón para instalación de equipos.....	71
6.10.1 Bases para transformador tipo pedestal o pad mounted.....	71
6.10.2 Consideraciones generales del transformador tipo pad mounted o pedestal.....	72
6.11 Acometidas.....	72
6.11.1 Acometidas en media tensión.....	72
6.11.2 Acometidas en baja tensión.....	73
6.12 Transición aéreo subterránea.....	73
6.13 Obra eléctrica.....	75
6.13.1 Conductores eléctricos.....	76
6.13.1.1 Conductores para Media Tensión.....	76
6.13.1.2 Conductores para Baja Tensión.....	79
6.13.1.3 Conductores para Alumbrado Público.....	80
6.13.2 Ensamblaje de conductores.....	80
6.13.3 Equipos y herramientas.....	80
6.13.4 Accesorios.....	82
6.13.4.1 Conectores aislados.....	82
6.13.4.2 Terminales de media tensión.....	85
6.13.4.3 Empalmes.....	86
❖ Empalmes de Media Tensión.....	86
❖ Empalme de Baja Tensión.....	87
6.13.4.4 Barras, Bushing Insert y Conectores tipo codo.....	87
❖ Barra premoldeada para 200/600 A de 15 kV.....	87
❖ Conector tipo codo.....	88
6.13.4.5 Transición eléctrica.....	90
6.14 Transformadores.....	90
6.14.1 Transformador Pad Mounted.....	90
6.14.1.1 Características eléctricas.....	91
6.14.1.2 Temperatura.....	91
6.14.1.3 Características constructivas.....	92
6.14.1.4 Tanque.....	92
6.14.2 Transformador sumergible.....	92
6.14.3 Transformador convencional con frente muerto.....	94

6.15 Equipos de seccionamiento y protección	94
6.15.1 Interruptores subterráneos	95
6.15.1.1 Características constructivas.	95
6.15.1.2 Instalación.....	95
6.15.2 Descargadores de sobrevoltaje	96
6.15.2.1 Características constructivas.	96
6.15.2.2 Instalación.....	96
6.15.3 Fusibles limitadores de corriente.....	97
6.15.3.1 Fusibles limitadores de corriente en transición aérea – subterránea.	97
❖ Especificaciones.	97
❖ Características constructivas.....	97
❖ Instalación.....	97
6.15.3.2 Codo porta – fusibles.....	98
❖ Características constructivas.....	98
❖ Instalación.....	99
6.15.4 Puesta a tierra	104
6.15.4.1 Especificaciones.	104
6.15.4.2 Aspectos generales.	104
6.16 Alumbrado Público.....	105
6.16.1 Especificaciones	105
6.16.2 Instalación.....	106
7 Discusión.....	108
8 Conclusiones.....	110
9 Recomendaciones.....	111
10 Bibliografía.....	112
11 Anexos.....	116

Índice de tablas:

Tabla 1. Niveles de tensión utilizados por la EERSSA.....	22
Tabla 2. Clases de alumbrado en vías.	35
Tabla 3. Criterios admitidos para la selección del tipo de vía.....	36
Tabla 4. Requerimientos de alumbrado para tráfico vial.	36
Tabla 5. Descripción de la vía, en tipo de iluminación.	37
Tabla 6. Nivel de aislamiento de acuerdo a la tensión.	42
Tabla 7. Área promedio de lotes e identificación del tipo de usuario.	43
Tabla 8. <i>Comparación del factor de simultaneidad y demanda en kVA.</i>	44
Tabla 9. Factor de sobrecarga de acuerdo con la categoría del usuario.	45
Tabla 10. Distancias mínimas en paralelismo y cruces.	47
Tabla 11. Profundidades mínimas de zanjas dispuesto por el MEER.....	51
Tabla 12. Dimensiones de normalización de pozos.	59
Tabla 13. Dimensiones mínimas de las cámaras subterráneas.	63
Tabla 14. Especificaciones del hormigón de cámaras subterráneas.....	65
Tabla 15. Conductor de cobre XLPE de 15 kV con aislamiento del 100%.	76
Tabla 16. Conductor de cobre XLPE de 15 kV con aislamiento del 133%.	77
Tabla 17. Conductor de aluminio XLPE de 15 kV con aislamiento del 100%.	77
Tabla 18. Conductor de aluminio XLPE de 15 kV con aislamiento del 133%.	78
Tabla 19. Conductor de Aluminio de Baja Tensión con aislamiento TTU de 2 kV.	79
Tabla 20. Características del conductor de Aluminio para Alumbrado Público.....	80
Tabla 21. Principales especificaciones técnicas para boquilla tipo inserto.	82
Tabla 22. Principales especificaciones técnicas para boquilla tipo inserto Doble.	83
Tabla 23. Principales especificaciones técnicas para barrajes desconectables.	84
Tabla 24. Principales especificaciones técnicas para Descargador o Pararrayos tipo Codo... 85	
Tabla 25. Principales especificaciones técnicas para empalmes de media tensión.....	86
Tabla 26. Tipos de transformadores y zona de aplicación en redes subterráneas.	90
Tabla 27. Nivel de aislamiento admisible en transformadores monofásicos tipo sumergible.93	
Tabla 28. Nivel de aislamiento admisible en transformadores trifásicos tipo sumergible.....	94
Tabla 29. Principales especificaciones técnicas para interruptor de redes subterráneas.....	95

Índice de figuras:

Figura 1. Sistemas de distribución secundaria.	9
Figura 2. Componentes del sistema subterráneo.	14
Figura 3. Área de concesión de la EERSSA.	19
Figura 4. Esquema de la metodología del Trabajo de Integración Curricular.	21
Figura 5. Tipos de proyectos y sus requisitos.	25
Figura 6. Disposición de luminarias.	36
Figura 7. Excavación con maquinaria en el parque central de Loja.	49
Figura 8. Representación del ancho de la zanja.	50
Figura 9. Separadores de ductos establecidos por la norma NTE INEN-2227.	52
Figura 10. Alineación de tubos y separadores plásticos.	52
Figura 11. Conexión de tuberías de 160 mm.	53
Figura 12. Prueba de rodillo.	54
Figura 13. Cinta de señalización.	55
Figura 14. Adoquinado en calzada.	58
Figura 15. Pozo con orificios laterales terminados.	60
Figura 16. Tapas de hormigón.	61
Figura 17. Tapa de acceso de grafito esférico.	62
Figura 18. Soporte de acero galvanizado.	62
Figura 19. Dimensiones de la cámara.	64
Figura 20. Escalera telescópica vertical de hierro galvanizado.	66
Figura 21. Rejilla deslizante.	66
Figura 22. Ingreso a las cámaras mediante gradas.	67
Figura 23. Circuito de ventilación.	68
Figura 24. Sistema de ventilación con un ventilador axial.	70
Figura 25. Sistema de drenaje con bombas sumergibles.	70
Figura 26. Iluminación interior de la cámara eléctrica.	71
Figura 27. Dimensiones de base para transformador tipo pedestal.	72
Figura 28. Transición aérea subterránea.	74
Figura 29. Conductor para red de Media Tensión.	79
Figura 30. Conductor subterráneo de baja tensión.	80
Figura 31. Conductor preparado para el jalado con malla trenzada.	81
Figura 32. Boquilla tipo pozo.	82

Figura 33. Boquilla tipo inserto.	82
Figura 34. Boquilla tipo inserto Doble.....	83
Figura 35. Conector tipo T	83
Figura 36. Codo Portafusible.	84
Figura 37. Barrajes Desconectables.	84
Figura 38. Pararrayos tipo Codo.	85
Figura 39. Terminales de media tensión.	85
Figura 40. Empalme de media tensión.....	86
Figura 41. Barra combinada de 200 A a 600 A.....	88
Figura 42. Barraje en Media Tensión.....	88
Figura 43. Conector Tipo Codo.	89
Figura 44. Tapa de parqueo aislado, Conector de aterrizamiento.....	89
Figura 45. Transformador tipo pedestal.	91
Figura 46. Transformador tipo sumergible.	93
Figura 47. Transformador convencional con frente muerto.....	94
Figura 48. Seccionador de posición.	95
Figura 49. Partes de un descargador de sobrevoltaje.	96
Figura 50. Parte de limpieza de la boca del codo.....	97
Figura 51. Transición aérea – subterránea.	98
Figura 52. Seccionador fusible con rompe arco.....	98
Figura 53. Partes de un codo porta fusible.....	99
Figura 54. Distancia para quitar el forro.	99
Figura 55. Corte en el cable.	100
Figura 56. Retiro de pantalla y comprensión del conector.....	100
Figura 57. Biselado del conductor.	101
Figura 58. Colocación de la sección del fusible.....	101
Figura 59. Instalación del fusible en el conector.....	102
Figura 60. Ajuste del fusible y colocación del adaptador del electrodo.	102
Figura 61. Colocación del codo.	103
Figura 62. Instalación del codo.	104
Figura 63. Cimentación de báculos.....	106
Figura 64. Empalme tipo gel para el alumbrado público.....	107
Figura 65. Alimentación y conexión de luminarias con terminales.....	107

Índice de anexos:

Anexo 1. Sitio web de la EERSSA.	116
Anexo 2. Acta de acondicionamientos básicos del proyecto.	117
Anexo 3. Factor de caída de tensión (FDV) en alimentadores primarios (kVA-km).	118
Anexo 4. Factor de caída de tensión (FDV) redes de distribución para baja tensión con conductor aislado (kVA-m).	119
Anexo 5. Formato de cómputo de caída de tensión para redes primarias.	120
Anexo 6. Formato de cómputo de caída de tensión para redes en baja tensión.	121
Anexo 7. Demandas Máximas Proyectadas (DMP en kVA).	122
Anexo 8. Tipos de zanjas en alumbrado.	123
Anexo 9. Pozo de revisión media y baja tensión tipo A.	124
Anexo 10. Tipos de pozos de revisión.	125
Anexo 11. Accesorios de transformador pedestal tipo radial.	126
Anexo 12. Flujograma del proceso de realización de una obra eléctrica subterránea.	127
Anexo 13: Certificado de traducción del resumen de Trabajo de Integración Curricular.	129

1 Título

**Guía para la construcción de redes subterráneas para la Empresa Eléctrica
Regional del Sur S.A. (EERSSA)**

2 Resumen

El Trabajo de Integración Curricular denominado: Guía para la construcción de redes subterráneas para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA), analiza la normativa interna existente de la EERSSA para la construcción de obras eléctricas subterráneas, también describe la funcionalidad del catálogo digital de las Unidades de Propiedad y Unidad de Construcción del ex MEER y presenta una guía técnica para la construcción de redes eléctricas subterráneas; la misma que permite mejorar sus procesos de construcción. En la investigación, se aplica el método de estudio sintético, pues se identifica particularidades de diferentes normativas para estructurar de manera resumida directrices para la construcción de redes subterráneas. El primer objetivo muestra como resultado que la normativa interna de la EERSSA, presenta la información de manera general, para la construcción de los proyectos eléctricos de las redes subterráneas, además el catálogo de homologación analizado presenta una gran funcionalidad para el diseño y construcción de redes subterráneas de distribución eléctrica, puesto que permite estructurar un conjunto de procedimientos descriptivos – técnicos estandarizados para la construcción de redes subterráneas. Finalmente, la guía realizada incluye metodologías, procesos, dimensionamiento y aprobación de proyectos eléctricos subterráneos, por lo que se sugiere que la presente guía elaborada sea implementada por la EERSSA.

Palabras clave: homologación, unidades, propiedad, funcionalidad.

Abstract

This Curricular Integration Work called "Guide for the construction of subway networks for Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA)" analyzes the existing internal regulations of EERSSA for the construction of subway electrical works, also describes the functionality of the digital catalog of the Property Units and Construction Unit of the former MEER and presents a technical guide for the construction of subway electrical networks; the same that allows to improve its construction processes, in the research, we applied the synthetic study method since it identifies particularities of different regulations to structure in an abstract manner guidelines for constructing subway networks; as a result, the first objective shows that EERSSA's internal Regulations present the information in a general way, for the construction of electrical projects of subway networks, in addition to the catalog of approval analyzed presents an increased functionality for the design and construction of subway electrical distribution networks, since it allows structuring a set of standardized descriptive-technical procedures for the construction of subway networks. Finally, the guide includes methodologies, processes, dimensioning, and approval of subway electrical projects, so we suggest that EERSSA implement this guide.

***Keywords:** homologation, units, property, functionality.*

3 Introducción

Una guía en obras de construcción eléctrica es una herramienta que facilita el aprendizaje, planeación y desarrollo de un proyecto en el cual proporcionan explicaciones detalladas e incluyen aspectos fundamentales, que permite a los ingenieros proyectistas alcanzar un mejor resultado.

El Ecuador se encuentra en un creciente y continuo desarrollo de proyectos urbanos, comerciales e industriales, por lo cual, existe la necesidad de modernizar la infraestructura eléctrica, reemplazando el sistema aéreo por el subterráneo en zonas urbanas y rurales, esta infraestructura eléctrica disminuye el riesgo de accidentes eléctricos en las personas, animales y bienes, mantiene un servicio ininterrumpido y mejora la estética en el lugar. La tecnología de distribución de energía subterránea se ha vuelto esencial para atender la creciente demanda y proporcionar un servicio eléctrico de calidad a los clientes (Aucapiña & Niola, 2012).

El ex Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER) ha establecido en sus registros oficiales número 5, contrato 211, el propósito de promover la estandarización a nivel nacional en el diseño y construcción de nuevas redes de distribución eléctrica subterráneas o en el soterramiento de líneas existentes. De esta manera, se garantiza un mejor desarrollo de las redes eléctricas, brindando seguridad a las personas y mejorando la estética cultural en todo el país (Luzuriaga, 2020).

En el presente Trabajo de Integración Curricular, se pretende realizar una guía para la construcción de redes subterráneas, para la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA), debido a que actualmente esta entidad no mantiene una guía para elaboración de estos proyectos. La guía planteada, permitirá a los ingenieros proyectistas, obtener mayor información acerca de la elaboración y presentación de proyectos eléctricos, dentro del área de concesión de la EERSSA.

Por tal motivo, es esencial tener en cuenta los aspectos fundamentales en las redes de distribución eléctrica, tanto aérea como subterránea, además revisar y analizar la normativa interna de la EERSSA, que describe las características constructivas en redes de distribución eléctrica subterránea, también, utilizar como base el documento para obras eléctricas a nivel nacional de la ex MEER “Homologación de las unidades de propiedad (UP) y unidades de construcción (UC) del sistema de distribución eléctrica en redes subterráneas. De igual manera, los requerimientos que deben cumplir para la elaboración, recepción, aprobación y construcción de proyectos en el área de concesión de la EERSSA.

Los objetivos planteados en este trabajo de investigación se presentan a continuación para darle al lector una visión concisa de los diferentes temas que se desarrollarán detalladamente a lo largo de la investigación.

Objetivo General

Implementar una guía para la construcción de redes subterráneas para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA).

Objetivo Específicos

- Analizar la Normativa interna existente de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA) para la construcción de obras eléctricas subterráneas.
- Describir la funcionalidad del catálogo digital de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del ex MEER.
- Elaborar una guía técnica para la construcción eléctrica de redes subterráneas para la EERSSA.

4 Marco Teórico

4.1 Capítulo I: Aspectos generales

4.1.1 *Concepto de subestación*

En la generación las subestaciones eléctricas son de gran importancia ya que, permiten la transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Se encuentran compuestas por dispositivos los cuales, permiten cambiar los parámetros de la potencia eléctrica tensión, corriente, frecuencia, etc. Y un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema eléctrico (Repsol, 2022).

4.1.2 *Tipos de subestaciones*

- **Subestación eléctrica elevadora**

Estas permiten elevar la tensión que entregan los generadores de electricidad para facilitar la transmisión y la interconexión que se hace con el sistema interconectado.

- **Subestación eléctrica reductora**

Son aquellas que reciben la tensión de la transmisión, que ha sido elevada y la reducen a un nivel adecuado de acuerdo al sector, permite entregar el servicio al sistema de distribución, industrial o residencial según el caso, se tienen diferentes niveles de tensión.

- **Subestación eléctrica de enlace**

El mismo sistema de interconexión las hace necesarias para tener flexibilidad y confiabilidad en el servicio, permite ejecutar maniobras de conexión y de apertura de circuitos según las necesidades que requiera el servicio.

- **Subestación eléctrica en anillo**

Se utilizan para interconectar otras subestaciones, generalmente en los sistemas de distribución.

- **Subestación radial**

Las subestaciones radiales según (Villagrán, 2016), “son las que tienen un solo punto de alimentación, no están interconectadas”(párr, 4).

4.1.3 *Composición de una subestación de distribución*

Una subestación se encuentra compuesta por:

- **Transformador.** Es una máquina eléctrica estática que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro manteniendo la frecuencia constante, y funciona según el principio de inducción electromagnética.
- **Interruptor de potencia.** Interrumpe y restablece la continuidad del circuito.

- **Restaurador.** Es un interruptor de aceite con tres contactos ubicados en el mismo tanque y que opera a bajas capacidades interruptivas. Los restauradores funcionan con tres maniobras de cierre y cuatro aperturas con un intervalo entre ellas, el cierre debe ser manual en la última apertura ya que indica que las fallas son permanentes.
- **Cuchillas fusibles.** Son elementos de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tienen dos funciones: una como cuchilla desconectadora, para lo cual, se conecta y desconecta y otra como elemento de protección. El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión.
- **Cuchillas desconectadoras y cuchillas de prueba.** Sirven para desconectar físicamente un circuito eléctrico. Por lo general se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se puede operar con carga hasta ciertos límites.
- **Apartarrayos.** Se encuentra conectado permanentemente en el sistema, descarga la corriente a tierra cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud. Su operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuando se alcanza el valor para el cual está calibrado o dimensionado.
- **Transformador de instrumento.** Existen dos tipos: transformadores de corriente (TC), cuya función principal es cambiar el valor de la corriente en su primario a otro en el secundario, y transformadores de potencia (TP), de transformar los valores de voltaje sin tener en cuenta la corriente. Estos valores sirven como lecturas en tiempo real para instrumentos de medición, control o protección que requieran señales de corriente o voltaje (Relsamex, 2020).

4.1.4 Distribución de energía eléctrica

La distribución de energía eléctrica es aquel proceso que va desde la generación en las centrales de corriente alterna, a diferentes sectores de transformación de tensiones para así luego pueda ser distribuida a los sectores de consumo.

4.1.4.1 Líneas de media tensión.

La media tensión es aquella que se emplea para transportar la electricidad desde las subestaciones hasta las centrales transformadoras cercanas al centro de consumo (BBVA, 2022).

4.1.4.2 Líneas de baja tensión.

Las líneas de baja tensión son empleadas para consumir electricidad en los hogares (electrodomésticos). Por este motivo, se transforma la media tensión en baja tensión para su consumo, en América mantiene diferentes voltajes 120 – 127V (BBVA, 2022).

4.1.4.3 Alimentadores primarios.

Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de potencia hasta los centros de transformación. Los componentes de un alimentador primario son:

- Troncal: Es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía eléctrica desde las subestaciones de potencia. En los sistemas de distribución estos conductores son de calibre grueso, dependiendo del valor de la densidad de carga.
- Ramal: Es la parte del alimentador primario en el cual se conectan los centros de transformación y servicios particulares suministrados en voltaje de media tensión. Normalmente son de calibre menor al de la troncal (Vélez, 2020).

4.1.4.4 Red de baja tensión.

Los alimentadores secundarios operan en monofásico a tres hilos de 240/120 V y trifásico de 220/127 V, y encargados de transportar la energía desde los transformadores de distribución hasta los frentes de los consumidores.

4.1.5 Clasificación de las redes de distribución en base a sus voltajes nominales

4.1.5.1 Redes de distribución primarias.

Las redes de distribución primarias o alimentadores primarios, también se los conoce como red de media tensión, estas redes mantienen diferentes niveles de tensión, la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA) utiliza los siguientes niveles de tensión en las diferentes zonas dentro de su área de concesión.

En media tensión se tienen dos niveles como:

- Zona de Loja, corresponde a toda la provincia de Loja en la cual el sistema de distribución opera a una tensión de 13.8/7.97 kV.
- Zona Oriental, corresponde a la provincia de Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza, en esta zona la tensión en el sistema de distribución es de 22/12.7 kV (EERSSA, 2012).

4.1.5.2 Redes de distribución secundarias.

En el Ecuador, existen tensiones de diseño para los circuitos secundarios los voltajes de diseño de redes urbanas y rurales que permiten abastecer al servicio residencial, comercial, a pequeñas industrias y alumbrado público estos dos últimos alimentados por la red secundaria (Ramírez, 2004).

La EERSSA, utiliza los siguientes niveles de tensión en su área de concesión. En baja tensión las redes de distribución pueden ser monofásicas o trifásicas con diferentes niveles como:

- Sistemas monofásicos de distribución 240/120 V.
- Sistemas trifásicos de distribución 220/127 V.

En la **Figura 1**, se aprecia los diferentes voltajes secundarios y su respectiva utilización.

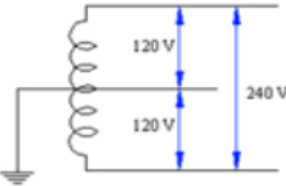
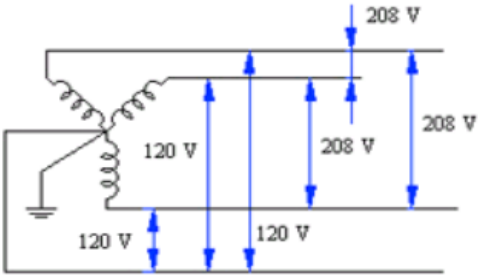
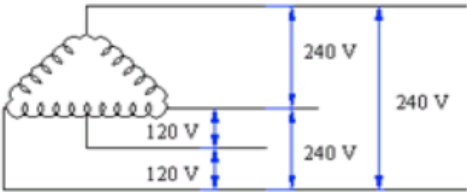
Voltaje secundario y tipo de sistema	Diagrama de conexiones y voltajes secundarios	Utilización y disposición recomendada
120 / 240 V. Monofásico trifilar Neutro sólido a tierra		Zonas residenciales urbanas. Zonas rurales - Alumbrado público. Redes aéreas. Subterránea en zonas residenciales clase alta.
120 / 208 V Trifásico tetrafilar en estrella Neutro sólido a tierra		Zonas comerciales e industriales. Zonas residenciales urbanas. Zonas rurales con cargas trifásicas. Alumbrado público. Redes aéreas. Subterránea en zonas céntricas.
120 / 240 V Trifásico tetrafilar en Δ con devanado partido		Zonas comerciales e industriales. Zonas residenciales urbanas Zonas rurales con cargas trifásicas. Alumbrado público. Redes aéreas. Subterránea según especificaciones.

Figura 1. Sistemas de distribución secundaria.

Fuente: (Ramírez, 2004).

4.1.6 Clasificación de las redes de distribución en base al tipo de cargas

4.1.6.1 Redes de distribución para cargas industriales.

Tienen un componente importante de energía reactiva debido a la gran cantidad de motores instalados, este tipo de instalaciones a menudo hace necesario corregir el factor de potencia. Además, de las redes independientes para fuerza motriz es indispensable distinguir otras como calefacción y alumbrado. A estas cargas, se les controla el consumo de reactivos y

se les realiza gestión de carga pues tienen doble tarifa (alta y baja), para evitar que su pico máximo coincida con el de la carga residencial (Ramírez, 2004).

4.1.6.2 Redes de distribución para cargas comerciales.

Estas cargas son resistivas y se localizan en áreas céntricas de las ciudades donde se realizan actividades comerciales, centros y edificios de oficinas. Tienen algún componente inductivo que bajan un poco el factor de potencia. Hoy en día predominan cargas muy sensibles que introducen armónicos (Ramírez, 2004).

4.1.6.3 Redes de distribución para cargas residenciales.

Se caracterizan por ser resistivas (alumbrado y calefacción) y los electrodomésticos de pequeñas características reactivas. En base al nivel de vida y los hábitos que los usuarios mantienen, se agrupan en diferentes sectores de acuerdo a las clases socioeconómicas se clasifican así:

- Zona clase alta: constituida por usuarios que tienen un alto consumo de energía eléctrica.
- Zona clase media: conformada por usuarios que tienen un consumo moderado de energía eléctrica.
- Zona clase baja: conformada por usuarios de barrios populares que tienen un consumo bajo de energía eléctrica.
- Zona tuguerial: dentro de la cual están los usuarios de los asentamientos espontáneos sin ninguna planeación urbana y que presentan un consumo muy bajo de energía (Ramírez, 2004).

4.1.6.4 Redes de distribución para cargas mixtas.

En este tipo de redes se tienen varias cargas en una misma red de distribución, no muy deseables pues se dificulta el control de pérdidas.

4.1.6.5 Redes de distribución para cargas de alumbrado público.

Para contribuir a la seguridad ciudadana en las horas nocturnas se instalan redes que alimentan lámparas de mercurio y sodio de características resistivas.

4.1.7 Clasificación de los sistemas de distribución en base a su construcción

4.1.7.1 Redes de distribución subterráneas.

Las redes de distribución subterránea son empleadas en ciudades, condominios, etc. Este tipo de instalaciones son utilizadas con fines estéticos y, además por razones de urbanismo para mejorar la seguridad, presencia de la cablería en las ciudades.

4.1.7.2 Redes de distribución aéreas en media tensión.

En la distribución aérea el conductor que usualmente se emplea se encuentra desnudo que va soportado a través de aisladores instalados en crucetas, en postes de concreto. Estas redes de distribución se caracterizan por transportar energía, en el caso de Ecuador, los niveles de tensión van desde 2.2 kV hasta 34.5 kV. El conductor empleado es el ACSR desnudo de aluminio de con alma de acero para cargas calibre #2, #1/0, #3/0 AWG (Ramírez, 2004).

4.2 Capítulo II: Características de los sistemas subterráneos

4.2.1 Sistemas subterráneos

El sistema de distribución consta de líneas principales, ramales, seccionamientos y protecciones que alimentan a los transformadores de distribución y redes secundarias. Se pueden instalar en configuración aérea y subterránea (Chacon, s. f.).

4.2.2 Definición

Las redes subterráneas son todas aquellas instalaciones diseñadas para entregar energía eléctrica directamente a los consumidores con parámetros adecuados y establecidos en la normativa vigente, tales como nivel de tensión, frecuencia, confiabilidad y disponibilidad del servicio. Este proceso se realiza mediante cables de alta, baja tensión y alumbrado público, los mismos que son instalados en ductos.

Para transformadores, seccionadores y dispositivos de protección, tanto de alta como de baja tensión, se instalan en cámaras subterráneas. Todos los equipos instalados en estas condiciones deben tener características especiales para soportar las diversas condiciones a las que están expuestos, tales como: alta temperatura, humedad, poca ventilación, etc.

Los cables de los sistemas subterráneos de distribución eléctrica cuentan con un aislamiento especial tanto para alta tensión como para baja tensión, así como para alumbrado público y acometidas.

4.2.3 Ventajas de los sistemas subterráneos

Entre las principales ventajas que ofrecen los sistemas subterráneos a los usuarios, se pueden destacar las siguientes: ornato, seguridad, capacidad, fallas.

- **Ornato.** La importancia del embellecimiento, especialmente en los centros de las ciudades y nuevas áreas residenciales como las áreas urbanas, es un factor muy importante a considerar. Al trasladar todas las instalaciones de telecomunicaciones y distribución eléctrica a un sistema subterráneo lejos de la vista de los peatones, el sitio se vuelve menos caótico, más transitable y el paisaje del sitio es más viable, dejando de lado las redes aéreas. Razones por las

que los organismos reguladores, ya sean municipales o gubernamentales, exigen el uso de sistemas subterráneos en centros urbanos y edificaciones nuevas.

- **Seguridad.** En los sistemas aéreos, los cables y equipos instalados se ubican a varios metros de las ventanas de los edificios y de las personas, por lo que el riesgo de exposición existe y se considera significativo. Los sistemas subterráneos eliminan este factor de riesgo, aumentando la seguridad tanto de los usuarios habituales, que evitan accidentes por contacto, como del mantenimiento especializado. A continuación, se presentan recomendaciones para garantizar el nivel de seguridad de las instalaciones:
 - Debe haber un plano preciso del recorrido del cable.
 - Cumplir con las normas respecto a la profundidad de las tuberías y la construcción de canales y pozos.
 - La instalación debe realizarse de acuerdo a las normas nacionales o internacionales según los requerimientos de las empresas distribuidoras.
 - El personal debe ser calificado, capacitado en sistemas subterráneos.
- **Capacidad.** Al utilizar redes subterráneas, la capacidad eléctrica aumenta significativamente en comparación con las redes aéreas, gracias a la instalación de cables de mayor diámetro y varios circuitos en las redes subterráneas. Al utilizar redes aéreas, el peso de los cables para cumplir con la misma necesidad inicial requiere estructuras más duraderas y por ende equipos más pesados, además de dar un mal aspecto al ambiente y ocupar grandes espacios.
- **Falla.** La razón principal para reducir las fallas de los sistemas subterráneos es la naturaleza no descubierta de los cables y equipos, lo que evita en gran medida los accidentes por factores externos, como la caída de objetos sobre los cables y equipos que son blancos fáciles. En caso de vandalismo o daños por la intemperie. Las fallas no son tan comunes en los sistemas subterráneos, la topología de cables enterrados en el suelo dificulta el acceso, y los equipos instalados en las cámaras están protegidos contra incendios, no permiten desastres.

La contraparte de los sistemas subterráneos es la detección de fallas, y un aumento en el tiempo promedio de reparación. Es importante señalar que los valores económicos de implementar un sistema subterráneo son altos en comparación con los sistemas aéreos, por lo que se prefieren los sistemas subterráneos (Chacon, 2022).

4.2.4 Sistemas subterráneos en Ecuador

Algunos trabajos desarrollados en el Ecuador en cuanto a sistemas eléctricos subterráneos se mencionan a continuación:

- Documento de homologación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.
- Manual de procedimientos para la construcción de las redes eléctricas subterráneas para la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A:
- Proyecto de especificaciones técnicas para el diseño de redes subterráneas de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur S.A.
- Manual para la construcción de líneas subterráneas a 69 kV en la provincia del Guayas.
- Análisis descriptivo del soterramiento de las redes de distribución de electricidad en la regeneración urbana del centro histórico de la ciudad de Loja.
- Diseño de redes eléctricas subterráneas para seguridad energética.
- Metodología del diseño de una red en media tensión subterránea, bajo normas NATSIM.
- Manual de redes subterráneas del centro histórico de la ciudad de Cuenca.

4.2.5 Componentes de un sistema subterráneo

Consta de varios equipos e infraestructura, como se muestra la **Figura 2**. Los más importantes son:

- Cables de tierra.
- Equipos de instalación tipo pedestal.
- Terminaciones y empalmes de cables.
- Descargadores de sobretensiones y sistemas puestas a tierra.
- Soportes de equipos.

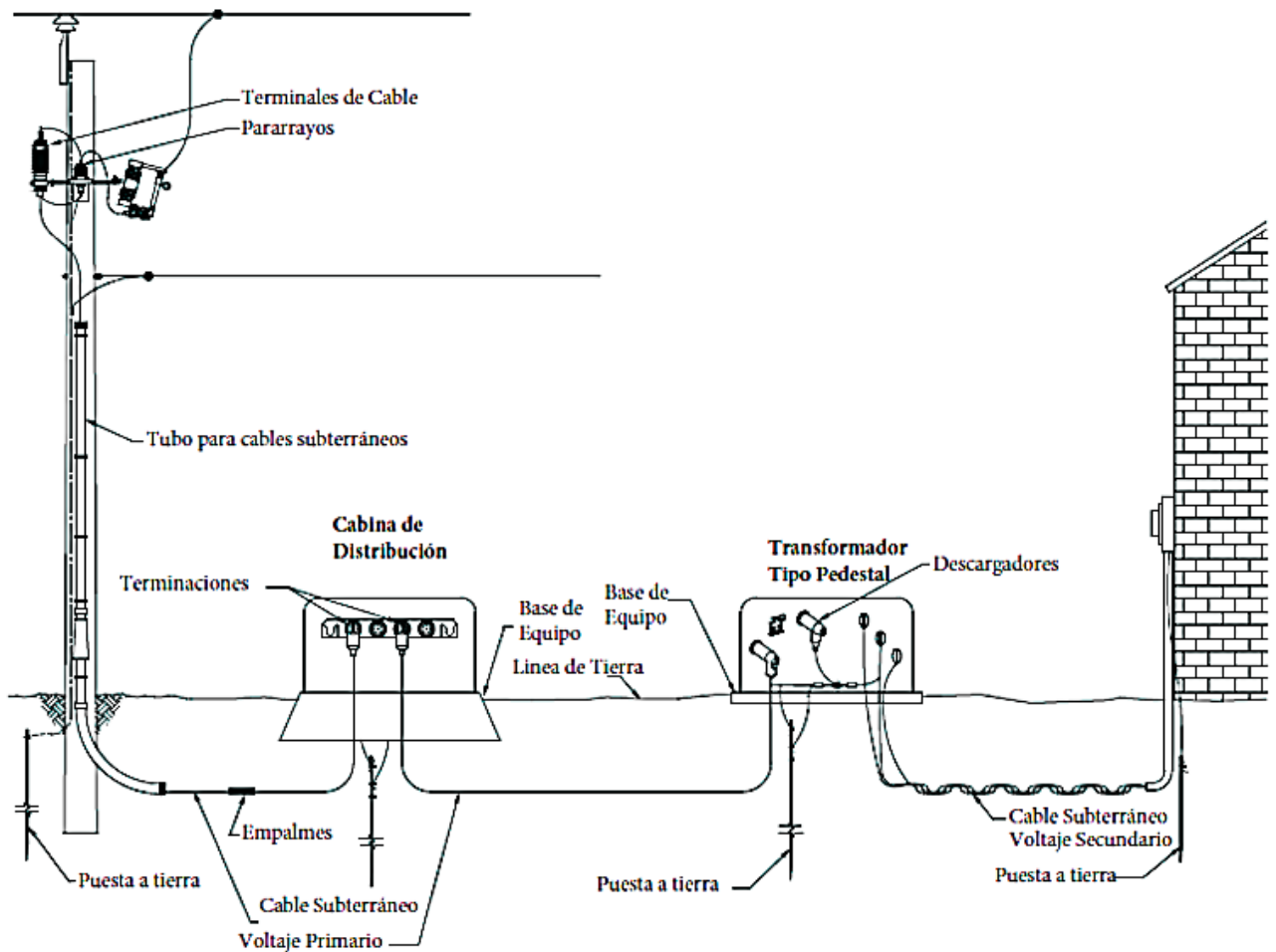


Figura 2. Componentes del sistema subterráneo.

Fuente: (Thomas, 2008, p. 26).

4.3 Capítulo III: Normativas en sistemas de distribución subterráneas

4.3.1 Normativas vigentes en las redes de distribución subterráneas en el Ecuador

Algunos países latinoamericanos han experimentado gobiernos progresistas, razón por la cual Ecuador comenzó a cambiar el marco regulatorio del sector eléctrico ecuatoriano en el año 2007, ya que, la Ley Institucional del Sector Eléctrico (LRSE) permitió que el sector eléctrico se abriera a la privatización y las inversiones, fomentando el modelo de barcaza eléctrica, limitar la inversión pública en la generación, transmisión y distribución del suministro eléctrico. La creación del nuevo marco regulatorio se enfoca en la creación de nuevas leyes en las que el Estado juega un papel fuerte e importante en la economía, responsable de grandes proyectos de inversión, especialmente proyectos de generación eléctrica como centrales hidroeléctricas y eólicas, encaminados a lograr energía soberanía, por lo tanto, con la entrada en vigencia de la Ley Orgánica de Servicios Públicos de Energía Eléctrica (LOSPEE), se reestructuró el sector energético (EREE, 2022).

4.3.2 Normativa técnica para el diseño de redes de distribución subterránea de la EERSSA.

Un sistema de distribución de energía eléctrica subterránea permite energizar un cierto número de cargas de manera segura y confiable, por cuestión de congestión o condiciones de seguridad no es aconsejable el sistema aéreo, la misma se encuentra ubicados en diferentes sectores con distinto niveles de tensión. Dependiendo de las características de las cargas, se involucran los volúmenes de energía y las condiciones de fiabilidad y seguridad con la que se deba operar los sistemas de distribución.

La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA) es una empresa distribuidora de energía eléctrica, su red de distribución consta de 24 subestaciones eléctricas y más de 13 000 km de líneas de transmisión contando sistemas primarios, secundarios y subtransmisiones. Su área de concesión corresponde a las provincias de Loja y Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza de Morona Santiago (EERSSA, 2012).

La Empresa Eléctrica Regional del Sur, para el diseño y construcción de ejecución de obras de electrificación cuenta con el documento, “NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS URBANAS Y RURALES”. En el CAPÍTULO VI, establece la normativa para redes de distribución subterránea.

4.3.2.1 Redes de distribución subterráneas.

Las especificaciones técnicas para la construcción de redes subterráneas se describen en el Capítulo VI de la norma establecida por la EERSSA, los cuales enfatizan en los siguientes:

- El cable utilizado en las fases de media tensión será monopolar, con aislamiento XLPE y el conductor de cobre desnudo cableado para el neutro.
- Las acometidas subterráneas diseñadas para servir a una cabina de transformación o a un transformador tipo pedestal se protegerán con una tubería EMT.
- En los pozos construidos para la acometida de media tensión y en los pozos que lleguen a la cabina de transformación, debe haber por lo menos tres tuberías de 110 mm, de manera que se pueda hacer al menos una derivación.
- Los seccionadores fusibles tipo abierto, los pararrayos y las puntas terminales tipo exterior se instalan en el poste de arranque de la acometida. En el caso de sistemas trifásicos las protecciones se montarán sobre crucetas ubicadas bajo la estructura de arranque.

- Las cabinas de transformación ubicadas en el área de influencia deben tener espacio suficiente para permitir la instalación adecuada de los equipos. Los transformadores a instalar son de tipo pedestal, cuyo diseño debe cumplir con las especificaciones establecidas en esta norma.
- Las cabinas de transformación ubicadas fuera del área de influencia deben ser al menos un área mínima rectangular de 9 m² con una longitud y ancho no menor a 3 metros, la altura mínima será de 2.2 metros. La altura mínima de la puerta de entrada es de 1.80 metros por 1.20 metros de ancho. Los transformadores a instalar son del tipo convencional con sus respectivas protecciones (EERSSA, 2012).
- Las cabinas deben contar con un sistema de ventilación que garantice que la temperatura en la cabina no supere los 40 °C cuando el transformador esté funcionando a plena carga.

4.3.3 Homologación de Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) de las especificaciones técnicas en obras civiles para la construcción de las cámaras subterráneas

En la actualidad en país no mantiene una normativa para redes eléctricas subterráneas establecida por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), por lo mismo se está trabajando en ello, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), ha presentado un documento que junto a algunas empresas de distribución de energía en el Ecuador, se establecen los parámetros para el diseño y construcción de un sistema eléctrico subterráneo, denominado “Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica de Redes Subterráneas”.

En el cual tiene por objetivos:

- Establecer un sistema único para la identificación de las Unidades de Propiedad (UP) que conforman el sistema de distribución de redes subterráneas.
- Estandarizar y homologar los materiales y equipos que conforman las Unidades Constructivas.
- Definir un sumario de especificaciones técnicas de los materiales y equipos eléctricos de mayor uso en el sistema de distribución de redes subterráneas.
- Estandarizar la simbología para representar los elementos del sistema de distribución subterráneo (MEER, 2013b).

El documento se encuentra comprendido de seis secciones, las cuales se detallan posteriormente en base a las disposiciones de la obra civil y eléctrica. A continuación, se presenta cada una de las secciones:

- SECCIÓN 1:

Marco teórico para la homologación de las unidades de propiedad de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas. En el capítulo I; la sección 2, el código define las especificaciones técnicas que se deben cumplir en la selección de los materiales de construcción, iluminación interior, ventilación, detalles constructivos y otros según su aplicación necesarios para la obra civil.

- SECCIÓN 2:

Manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas.

- SECCIÓN 3:

Especificaciones técnicas de los materiales para sistemas de distribución eléctrica de redes subterráneas.

- SECCIÓN 4:

Manual de las unidades de construcción.

- SECCIÓN 5:

Código de las unidades de propiedad para los sistemas de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución.

- SECCIÓN 6:

Simbología de los elementos del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas. (MEER, 2013b).

La selección de equipos eléctricos para redes subterráneas incluye materiales y equipos que forman parte de la red, que generalmente muestra su uso, lugar de utilización y, en ocasiones, sus valores carga admisibles más importantes (voltaje, amperaje, nivel de aislamiento, etc.).

5 Metodología

Esta sección consta de dos apartados que corresponden a los materiales y a la descripción detallada de la metodología. La primera parte presenta los equipos de oficina, softwares y recursos con los que se lleva a cabo el Trabajo de Integración Curricular. La segunda parte describe la secuencia y el flujo de los pasos para lograr los objetivos planteados.

5.1 Materiales

Los siguientes recursos fueron utilizados como materiales para la realización del Trabajo de Integración Curricular.

Recursos humanos:

- Director de proyecto de Trabajo de Integración Curricular.

Recursos bibliográficos:

- Material referencial y bibliográfico.
- Normas técnicas para la construcción de redes eléctricas urbanas y rurales (EERSSA, 2012).
- Documento de homologación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas (MEER, 2013b).

Recursos de oficina:

- Equipos y complementos computacionales.
- Paquetes Office.

5.2 Métodos

5.2.1 Método de estudio

El método de estudio del presente proyecto fue sintético porque se realizó un breve resumen del proceso que se debe llevar a cabo para una guía de construcción de redes subterráneas para la empresa EERSSA.

5.2.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación ejecutado fue el descriptivo – explicativo, puesto que permitió describir la guía de construcción de una red subterránea para la empresa EERSSA, aplicando las normativas de ésta y la ex MEER.

5.2.3 Área de estudio

El presente proyecto se llevó a cabo en la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA), la cual beneficia a toda su área de concesión, para proyectos presentes y futuros en la construcción de redes de distribución subterráneas.

En la **Figura 3**, se muestra el área de concesión que comprende la EERSSA con una extensión 22.787,55 km², las mismas que se conforman por las provincias: Loja con 16 cantones, Zamora Chinchipe 9 cantones y Morona Santiago con un cantón.

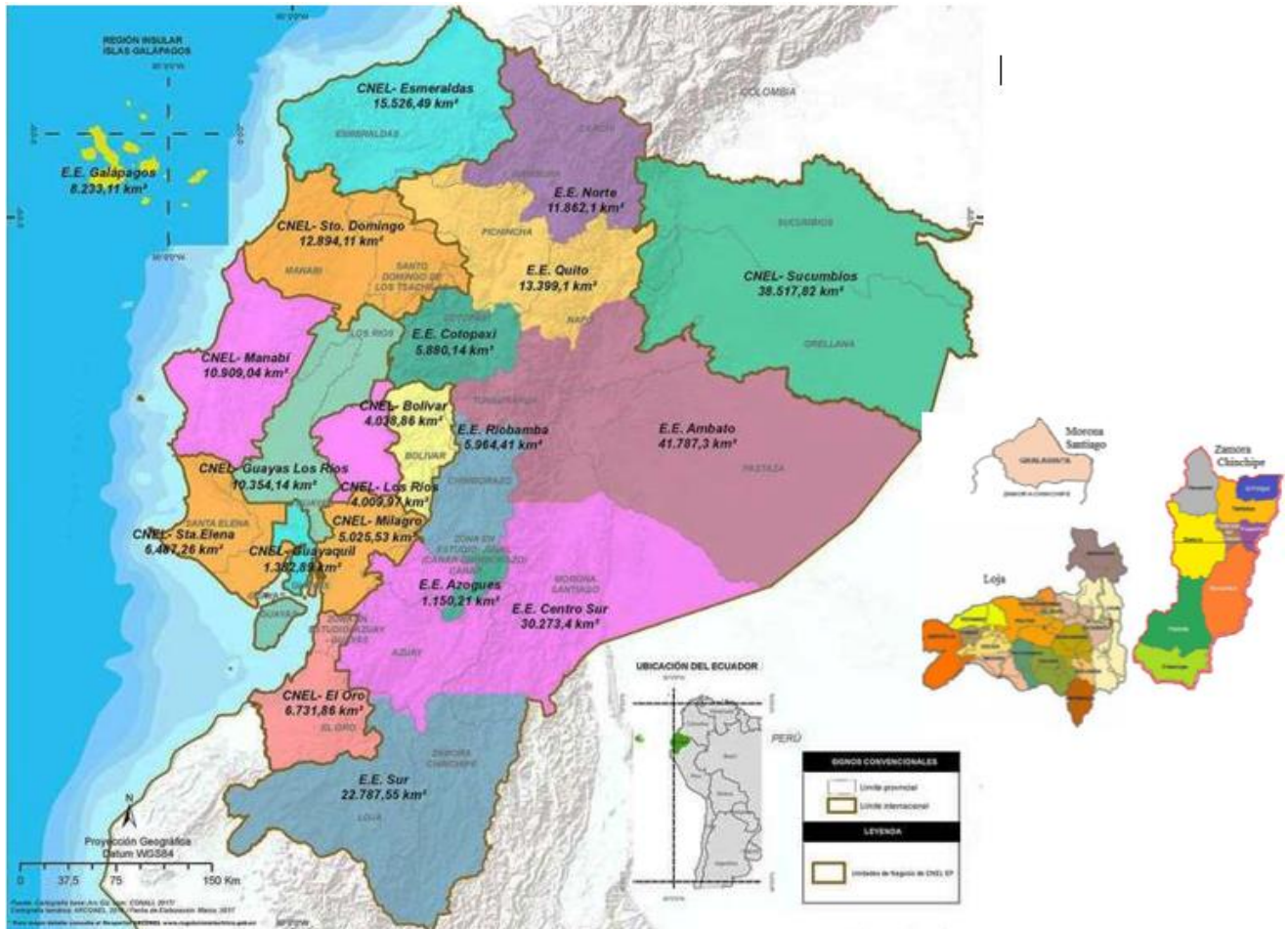


Figura 3. Área de concesión de la EERSSA.

Fuente: (EERSSA, 2018, p. 6).

La investigación se inició con la recopilación de información en base a la normativa interna de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA).

Posteriormente a esto, se procedió a planificar las actividades necesarias para llevar a cabo la investigación como son la descripción y análisis de la normativa interna de la EERSSA, en cuanto, a la distribución de energía eléctrica en redes subterráneas.

Consecutivamente, para conocer las obras eléctricas y civiles de las redes subterráneas, se analizó el documento normalizado a nivel nacional de “Homologación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del sistema de distribución eléctrica principalmente lo que compete a redes subterráneas” establecido por la ex MEER.

Con el análisis de la normativa interna de la EERSSA y el catálogo digital del ex MEER en lo que contempla a las redes de distribución subterránea, se efectuó la guía técnica para la construcción de obras eléctricas subterráneas.

Para el diseño de los proyectos eléctricos se debe presentar la respectiva documentación en la EERSSA, además tener en cuenta las limitaciones que existan en el área del proyecto. Debiendo primeramente estar registrado el ingeniero proyectista en la Oficina Virtual. Para llevar a cabo el desarrollo de la guía técnica para la construcción de redes subterráneas, se inicia con los trámites correspondientes para la aprobación y constancia del proyecto eléctrico, empezando por el acta de acondicionamientos básicos del proyecto, memoria técnica descriptiva, cálculo de caída de tensión en media y baja tensión, también el cálculo lumínico de vías públicas, parques, plazoletas, presupuesto de materiales, mano de obra calificada y no calificada, planos normalizados por la entidad; todo esto y en conjunto a la información de la normativa y reglamento en diseño de redes subterráneas, los mismos que se presentan en la gerencia de planificación o construcción según sea el caso del proyecto. Además, para la construcción de proyectos eléctricos subterráneos se usa como partida inicial el catálogo digital y de documentación de trabajos subterráneos realizados por la EERSSA.

5.2.4 Flujograma

A continuación, se muestra el flujograma (ver **Figura 4**) que describe el proceso para lograr los objetivos de este Trabajo de Integración Curricular.

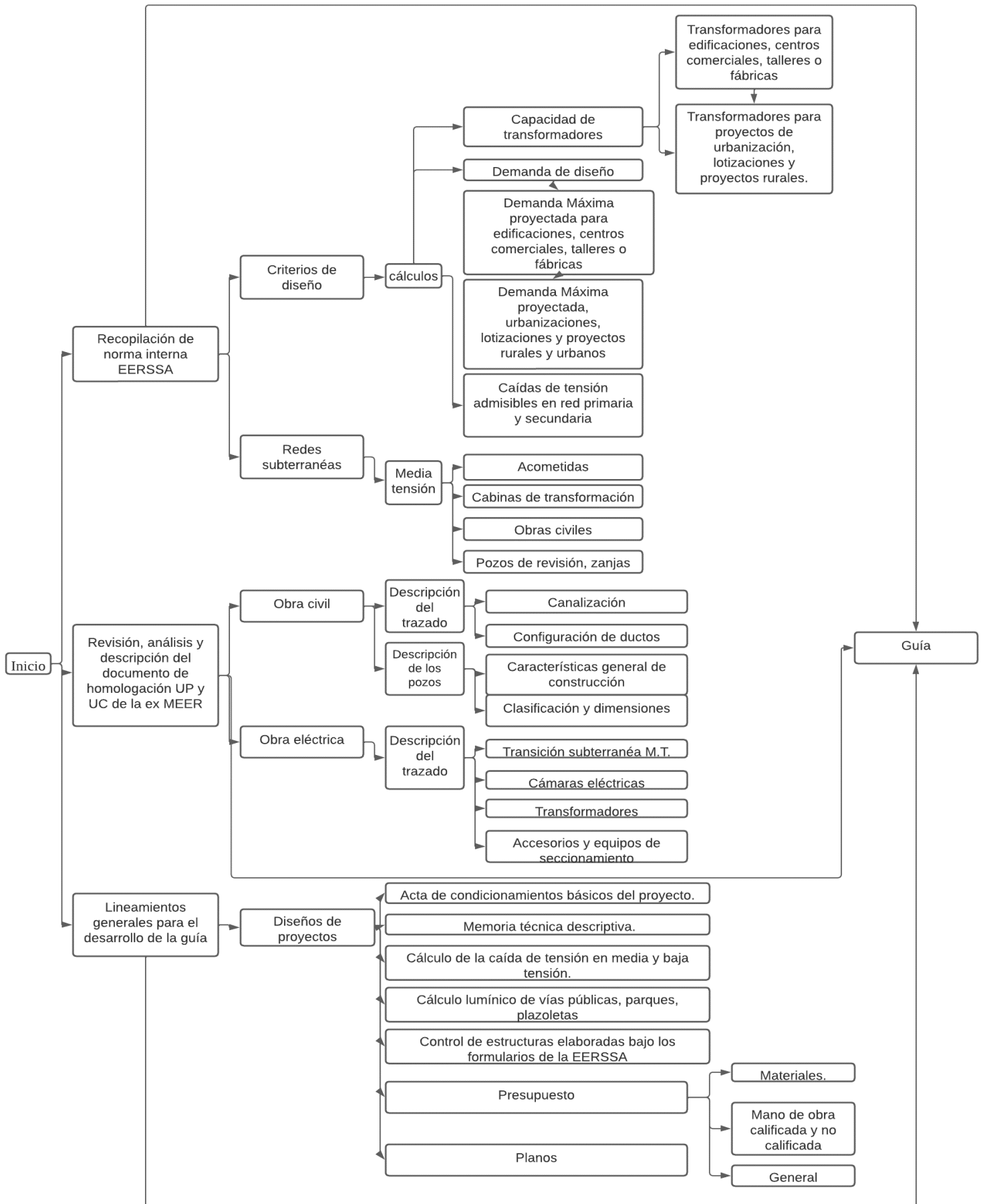


Figura 4. Esquema de la metodología del Trabajo de Integración Curricular.

6 Resultados

6.1 Analizar la normativa interna existente de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA) para la construcción de obras eléctricas subterráneas.

Para dar cumplimiento al objetivo con base a lo tratado en el capítulo III, se analiza el documento “NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS URBANAS Y RURALES”, que es la pauta para los diseños eléctricos de media y baja tensión, en el cual se exponen las normativas, en cuanto a equipos, accesorios y a la teoría sobre la construcción de redes de distribución subterráneas, que incluye la simbología que utiliza la EERSSA.

6.1.1 Normas técnicas de la EERSSA para el diseño del sistema de distribución de redes subterráneas

La normativa vigente que mantiene la EERSSA fue publicada en enero del 2012 en el mismo se señalan los procesos de diseños que presenten la entidad para su aprobación, previo a la ejecución de obras de electrificación en el cual, deben cumplir con lo que establece Reglamento Sustitutivo del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad la Regulación de Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución del documento “Homologación y Estandarización de las Unidades de Propiedad y Unidades Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica del ex MEER (EERSSA, 2012).

La normativa interna establece información concerniente a temas como: obras de construcción de zanjas, dimensiones, niveles de tensión que mantiene en su área de concesión, conductores a emplearse tanto en redes de distribución como acometidas, caídas de tensión en la red primaria como secundaria, redes de distribución subterránea y los cálculos de la capacidad de transformadores.

La EERSSA utiliza los siguientes niveles de tensión en su área de concesión como se aprecia en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Niveles de tensión utilizados por la EERSSA.

ZONA	ALTA TENSIÓN (kV)	MEDIA TENSIÓN (kV)	BAJA TENSIÓN (V)	
			SIST. MONOFÁSICOS	SIST. TRIFÁSICOS
Loja Oriental	69	13.8 / 7.97 22 / 12.7	240/120	220/127

Fuente: (EERSSA, 2012).

6.1.2 Normas y procedimientos para diseño, aprobación, fiscalización y recepción de proyectos

El marco legal de la EERSSA está encabezado por la Constitución, todas las normas inferiores están subordinadas a ella. El Artículo 314 de la misma establece que el Estado es responsable de la provisión de servicio eléctrico. El servicio brindado debe responder a principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. En el Artículo 315 de la Constitución se menciona que el Estado constituirá empresas públicas para la gestión de los sectores estratégicos, la prestación de servicios públicos, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales o de bienes públicos y el desarrollo de otras actividades económicas. Las empresas públicas estarán bajo la regulación y el control específico de los organismos pertinentes, de acuerdo con la ley, funcionarán como sociedades de derecho público, con personalidad jurídica, autonomía financiera, económica, administrativa y de gestión con altos parámetros de calidad y criterios empresariales, económicos, sociales y ambientales.

La normativa interna de la EERSSA, consolida la información más relevante para el dimensionamiento de las redes subterráneas, constituyendo una gran parte de las directrices para la construcción y la documentación de presentación para el desarrollo de un proyecto eléctrico de redes subterráneas. Respecto a los componentes de equipo y los accesorios empleados para realizar el diseño y construcción dentro de la EERSSA, estos establecidos por el documento “Homologación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción”.

6.2 Describir la funcionalidad del catálogo digital de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del ex MEER

El catálogo digital de las Unidades de Propiedad y Unidad de Construcción del ex MEER, nace de un convenio de cooperación interinstitucional entre las Empresas de Distribución Eléctrica (EDs), y el ex Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), para la implementación de un sistema de gestión único, que permita identificar de manera unificada, materiales y equipos usados en las estructuras y montajes de equipos del sistema de distribución eléctrica a nivel nacional.

En la revisión del componente teórico de catálogo digital, se determina que este busca además contar un sistema único para la identificación de las Unidades de Propiedad (UP); homologar tanto equipos como materiales de las unidades constructivas, así como las especificaciones técnicas de estos, haciendo énfasis en los materiales y equipos eléctricos más

utilizados en sistema de distribución eléctrica, y generar estándares de la simbología para presentar los elementos del sistema de distribución.

El catálogo al establecer una identificación única de las unidades de propiedad y unidades de construcción, presenta como ventaja contar con la información geográfica, registrar activos, liquidar proyectos; que es muy importante ya que a nivel nacional se puede homologar materiales de las unidades constructivas como: sistemas de puesta a tierra, para montaje de transformadores, alumbrado público, entre otros así como mejorar técnicamente la gestión mantenimiento y operación de los diferentes componentes, materiales y estructuras que conforman el sistema de distribución.

El catálogo además cuenta con un manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas, especificaciones técnicas, manual UP, codificaciones y simbología, que consolidan un sistema único muy amigable que establece características y parámetros fundamentales para la identificación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC), al igual que los componentes básicos de los Sistemas de Distribución y otras propiedades, lo que permite elegir los componentes y características que este instrumento presenta de utilidad práctica para el diseño y construcción de redes subterráneas de distribución eléctrica.

Al haber revisado el catálogo digital de las UP y UC del ex MEER, esta tiene una alta funcionalidad los mismos, que se toman en cuenta para la elaboración de la guía de construcción de redes subterráneas para la EERSSA.

6.3 Elaborar una guía técnica para la construcción eléctrica de redes subterráneas para la EERSSA

Una vez realizado el análisis de la normativa interna de la EERSSA, y haber establecido la funcionalidad del catálogo digital de las UP y UC del ex MEER, para el cumplimiento de este objetivo, se procede a realizar la guía para la construcción de redes subterráneas de la EERSSA.

6.4 Guía de diseño de redes subterráneas

6.4.1 Propósito de la guía

La presente guía se enfoca en establecer procedimientos técnicos y descriptivos estandarizados para la construcción de redes subterráneas aprobadas por la EERSSA, previo al cumplimiento de requisitos administrativos, técnicos y de calidad para la respectiva aprobación de los proyectos eléctricos.

6.4.2 Campo de aplicación

La guía indica las pautas a considerar para el diseño, construcción, planificación, operación y mantenimiento de proyectos de redes subterráneas en los que obligatoriamente intervendrá un Ingeniero Eléctrico o un especialista calificado y autorizado.

6.4.2.1 Oficina virtual de la EERSSA.

La EERSSA presenta una oficina virtual, a ésta se puede acceder en la siguiente dirección: http://186.178.204.61:8093/oficinavirtualile/seg_Login/, con ello los ingenieros proyectistas obtienen información de la documentación a presentar, para la revisión y aprobación de los proyectos eléctricos.



Descripción	Estado
▶ ... Proyectos inmobiliarios	ACTIVO
▶ ... Proyectos para Aprovechamientos mineros	ACTIVO
▶ ... Otros proyectos	ACTIVO
▶ ... Propiedad horizontal	ACTIVO

Figura 5. Tipos de proyectos y sus requisitos.

Fuente: (EERSSA, s. f.).

Dentro de la oficina virtual se encuentran los diferentes proyectos como se observa en la **Figura 5**, con sus requisitos como se detallan a continuación:

Proyectos inmobiliarios.

- Solicitud de aprobación de proyecto.
- Carta de Propietario autorizando elaboración de proyecto.
- Título de propiedad debidamente legalizado en el registro de propiedad.
- Documento emitido por el GAD sobre aprobación del proyecto inmobiliario.
- Informe de la secretaría nacional de Gestión de Riesgos.
- Memoria del proyecto, planos, etc.

Proyectos para Aprovechamientos mineros.

- Solicitud de aprobación de proyecto.
- Carta de Propietario autorizando elaboración de proyecto.
- Título de propiedad del suelo debidamente legalizado en el registro de propiedad o acta de negociación con los propietarios del suelo.
- Permiso emitido por el Ministerio de Recursos Naturales No Renovables, Subsecretaría Regional de Minas Sur Zona 7
- Inscripción en la Agencia de Regulación y Control Minero del respectivo Permiso citado en el numeral 4.
- Memoria del proyecto, planos, etc.

Además, otros proyectos se deben tomar en cuenta.

- Solicitud de aprobación de proyecto.
- Carta de Propietario autorizando elaboración de proyecto.
- Título de propiedad debidamente legalizado en el registro de propiedad.
- Memoria del proyecto, planos, etc.

Propiedad horizontal.

- Solicitud para emisión de certificado de propiedad horizontal suscrito por el propietario del proyecto.
- Que el proyecto se encuentre aprobado y vigente (2 años)
- Que Ingeniero en Libre Ejercicio esté Registrado en la EERSSA.

6.4.3 Factibilidad del proyecto

El profesional proyectista antes de realizar un proyecto eléctrico deberá consultar a la Gerencia de Planificación de la EERSSA, personalmente o a través de un electricista o electromecánico autorizado sobre las posibilidades y limitaciones del área del proyecto.

Las condiciones bajo las cuales se construirá la obra están definidas en el acta de condicionamientos básicos del proyecto, el cual se firma entre la EERSSA y el proyectista, la misma que será incorporada al proyecto, para constancia de lo acordado. Esta acta es firmada por el gerente de planificación por parte de la EERSSA.

En los casos en que sea necesario construir redes de media o baja tensión o instalar un transformador para dar servicio de energía eléctrica a uno o más clientes nuevos, se deberá consultar a la EERSSA sobre el acta de acondicionamientos básicos del proyecto.

6.4.4 Servicios virtuales EERSSA

La EERSSA durante el estado de pandemia, para evitar el contacto directo entre el personal administrativo y tomar medidas de seguridad con los clientes, crea la Oficina Virtual, la misma que permite una cercanía entre el usuario y el personal administrativo, con ello evita la necesidad de acudir físicamente a solicitar trámites, para así evitar la expansión del COVID – 19.

Para activar el servicio, el usuario debe ingresar a eerssa.gob.ec en la sección Oficina Virtual e ingresar la información personal (Ver **Anexo 1**).

6.4.5 Presentación, contenido y aprobación proyecto eléctrico

El profesional proyectista para realizar un proyecto eléctrico debe considerar la atención a los nuevos requerimientos de diferentes niveles de tensión en función de lo establecido en la normativa vigente, emitida por los organismos de control y regulación del sector eléctrico de acuerdo a la demanda reflejada por el cliente. Además, debe presentar la documentación para su aprobación dentro de la EERSSA.

6.4.5.1 Solicitud de acta de acondicionamientos básicos del proyecto.

Antes de la realización del proyecto eléctrico, el profesional deberá presentar por escrito el acta de acondicionamientos básicos del proyecto de acuerdo a la misma que estará dirigida al gerente de planificación de la EERSSA. La solicitud indica la provincia, cantón, consumo, la ubicación del proyecto y las características técnicas generales de las redes existentes, adjuntando una planimetría georreferenciada en forma digital o impresa en hoja tamaño A4, bajo el sistema de coordenadas UTM WGS84 zona 17 Sur. Adicionalmente, se estimará la potencia instalada y la demanda máxima (ver **Anexo 2**).

6.4.5.2 Memoria técnica descriptiva.

Es una descripción del proyecto y consta de:

- Generalidades

Tiene que indicar la ubicación del estudio, el área de construcción de cada una de las plantas, la superficie del terreno, en caso de particiones, lotizaciones, urbanizaciones, conjuntos habitacionales, áreas de lotes, vías de circulación y cualquier otro detalle específico del proyecto que se considere oportuno incluir.

En los proyectos que consideren mejorar las redes de distribución o conectar nuevas cargas a redes antiguas, además de los requisitos ya enunciados, se agrega al proyecto la siguiente información:

- Diagnóstico eléctrico del sistema de distribución actual a ser intervenido.

- Lista de materiales existentes y su estado.
- Planos que detallan exactamente las redes existentes.

Para aquellos proyectos que puedan ser incluidos en el presupuesto de inversión de la EERSSA, el proyectista deberá indicar la siguiente información en la memoria técnica descriptiva lo siguiente:

- Especificar claramente que el proyecto realizado formará parte del plan de inversiones de la EERSSA.
- Estudio socio – económico sectorial.
- Nombres de los usuarios del servicio eléctrico, si ya cuentan con este servicio indicar el número de medidor.
- Indicar la distancia en kilómetros por carretera desde la ciudad de Loja hasta el lugar del proyecto.
- Si la obra está ubicada en el sector rural y el acceso a los postes resulta dificultoso, el proyectista debe indicar si los postes se construirán (fundir) en el sitio o no.

En proyectos de baja tensión con una demanda máxima inferior a 10 kVA que requieran instalación directamente desde la red de baja tensión, el proyectista deberá proporcionar tres mediciones tomadas en tres puntos de la red. Esta información se solicita para determinar si el transformador es capaz de proporcionar la potencia requerida para esta carga y también para determinar el efecto de la nueva carga en la red de baja tensión. Los puntos a medir son: el transformador (voltaje y corriente), el poste desde el que se deriva la acometida (voltaje) y el final del circuito de la red de baja tensión (voltaje).

La memoria técnica y sus anexos serán presentados en hojas de 75 gramos de tamaño INEN A4.

6.4.5.3 Caída de tensión.

La EERSSA el límite de caída de tensión permitido es del 3.5 % para la red subterránea de media tensión (22 y 13.8 kV) con cables constituidos por conductores de aluminio o de cobre con aislamiento XLPE, de 25 ó 15 kV, el calibre de los conductores será en base al diseño del ingeniero proyectista y de los ingenieros del área de planificación de la EERSSA.

Los valores de FDV necesarios para calcular las caídas de tensión tanto en media como en baja tensión, se encuentran establecidas en el **Anexo 3**.

❖ *Cómputo de caída de tensión en redes primarias.*

Para que el proyectista determine la caída de tensión en las redes primarias, la EERSSA facilita una plantilla, que permite de una manera ordenada determinar la caída de tensión, considerando en este caso los tramos definidos por la sección de la línea comprendida entre centros de transformación, los mismos que no deberán exceder en el área rural en un 7% y urbana 3.5%.

En el **Anexo 5**, se presenta el formato tipo para el cálculo de la caída de tensión, el cual se describe a continuación:

- Deberá anotar los datos generales del proyecto en los diferentes espacios correspondientes dispuestos en la parte superior del formato.
- Representar esquemáticamente la red a partir del punto de alimentación, la ubicación de los transformadores y la distancia entre ellos en kilómetros, los transformadores se identifican por su número correspondiente y su potencia nominal kVA.
- Nombrar cada uno de los puntos de conexión de la línea de los transformadores y los puntos de derivación de los ramales de la red.
- Consignar los datos y resultados en la plantilla en el siguiente orden:
 - a. En primera instancia asignar el valor porcentual de caída de tensión hasta el punto de derivación del proyecto, este valor deberá ser entregado por la EERSSA.
 - b. Escribir la designación del tramo de la red entre los centros de transformación con la numeración que corresponde a sus extremos y partiendo del punto de alimentación de la red.
 - c. Designar la longitud del tramo en kilómetros.
 - d. Ingresar la potencia nominal del transformador en kVA.
 - e. Anotar el número de fases del alimentador que corresponda al tramo considerado.
 - f. Designar la sección o calibre del conductor.
 - g. Anotar el valor correspondiente a los kVA – km para producir el porcentaje de caída de tensión del 1% de la configuración del circuito y el calibre del conductor indicado anteriormente proveniente del **Anexo 3**.
 - h. Calcular la caída de tensión para el tramo.

- i. Anotar el valor de la caída de tensión total, sumando las caídas parciales, desde el punto de alimentación de la red hasta el extremo final.
- Finalizado el cálculo de la caída de tensión se consignan los valores en la plantilla respectiva, el valor obtenido el cual se sumará al proporcionado por la EERSSA y se verificará que el valor de la caída de tensión no sobrepase los límites establecidos por la norma vigente.

❖ ***Cómputo de caída de tensión en redes secundarias.***

Las redes secundarias se derivan las acometidas a los usuarios, con diferentes magnitudes de potencia, así mismo la EERSSA mantiene una plantilla que permita calcular la caída de tensión, siendo de gran utilidad al proyectista debido a que, conocer el valor total del circuito comparado al límite permitido ya sea, en el área urbana en un 4.5% y rural 5.5%.

En el **Anexo 6**, se presenta el formato tipo para redes secundarias para mayor facilidad de efectuar el cálculo, el cual se describe a continuación:

- Detallar los datos generales del proyecto e identificar las características del cliente, transformador y de la red, en los espacios correspondientes dispuestos en la parte superior del formato.
- Representar esquemáticamente el circuito según la configuración de diseño con la ubicación de los postes o puntos de derivación a los usuarios y la separación entre ellos. Además, con las indicaciones de los siguientes datos sobre el esquema:
 - j. Numeración de los postes en derivación del transformador.
 - k. El número de usuarios acumulados por tramo, calculado a partir del punto extremo de la red hasta el transformador, se hará constar en el esquema dentro de un círculo.
- Se debe designar los datos y resultados en la plantilla de la siguiente manera:
 - 1. Escribir el tramo del circuito comprendido entre dos nodos, con la numeración que corresponde a sus extremos iniciando del transformador.
 - 2. Ingresar la longitud expresada en metros.
 - 3. Anotar el número total de usuarios asignados en el tramo.
 - 4. Asignar la cantidad de luminarias por su capacidad.

5. Con el número de usuarios por tramo y la categoría del consumidor, a través del **Anexo 7**, de la demanda proyectada y consignar el valor correspondiente, además se aumentará la demanda de cargas especiales.
 6. Designar para cada tramo la configuración de la red, distinguiendo el número de fases y de conductores; es decir, 3F4C para tres fases, cuatro conductores, 1F3C para una fase y tres conductores, 1F2C para una fase dos conductores.
 7. Se ingresa la sección o calibre del conductor de fase.
 8. Anotar el valor de kVA – m correspondiente a la caída de tensión del 1% para el calibre del conductor seleccionado (ver **Anexo 4**).
 9. Anotar el resultado del momento eléctrico, esto es el producto de los valores, de la longitud del tramo y la demanda máxima de diseño.
 10. Anotar el resultado correspondiente a la caída de tensión en el tramo, es decir, la relación del momento eléctrico y el valor de kVA – km.
 11. Asignar el valor de la caída de tensión total, la cual se considera como la sumatoria de las caídas parciales desde el transformador hacia el extremo del circuito.
- Finalizada la tabulación de los valores por tramos del circuito, se verifica que estos no sobrepasen el límite permitido. El valor máximo de caída de tensión del circuito se extrae y se consigna en la casilla correspondiente que se muestra en la parte inferior de la hoja.

6.4.5.4 Alumbrado Público.

El propósito principal del alumbrado público es garantizar una visibilidad adecuada durante el desarrollo del tráfico de vehículos, como peatonal en las vías públicas, parques y otras áreas de libre circulación.

En el proyecto eléctrico, el alumbrado público deberá cumplir con los parámetros y características fotométricas de acuerdo a la normativa. El mismo que se incluirá la siguiente información:

- Tipo de difusor.
- Marca y modelo.
- Voltajes de funcionamiento.
- Potencia y tipo.

- Grado de hermeticidad.
- Cantidad de postes y transformadores.
- Kilómetros de red.
- Clase de iluminación (M1 a M5, P1 a P6, C0 a C5).
- Diagrama eléctrico de conexión.

El proyectista tendrá su forma particular de diseñar la iluminación, la primera se considera como alumbrado vial y se basa en el concepto de luminosidad (candela/m²) y el segundo enfatiza la importancia de la luz en la distinción entre personas y objetos en parques, conceptualiza la iluminación (lux).

En el diseño de las instalaciones de distribución de energía, se deberá considerar los equipos de iluminación y control para el alumbrado.

En los proyectos de sustitución del alumbrado público existente, el nuevo alumbrado sólo podrá incluir luminarias de vapor sodio de alta presión. En ningún caso se debe aumentar el consumo de energía en más de un 10%.

En todo proyecto de alumbrado público, el proyectista deberá presentar el diseño de iluminación en un software libre de licencia de simulación adaptado a las especificaciones y criterios establecidos de la CIE 115 – 1995 (Recomendaciones para el Alumbrado de Carreteras con Tráfico Motorizado y Peatonal) ó IES y CIE 140 – 2000 (Métodos de cálculo para la iluminación de carreteras), así como la elección, ubicación y colocación de las fuentes luminosas.

En general, si un proyecto se ubica en una zona próxima a otras con instalaciones en servicio, el proyectista debe seguir criterios y normas similares a las de nuevas instalaciones para conseguir la mayor uniformidad estética posible. parte del conjunto, siempre que se cumplan los requisitos mínimos de la normativa vigente.

Todos los proyectos de Alumbrado Público previo a su entrada deben medirse antes de la puesta en servicio para confirmar el cumplimiento de los niveles de iluminación de acuerdo con la normativa vigente. Para ello se utilizan medidores de acuerdo a la norma vigente, establecida por el regulador.

❖ *Niveles de iluminación y factores de uniformidad.*

Los niveles de iluminación y factores de uniformidad que se debe considerar en el diseño de alumbrado y espacios públicos dependen básicamente de la intensidad del tráfico vehicular y peatonal; y la velocidad del tránsito vehicular, que a su vez está relacionada con la importancia de las vías. En áreas urbanas, la clasificación vial y los niveles de iluminación y

factores de uniformidad están aprobados en la normativa vigente emitida por el organismo competente.

❖ ***Fuentes de iluminación.***

En todos los casos, las lámparas cerradas deben estar equipadas con lámparas de descarga de vapor de sodio de alta presión o tipo LED, según el caso lo amerite, las cuales cumplen con las especificaciones técnicas establecidas y las normas vigentes.

❖ ***Esquemas de control.***

El control de las luminarias será individualizado mediante una fotocélula integrada en la misma, excepto en los casos en que se justifique el uso de control múltiple, para lo cual se siguen las siguientes disposiciones generales:

Las luminarias a instalarse en el área de concesión de la EERSSA de potencias iguales o superiores a 150 W, deben ser de doble potencia. Cuando se utiliza el cable piloto se cumplirá con lo siguiente:

- ***Redes subterráneas:*** en circuitos independientes conformados por dos conductores de fase, aislamiento tipo TTU o plastiplomo, para la protección mecánica se utiliza manguera de polietileno. No se aceptan conductores tipo TW. Los circuitos están controlados por una fotocélula y un contactor con su protección termomagnética ubicado en el exterior, cada circuito tiene una capacidad máxima de 30 amperios.

❖ ***Facilidad de mantenimiento.***

La EERSSA es responsable de la operación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado público considerando el riesgo y la seguridad del personal calificado. Los propietarios son responsables del uso y mantenimiento de los sistemas de iluminación que tengan equipos de medición.

Con el propósito de programar adecuadamente los reemplazos de elementos y realizar un seguimiento de su calidad, se debe uniformizar por zonas la marca, el modelo y la potencia de las nuevas luminarias que se instalarán.

Para mantener el alumbrado público en cada área ya consolidada, se reemplazan masivamente las lámparas y además elementos estructurales teniendo en cuenta su vida útil.

En los proyectos los ingenieros electricistas en libre ejercicio, previo a su aprobación deben especificar con el mayor detalle y cantidad posible las características eléctricas fotométricas y mecánicas de las luminarias.

❖ *Fotometría.*

Todas las luminarias a ser instaladas en el área de concesión de la EERSSA deberán contar con los siguientes datos fotométricos, los cuales serán aprobados por un laboratorio homologado IEC.

- Curva polar de intensidades luminosas.
- Curva Isolux.
- Matriz de intensidades.
- Coeficiente de utilización.

6.4.5.5 Caída de tensión por alumbrado.

Para el cálculo de la caída de tensión en cada punto, se debe tener en cuenta la potencia de las luminarias (lámparas y reactores), incluyendo su factor de potencia, el cual se establece en 0,85 en todos los casos, la caída de tensión admisible es de 2%.

6.4.5.1 Alumbrado de vías.

El alumbrado de vías el propósito es utilizar la propiedad reflectante de la vía para mejorar la visibilidad o encontrar objetos ubicados a distancia de la calzada, por lo que el concepto de luminancia es proporcionar suficiente iluminación por la misma.

El diseño debe incluir la determinación de los niveles de iluminación de acuerdo con los factores de uniformidad, selección de las luminarias y fuentes de iluminación, la aprobación de esquemas de control y la localización y disposición de elementos para su montaje.

Las recomendaciones dadas en la publicación **CIE 115 – 1995** definen cinco tipos de iluminación (ver **Tabla 2**), cuya elección depende del funcionamiento de la vía, la densidad de tráfico, la complejidad, separación entre carriles y la presencia de medios para el control de tránsito (semáforos, señalización).

Tabla 2. Clases de alumbrado en vías.

Descripción de vías	Clases de Alumbrado
<p>1. Vías de alta velocidad con carriles separados, libres de cruces en proporción y con un completo control de acceso, autopistas vías rápidas. Densidad de tráfico y diagramas de complejidad de vía.</p> <p>Alto</p> <p>Mediano</p> <p>Bajo</p>	<p>M1</p> <p>M2</p> <p>M3</p>
<p>Vías de alta velocidad, vías de autopistas dobles.</p> <p>2. Control de tráfico y 3. Separación de 4. diferentes tipos de usuarios de vías.</p> <p>Malo</p> <p>Bueno</p>	<p>M1</p> <p>M2</p>
<p>Vías importantes de tráfico urbano, vías radiales, zona distribuidora de vías. Control de tráfico y separación de diferentes tipos de usuarios de vías:</p> <p>Malo</p> <p>Bueno</p>	<p>M1</p> <p>M2</p>
<p>Conectando vías menos importantes, distribuidores locales de vías, vías residenciales de mayor acceso. Vías que proporcionan acceso directo a propiedades y vías de conexión. Control de tráfico y separación de diferentes tipos de usuarios de vías:</p> <p>Malo</p> <p>Bueno</p>	<p>M4</p> <p>M5</p>

Fuente: (EERSSA, 2012, p. 27)

1. Hace referencia a la infraestructura, el tráfico y la visualización de los alrededores. Tiene en cuenta: el número de carriles, pendientes, señales, desniveles de entrada y salida.
2. Se refiere a la presencia de señales de tránsito y la presencia de regulaciones. Métodos de control: semáforos, regulaciones prioritarias, señales de tránsito, marcas viales. La falta o escasez del control de tránsito se considera como mala.
3. La razón puede ser carriles construidos o por la restricción en el uso de uno o más tipos de tráfico.
4. Automóviles, camiones, vehículos livianos, buses, ciclistas y peatones.

En el numeral 5.1.2 del Reglamento de CONELEC 008/2011 define los criterios utilizados para determinar la clase de vía (ver **Tabla 3**).

Tabla 3. Criterios admitidos para la selección del tipo de vía.

Tipo de vía	Velocidad de circulación (km/h)	Tránsito de vehículos (vehículos/h)
M1	Muy importante	$V > 80$
M2	Importante	$60 < V < 80$
M3	Media	$30 < V < 60$
M4	Reducida	$V < 30$
M5	Muy reducida	Al paso

Fuente: (CONELEC, s. f.)

En la **Tabla 4**, se presentan los requisitos de alumbrado para tráfico vial, que se basan en la luminancia sobre la superficie de la vía.

Tabla 4. Requerimientos de alumbrado para tráfico vial.

Clase de alumbrado	L (cd/m ²)		TI % Máximo	U _L Mínimo	SR Mínimo
	Mantenimiento mínimo	U _o Mínimo			
M1	2.00	0.4	10	0.7	0.5
M2	1.50	0.4	10	0.7	0.5
M3	1.00	0.4	10	0.5	0.5
M4	0.75	0.4	15	NR	NR
M5	0.50	0.4	15	NR	NR

NR no es requerido

Fuente: (EERSSA, 2012, p. 27)

Además, se recomienda el uso de las siguientes disposiciones de luminarias (ver **Figura 6**).

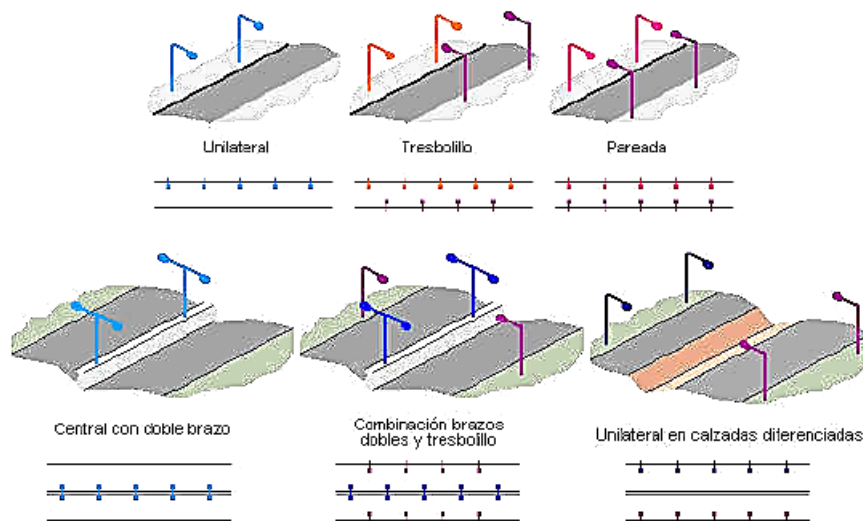


Figura 6. Disposición de luminarias.

Fuente: (EERSSA, 2012, p. 27)

6.4.5.1 Alumbrado de vías para peatones.

La tarea y necesidad de visualizar a los peatones son algo diferentes a las del conductor, por ejemplo, la velocidad de movimiento, los objetos cercanos a los peatones son más importantes que visualizarlos a distancia.

Se debe considerar para el tipo de iluminación la iluminancia, para diseño se debe tener en cuenta lo establecido en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Descripción de la vía, en tipo de iluminación.

Descripción de la vía	Clase de alumbrado
Vías de alto prestigio.	P1
Pesado en la noche usado por ciclistas o peatones.	P2
Moderado en la noche usado por ciclistas o peatones.	P3
Menor en la noche usado por ciclistas o peatones, solamente asociados con propiedades adyacentes.	P4
Menor en la noche usado por ciclistas o peatones, solamente asociados con propiedades adyacentes.	P5
Importante para preservar el carácter arquitectónico del medio ambiente.	
Muy leve en la noche usado por ciclistas o peatones, solamente asociados con propiedades adyacentes.	P6
Importante para preservar el carácter arquitectónico del medio ambiente.	
Vías donde solamente la guía visual es proporcionada por la luz directa que las luminarias están proporcionando.	P7

Fuente: (EERSSA, 2012, p. 27)

6.4.5.2 Alumbrado de parques.

El alumbrado de parques se realiza en forma subterránea. En el poste de arranque se coloca el respectivo control de alumbrado, que es independiente de la red de alumbrado público. La EERSSA se reserva el derecho de exigir la instalación de un sistema de medición.

En la bajante del poste se emplea tubería EMT y codo reversible. Se construye un pozo de control de tipo “C” en la base del poste y para cada derivación hacia las luminarias pozos de tipo “D”. Las zanjas son del tipo “2” como se muestra en el **Anexo 8**.y tienen 2 tuberías de 1 pulgada de diámetro en paralelo para proteger los conductores.

Los conductores a utilizarse son de cobre tipo plastiplomo, TTU o similares cuyos calibres deben estar acordes a las caídas de tensión máximas permisibles por la norma.

6.4.5.3 Alumbrado ornamental.

Los planos deben presentarse con sus memorias técnicas, y los registros correspondientes de acuerdo a los requerimientos establecidos por las autoridades reguladoras.

Se debe gestionar con el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) referente a la aprobación de los diseños de alumbrado público ornamental y su correspondiente suministro eléctrico, previo a la entrega por parte del GAD competente, de los planos eléctricos georreferenciados, diagramas eléctricos, especificaciones técnicas y número de luminarias utilizadas en espacios públicos.

Para las estructuras de tipo ornamental los postes pueden ser de hierro, hormigón ó fibra de vidrio. La altura mínima de instalación de las luminarias será de 4,5 metros.

Las luminarias utilizadas contendrán lámparas de mercurio halogenados, cuya potencia se obtiene del cálculo lumínico que se debe adjuntar al proyecto. Para los empalmes se utilizará cinta autofundente.

6.4.5.4 Presupuesto referencial.

En cuanto al presupuesto el profesional proyectista debe elaborar su estudio de costos, es decir, precios unitarios y totales por secciones y esto debe estar adjuntado en la memoria técnica la misma que consta de lo siguiente: materiales, mano de obra calificada y no calificada.

6.4.5.5 Planos.

Contendrá la ubicación y las redes de distribución georreferenciadas, asociadas al requerimiento.

Los planos se presentarán a continuación:

- **Zona urbana**, los planos contendrán la planimetría de la red de media y baja tensión de la cual se debe presentar por separado, excepto la que se muestran

edificaciones y construcciones nuevas, la fachada del mismo. Los planos de las redes de baja tensión en las que incluirá el alumbrado público, transformadores y si es el caso, la distribución de los lotes.

- **Zona rural**, los planos contendrán las planimetrías las mismas que incluyen las líneas de media y baja tensión, transformadores, ubicación de las viviendas y longitudes de conexión de acometidas, el perfil se debe dibujar en las siguientes escalas horizontal 1:2500 y vertical 1:500.

Los planos se elaboran en los formatos establecidos en la norma INEN (A4, A3, A2, A1 o A0) y se pliegan según las instrucciones de la misma norma.

En cada uno de los planos se incluirá la simbología utilizada de acuerdo con el Catálogo Digital de Unidades de Propiedad disponible www.unidadespropiedad.com deberá contener toda la información necesaria para una adecuada interpretación.

Si la base geográfica proporcionada por la EERSSA no registra caminos, vías, referencias, etc., donde existen las redes de distribución, el proyectista debe realizar el levantamiento de la base geográfica.

Los postes, separadores o elementos de red que requieran numeración en el proceso de construcción se codifican con el número asignado por el departamento de planificación, excepto los transformadores cuya numeración es proporcionada por el departamento de distribución.

6.4.6 Presentación del proyecto eléctrico

Toda obra, independientemente de su magnitud, que se encuentre en el ámbito del Reglamento y la norma, deberá ser sometida a la aprobación de la EERSSA, cumpliendo los requisitos antes señalados.

Para obras con un presupuesto de referencia inferior a 2000 USD, el proyectista deberá entregar la documentación señalada en la memoria técnica descriptiva, excepto que la solicitud será dirigida al Gerente de Ingeniería y Construcción, solicitando se otorgue el permiso de construcción. De cumplirse con los requerimientos técnicos, esta gerencia emitirá dicho permiso de construcción.

De acuerdo con los resultados del acta de condicionamientos básicos del proyecto, para proyectos que sirvan desde redes de baja tensión de la EERSSA, se presentará un estudio de carga para cuyo servicio sea desde las redes de media tensión, se elaborará un proyecto eléctrico.

En la provincia de Loja, con la firma de un especialista calificado para este tipo de proyectos; el proyectista ingresará el proyecto eléctrico adjuntando la correspondiente acta de condicionamientos básicos del proyecto, para su revisión y aprobación.

6.4.7 Revisión del proyecto

La EERSSA revisará el proyecto en un plazo de 15 días calendario. Solo se aprobarán proyectos completos, que cumplan con todos los requisitos técnicos establecidos en las normas de la EERSSA por el departamento de construcción y planificación según sea el caso, sin observaciones de ninguna naturaleza, sean sustanciales o leves. En caso de formular observaciones, el proyecto se devolverá para su corrección.

6.4.8 Fiscalización y recepción del proyecto

La EERSSA verificará la vigencia del proyecto, caso contrario el profesional proyectista deberá actualizarlo en el departamento respectivo. Además, en el proceso de recepción de obras eléctricas participa la gerencia de Operación y Mantenimiento en la supervisión y fiscalización de la obra, la misma que se encarga de la verificación del correcto funcionamiento de la obra eléctrica.

6.4.9 Construcción de los proyectos aprobados

6.4.9.1 Condiciones generales para la construcción de obras.

Solo podrán construirse los proyectos aprobados o las excepciones previstas para obras con un presupuesto de referencia inferior a 2000 USD.

Para otorgar un permiso de construcción de nuevas urbanizaciones, lotizaciones o edificaciones, el profesional deberá presentar un permiso de edificación para la obra de construcción expedido por el municipio correspondiente.

6.4.9.2 Proceso de construcción.

Una vez realizada la documentación para el desarrollo del proyecto eléctrico en las condiciones generales para la construcción de obras, la EERSSA a través de la gerencia correspondiente, designará al fiscalizador encargado de exigir el cumplimiento con la estructura para el diseño y ejecución de obras eléctricas.

El ingeniero contratista debe:

- Cumplir con el proyecto aprobado.
- Solicitar el correspondiente permiso por escrito a la gerencia de planificación y construcción de la EERSSA, la misma en un plazo de cinco días laborables, procederá al estudio de la solicitud y, si no hay impedimentos, da la autorización escrita correspondiente.

- Cancelar el equivalente al 0.5 x 1000 del presupuesto de la obra, que comprende hasta el punto de entrega de energía, para obtener el permiso de construcción del proyecto.
- Efectuar una inspección conjuntamente con el fiscalizador, antes de iniciar los trabajos.
- Justificar y/o requerir la aprobación para cambiar parte del proyecto por causa de fuerza mayor o para reemplazar ciertos materiales en el mercado, en cuyo caso el constructor notificará al fiscalizador para su aprobación.
- Observar el cumplimiento de la norma vigente en la EERSSA y la normativa nacional en el catálogo digital de la ex MEER, verificando las distancias mínimas de seguridad en todo momento en las líneas aéreas o subterráneas.
- Llevar a cabo un control de las obras a construir, en el cual se abrirá un libro de obra el mismo que constarán las características generales de la obra, el avance y control de ella y todas aquellas modificaciones que se vayan registrando, todo esto será validado con las firmas del contratista y el ingeniero fiscalizador designado por la gerencia de operación y construcción quien actúa en representación de la EERSSA.
- Después de la fiscalización, se dispondrá el cambio de los materiales y equipos que no cumplan con las especificaciones técnicas exigidas.
- Pintar cada poste de la red, el número de codificación dado por la gerencia de planificación.
- Colocar en cada transformador de la red, el número de codificación el mismo que será dado proporcionado por la gerencia de planificación.
- Colocar la codificación en cada una de las luminarias.
- Poner el número de zanja que permita la identificación al proyectista.

6.4.9.3 Criterios de diseño.

❖ Nivel de aislamiento.

Los diferentes equipos eléctricos como transformadores, seccionadores, capacitores, sistemas de protección, pararrayos, etc. En el sistema de distribución en el área de concesión los equipos que se instalen deben cumplir con los siguientes niveles de aislamiento como se visualiza en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Nivel de aislamiento de acuerdo a la tensión.

Nivel de tensión (kV)	Nivel de aislamiento (BIL) (kV)
13.8	95
22	125
69	350

Fuente: (EERSSA, 2012).

❖ ***Cálculo de la demanda de diseño.***

Se consideran los siguientes casos para determinar la demanda de diseño:

- Demanda de diseño para edificaciones, centros comerciales, talleres y fábricas construidas en el área urbana.
- Demanda de diseño para urbanizaciones, lotizaciones y proyectos rurales.

Demanda Máxima Proyectada para edificaciones, centros comerciales, talleres y fábricas.

Se lleva a cabo por el ingeniero proyectista y se determina en base a la carga total instalada, sobre la cual se aplicarán diferentes factores de simultaneidad y coincidencia para calcular la demanda máxima de diseño (DMD) de la edificación, centros comerciales, talleres o fábricas. La empresa EERSSA proporcionará el servicio eléctrico a edificaciones o edificios cuya carga instalada no supere los 10 kW y se encuentre ubicados en la zona de servidumbre, es decir, 200 metros desde el transformador más cercano directamente de sus redes de distribución secundarias.

Si en los edificios o edificaciones con carga instalada mayor a 10 kW, se debe considerar la instalación de un transformador a colocarse en la red aérea o en una cabina de transformación ubicada en el interior del edificio, salvo el caso que exista capacidad en el transformador y en la red de distribución de la EERSSA (debidamente demostrada), de ser el caso se tendrá que realizar mejoras en la red de B.T. para obtener la capacidad requerida. Si un edificio o edificación se encuentran dentro de la zona de la red subterránea, su demanda máxima es inferior a los 30 kVA y existe la capacidad en la red de distribución de B.T., la EERSSA podrá proporcionarle el servicio eléctrico desde su red de distribución secundaria, pero si la demanda máxima es superior a los 30 kVA o no existe disponibilidad en la red de B.T., se considerará la instalación de un transformador en una cabina de transformación ubicada en el interior del edificio (EERSSA, 2012).

Demanda Máxima Unitaria Proyectada, urbanizaciones, lotizaciones y proyectos rurales.

En el sector urbano se considera el área mientras que, como el sector rural el tipo de usuarios. Esto para la demanda máxima unitarias proyectadas como se establece en la **Tabla 7**

Tabla 7. Área promedio de lotes e identificación del tipo de usuario.

Área de promedio de lotes [m ²]	Tipo de usuario	DMUp [kVA] [10 años]
A > 400	A	4.48
300 < A < 400	B	2.35
200 < A < 300	C	1.33
100 < A < 200	D	0.82
A < 100	E	0.56

Fuente: (EERSSA, 2012).

Demanda Máxima Proyectada, Urbanizaciones, Lotizaciones y proyectos rurales.

Para determinar la demanda máxima proyectada se determina a partir de la siguiente ecuación 1.

$$DMP = DMU_p * N * FC \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

DMP = Demanda máxima proyectada en el punto dado. [kVA]

DMUp = Demanda máxima unitaria proyectada. [kVA]

N = Número de usuarios.

FC = Factor de coincidencia, dado por la siguiente ecuación 2.

$$FC = N^{-0.0944} \quad \text{Ecuación 2}$$

En el anexo 3, del documento de la EERSSA de las Normas Técnicas para el Diseño de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales, se presenta el desarrollo numérico de la ecuación 1 para cada una de las categorías previstas en la **Tabla 7**. La demanda obtenida a partir de la ecuación (1) corresponde solo al conjunto de usuarios típicos, además, se deberá incorporar la demanda

de las cargas especiales como el alumbrado público y otras que sean incidentes para el cálculo como: las cocinas de inducción, hornos eléctricos, duchas eléctricas, entre otros. Se expresa en la siguiente ecuación 3.

$$DMD = DMp + AP + Ce + Ci \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

DMD = Demanda máxima de diseño. [kVA]

AP = Carga de alumbrado público. [kVA]

Ce = Cargas especiales (puntuales). [kVA]

Ci = Cocinas de inducción (en caso de existir.)

❖ *Propuesta para la determinación de la demanda de cocinas de inducción.*

Con la implementación de las cocinas de inducción en las diferentes residencias dentro del área de concesión de la EERSSA, para determinar la demanda de la misma, se ha utilizado factores de simultaneidad entre usuario emitidos por el MEER, en los horarios de mayor consumo siendo estos desde las 19:00 a 20:00 horas con una duración aproximada de 30 minutos (Calva, s. f.).

Se visualiza en la **Tabla 8**, que existe una diferencia en los factores de simultaneidad siendo estos menores a los propuestos ya sea:

- Al aplicar estos nuevos factores disminuye la determinación de la demanda y capacidad de los centros de transformación proyectados. Al sobredimensionar los transformadores estos aumentan las pérdidas de energía.
- Aplicar los factores de simultaneidad propuestos evita el incremento de las pérdidas técnicas y, con ello, logrará a mediano y largo plazo mayor eficiencia energética en el sistema de distribución primaria (Calva, s. f.).

Tabla 8. Comparación del factor de simultaneidad y demanda en kVA. **¡Error! Vínculo no válido.**

Fuente: (Calva, s. f.).

6.4.9.4 Capacidad de los transformadores.

La capacidad del transformador a instalar se determina con base a los cálculos efectuados a partir de las ecuaciones 1, 2 y 3 previstas anteriormente.

Los transformadores deben cumplir con las normas NTE (Norma tecnológica de edificación) INEN 2114 y 2115, que se refieren a las pérdidas máximas admisibles en

transformadores monofásicos y trifásicos, excepto el aceite contenido en ellos, que no debe contener PCB (Bifenilos Policlorados).

En redes monofásicas, solo se instalarán transformadores del tipo autoprotegido CSP (Eléctricidad, 2020).

Para los requerimientos de servicio trifásico, los transformadores utilizados en todos los casos son trifásicos, y el uso de transformadores monofásicos en bancos queda restringido para casos de emergencia o de servicio temporal (MERNNR, 2010).

6.4.9.5 Transformadores para edificaciones, centros comerciales, talleres o fábricas.

La capacidad de los transformadores se deberá considerar de acuerdo con la demanda de diseño (DMD) obtenida a partir de la ecuación 1 además, se debe aplicar un factor de sobrecarga adecuado al criterio del ingeniero proyectista.

En los proyectos localizados que se sitúen en áreas definidas como subterráneas, los transformadores a instalarse serán de tipo pedestal (padmounted) y se los colocarán en las cabinas de transformación, cuyo diseño deberá cumplir con los requisitos de redes subterráneas.

6.4.9.6 Transformadores para Proyectos de Urbanizaciones, Lotizaciones y proyectos urbanos.

Para establecer la capacidad de los transformadores, se deben considerar los valores de demanda máxima de diseño (DMD) a partir de las ecuaciones 2 y 3 además, del factor de sobrecarga (FS), para lo cual, se determina la siguiente ecuación 4.

$$DMD_T = DMD \times FS \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

DMD_T = Demanda máxima de diseño del transformador. [kVA]

DMD = Demanda máxima de diseño según la ecuación 1. [kVA]

FS = Factor de sobrecarga. [p.u.]

El factor de sobrecarga (FS) de los transformadores se desglosa de acuerdo con las categorías de los usuarios como se determina en la siguiente **Tabla 9**.

Tabla 9. Factor de sobrecarga de acuerdo con la categoría del usuario.

CATEGORÍA	FS
A	0.9

B y C	0.8
D ... H	0.7

Fuente: (EERSSA, 2012).

6.4.9.7 Cálculo de Caída de Tensión – Método de momento de potencia aparente.

La caída de tensión se calcula utilizando el método de la potencia aparente de cada conductor para 1 % de caída de tensión, donde se aplicarán los valores de kVA x km para media tensión entre (22 y 13.8 kV) y kVA por metro para baja tensión. Los valores de los FDV requeridos para calcular las caídas de tensión tanto para media y baja tensión, se hallan detallados en el Anexo 4, el cual se encuentran establecidas “Norma Técnica para el Diseño de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales”.

❖ *Caída de tensión admisible para red primaria.*

La caída de tensión se considera en el transformador más alejado del punto de la subestación, la cual no deba exceder los siguientes valores:

Área Urbana: 3.5%

Área Rural: 7.0%

La EERSSA facilitará el valor de la caída de tensión en el punto de arranque del proyecto.

❖ *Caída de tensión admisible para red secundaria.*

En la red secundaria se establecen límites de caída de tensión desde el transformador hasta la vivienda más alejada, desde la red de distribución secundaria sumada la acometida los mismos que no deben exceder los siguientes valores:

Área Urbana: 4.5%

Área Rural: 5.5%

Para edificios o edificaciones, el proyectista debe calcular la caída de tensión de acuerdo con los límites establecidos para el tablero de distribución principal más alejado.

La EERSSA mantiene como anexos en su manual de diseño una tabla con los valores del factor de caída de tensión (FDV) para cada calibre de conductor, estos pueden ser de cobre o aluminio, destacando que los conductores de cobre serán empleados en redes de distribución subterránea.

En el anexo 4 “Factor de caída de tensión [FDV]” presentan los valores FDV necesarios para el cálculo de las caídas de tensión, ya sea, para media como para baja tensión.

6.5 Obra civil

6.6 Consideraciones previas a la construcción

- Hay que tener en cuenta que las instalaciones eléctricas subterráneas no deben afectar a otros sistemas instalados, como agua potable, alcantarillado, etc., existen distancias mínimas de paralelismo y profundidad para todas las instalaciones (ver **Tabla 10**).
- En áreas donde exista vegetación, como árboles o infraestructura vial, que pueda estar en riesgo, se deberá notificar a los responsables, quienes requerirán los permisos necesarios para las medidas.
- La manipulación, colocación y uso de piezas, equipos y acabados debe realizarse rigurosamente siguiendo las especificaciones e instrucciones proporcionadas por el fabricante y bajo la supervisión. El contratista asumirá todas las precauciones necesarias para mantener la integridad de los materiales y equipos instalados, asegurando su correcto funcionamiento.
- La profundidad mínima de la tubería debe ser considerada en intersecciones con altas cargas de tráfico.

Tabla 10. Distancias mínimas en paralelismo y cruces.

Instalación	Distancia mínima (m)	Sugerencia
Alcantarillado	≥ 0.5	Se aplica la misma distancia para el alcantarillado pluvial.
Canal de agua potable	≥ 0.25	
Telecomunicaciones	≥ 0.25	
Vías públicas	≥ 0.8	En las intersecciones de alto tráfico vehicular deben tener una profundidad de 0.8 m con una tubería superior según la norma NEC 15.1, 8.2, 12.3
Otros servicios	≥ 0.5	Se respeta esta distancia en postes para líneas aéreas, soportes monumentos etc.

Fuente:(FENOSA, 2020).

Las distancias entre redes de telecomunicaciones y eléctricas tienen que cumplir con las separaciones mínimas propuestas por el MEER, la misma que sugiere de 25 cm (NEC, 2013).

Equipos de protección personal (EPP) para personal obrero, operadores, herramientas, equipos y maquinaria

El ingeniero proyectista está sujeto a las disposiciones del Código de Trabajo y a las normativas de seguridad y salud ocupacional del país, así como a las regulaciones del IESS y sus reglamentos. En caso de incumplimiento, el contratista es responsable de los accidentes e incidentes durante la ejecución de la obra.

Se debe proveer al personal con el Equipo de Protección Personal (EPP) necesario, incluyendo guantes, casco, poncho de aguas, botas, gafas protectoras, protectores auditivos, mascarillas, chalecos reflectantes, entre otros, según las funciones específicas. Además, debe proporcionar un botiquín de primeros auxilios y otros equipos de emergencia conforme a la legislación vigente para garantizar la salud ocupacional y la seguridad industrial. La fiscalización tiene el deber de exigir estos requisitos, caso contrario se paraliza el trabajo, multas contractuales y la conformación del comité de seguridad y primeros auxilios según las indicaciones del Ministerio de Relaciones Laborales, IESS y la Gerencia de Gestión Ambiental de la EERSSA (Salud Ocupacional y Seguridad Industrial).

Seguridad y disposiciones de trabajo

El ingeniero contratista asume la responsabilidad integral de la seguridad de los trabajadores, la seguridad pública y la seguridad de las estructuras circundantes en el lugar de trabajo. La fiscalización supervisa la implementación de medidas de protección, como pasarelas y señalización perimetral, para garantizar la seguridad de los trabajadores, conforme a las normas de Seguridad Industrial del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). Se asegura de que los equipos y herramientas cumplan con estándares de seguridad y estén en condiciones óptimas, teniendo la autoridad para solicitar la retirada de maquinaria obsoleta o peligrosa. Además, la fiscalización exige la colocación adecuada de señalética, especialmente en áreas de tráfico vehicular y peatonal. Además, debe gestionar la ubicación adecuada de herramientas y suministros, evitando interferencias y molestias al público, y presentar la programación de trabajos para la aprobación y coordinación de la fiscalización.

Riesgos en excavaciones

Las excavaciones son labores que se llevan a cabo en diversos tipos de terrenos, como pozos, zanjas, cimientos, entre otros. En cada uno de estos entornos, existe la posibilidad de enfrentar riesgos y sufrir accidentes, pero al identificar estos peligros, es posible prevenirlos.

- Desprendimientos de materiales, tierras y rocas
- Derrumbamiento del terreno en el que se está trabajando

- Vuelco de las excavadoras o maquinarias que se estén usando.
- Interferencias de tuberías enterradas
- Golpes con objetos o herramientas
- Caídas del personal afuera o al interior de la excavación
- Atrapamiento

6.7 Canalización

6.7.1 Construcción de canalización

Se da a conocer el proceso de construcción de las canalizaciones subterráneas, tipos de acabado en acera y calzada.

Los siguientes puntos deben ser considerados antes de efectuar la excavación.

6.7.1.1 Rotura, corte y retiro de asfalto, pavimento o aceras.

Para delimitar el área a ser intervenida se tiene en cuenta el nivel de profundidad de corte de asfalto o pavimento. Según EEASA (2004), “ en hormigón simple en acera de 10 cm, en calzada 5 cm y asfalto 5 cm” (p.325).

6.7.1.2 Levantamiento y retiro de adoquín.

Se debe marcar el área de excavación y luego retirar los adoquines y colocarlos en un solo lugar.

6.7.1.3 Consideraciones de diseño.

Los siguientes puntos deben tenerse en cuenta al construir una zanja.

- Al excavar, evitar no dañar construcciones aledañas respetando las distancias mencionadas en la **Tabla 10**.
- En lugares donde hay suficiente espacio se puede realizar la excavación con maquinaria, en espacios angostos y en lugares donde hay otro tipo de instalaciones se realizará a mano.



Figura 7. Excavación con maquinaria en el parque central de Loja.

Fuente: (Municipio de Loja, 2015).

6.7.1.4 Formas de las canalizaciones.

Por lo general, la sección de la zanja es rectangular, por lo que las paredes deben cortarse y mantenerse verticales.

La base tiene un acabado liso y uniforme, de forma que, al colocar la tubería, ésta se apoye en toda su longitud sin doblarse, ni se evidencie presión de ningún tipo que pudiera provocar un desgaste prematuro de la tubería.

6.7.1.5 Zanjas.

Existen las zanjas para media y baja tensión como se demuestra en la normativa EERSSA (ver Anexo 8).

Zanja Nro. 1: El canal para media tensión debe ser de 60 cm de ancho por 110 cm de profundidad.

Zanja Nro. 2: El canal para baja tensión debe ser de 50 cm de ancho por 50 cm de profundidad (EERSSA, 2012).

❖ Ancho de la zanja.

El ancho de la zanja permite colocar la plantilla, el documento de homologación sugiere la siguiente ecuación 5:

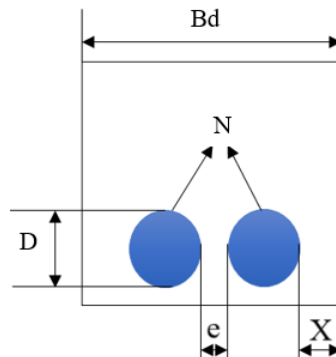


Figura 8. Representación del ancho de la zanja.

$$B_d = N * D + e * (N - 1) + 2x \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

B_d = Ancho de la zanja.

N = Número de tubos.

X = Distancia entre tubería y la pared de la zanja. (Mínimo 10 cm).

D = Diámetro exterior del tubo.

e = Espacio entre tubos. (Mínimo 5 cm).

❖ *Nivelación de la zanja.*

El fondo de la zanja debe ser adecuado para asegurar una pendiente uniforme y pareja, el cual se coloque el tubo de forma correcta y controlando la nivelación de cada de la misma, proporcionándole apoyo a un tercio inferior a toda la longitud del tramo, evitando desviaciones verticales que provoquen irregularidades y reducciones en la sección circular de la tubería.

❖ *Profundidad de la zanja.*

La MEER en general establece la sección transversal de la zanja es rectangular y la distancia comprendida entre el ducto superior y el nivel de calzada o acera puede ser de acuerdo a la **Tabla 11**.

Tabla 11. Profundidades mínimas de zanjas dispuesto por el MEER.

Localización	Profundidad mínima (m)
Lugares no transitados por vehículos	0.4
Lugares transitados por vehículos	0.6

Fuente:(MEER, 2013a).

6.7.2 Tubería

6.7.2.1 Tipo.

En redes eléctricas y telecomunicaciones se utilizan tuberías PVC corrugada doble pared o tubería Conduit metálica. Para alumbrado público y acometidas domiciliarias se emplea tubo PVC del tipo II de 50 mm.

6.7.2.2 Especificaciones.

La tubería debe cumplir con lo siguiente:

- Diámetro nominal: 2, 3 y 5 pulgadas o el requerido por la EERSSA según sea el caso.
- Para la distribución eléctrica se utiliza tubería color naranja y gris para telecomunicaciones.
- La longitud de la tubería se emplea de 3 o 6 metros según sea el caso.
- El espesor mínimo de pared de las tuberías tipo B debe cumplir con los valores recomendados en la norma NTE-INEN 2227.
- La resistencia al compactado de la tubería de pared externa corrugada no debe ser superior al 30 % según la norma INEN 1869 y 40 % para tuberías de pared externa lisa de acuerdo a la norma 2227.

6.7.2.3 Disposición de tubería PVC.

En los bancos de tuberías se deben utilizar separadores de láminas de PVC. La distancia mínima horizontal y vertical entre tuberías en un mismo banco es de 5 cm y la distancia longitudinal entre cada separador estará en un rango de 2.5 a 3 cm independientemente del diámetro de la tubería y el nivel de tensión (ver **Figura 9**).

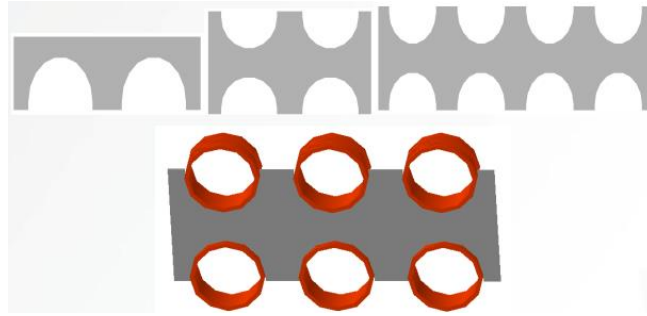


Figura 9. Separadores de ductos establecidos por la norma NTE INEN-2227.

Fuente: (MEER, 2013b, p. 2)

6.7.2.4 Alineación.

Se extenderá una fila de tuberías a la vez para mantener la distancia entre ellas y evitar dobleces innecesarios se coloca separadores de PVC de ½” de diámetro entre cada fila y columna cada 3 metros para separar los tramos tanto horizontal como verticalmente como de muestra en la **Figura 10**.

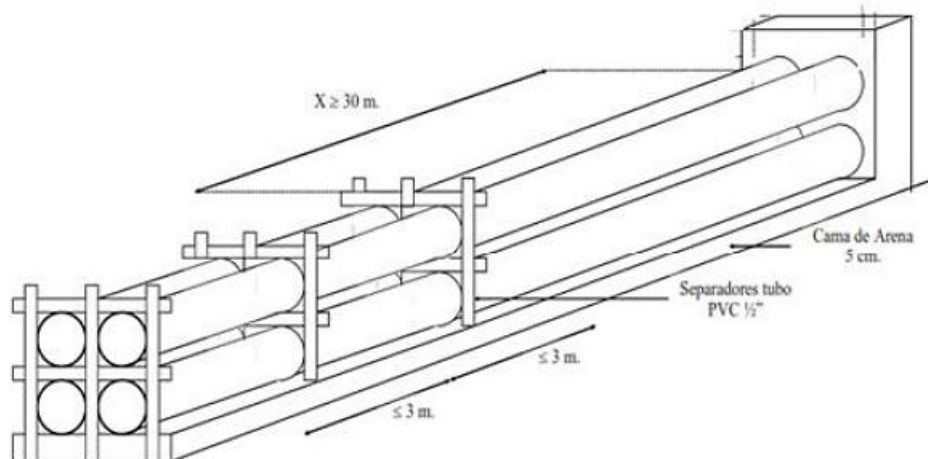


Figura 10. Alineación de tubos y separadores plásticos.

Fuente: (EERSSA, 2015).

En tramos de canalización mayores a 60 m, cada 30 metros se fundirán cubos de concreto (morteros), los mismos que se distribuirán en las partes intermedias.

6.7.2.5 Instalación.

Para la conexión de tuberías es necesario seguir la norma NTE INEN-133 donde se describe detalladamente este proceso, para tuberías corrugadas en la tercera cresta se coloca el

empaques de caucho y para tuberías lisas el empaque se coloca en la hendidura de la campana, es necesario asegurarse de que las partes a conectar estén completamente limpias, para facilitar el trabajo es necesario usar manteca vegetal para la unir ejerciendo una pequeña fuerza (ver **Figura 11**). Para tuberías que no requieren empaque de caucho, se utiliza cemento solvente conforme a las normas ASTM D-256 o ASTM D-2855.



Figura 11. Conexión de tuberías de 160 mm.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

Se debe tener en cuenta para la instalación de la tubería de telecomunicaciones de los microductos de 50 mm que estén dentro de la misma de acuerdo al tipo de canalización que se vaya a usar.

6.7.2.6 Ensayo de rodillo en la tubería.

Antes de rellenar y compactar las zanjas entre las 2 cajas, se debe realizar las pruebas y será necesario:

- Retirar y limpiar todos los restos de materiales del interior de la tubería, por lo que se recomienda lavar los canales con agua en toda su longitud.
- Sondear con un cilindro o rodillo del diámetro interno del tubo, este rodillo debe ser de caucho o madera para eliminar el agua posterior con una bola de trapos secar las tuberías; y en lugares que no sea necesario realizar una limpieza en los ductos se puede efectuar directamente la prueba de rodillo (Centelsa, 2019).

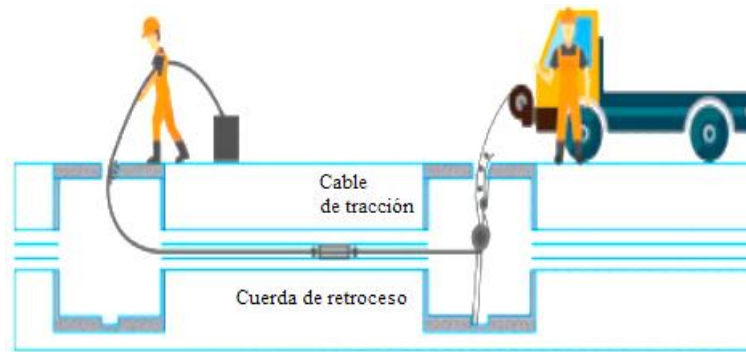


Figura 12. Prueba de rodillo.

Fuente: (Centelsa, 2019).

6.7.3 Relleno y compactación de zanjas

6.7.3.1 Materiales.

Para el relleno de las zanjas no se puede utilizar los escombros, arcilla expansivas, material granular mayor a 75 mm, troncos o material orgánico ya que estos pueden dañar la tubería y provocar hundimientos (Pittí, 2005).

6.7.3.2 Relleno y compactación con compactador mecánico.

El relleno se debe realizar en todas las zanjas hasta que se alcance el grado original del suelo o el nivel que indique el fiscalizador.

El relleno de la excavación no se efectuará sin la aprobación del ingeniero fiscalizador, caso contrario se puede ordenar la extracción del material empleado no aprobado por la fiscalización.

Si el material extraído no es adecuado para el relleno se usa un material de reposición que cumpla con los requisitos de graduación y plasticidad para proteger a la tubería.

Existe material de mejoramiento que tendrá fragmentos limpios, resistentes y duraderas que no contengan partículas alargadas y libre de material vegetal.

Una vez seleccionado el material adecuado para el relleno, se debe organizar su transporte y colocación en la zanja, evitando la contaminación por materiales como desecho, etc.

Se rellenan y compactan colocando el material en una capa horizontal con un espesor no mayor a los 30 cm, controlando la humedad y utilizando pisones metálicos tipo sapo. La compactación continua de acuerdo con las instrucciones hasta el punto que no se observe

ninguna huella del equipo en la superficie.

El número de pasadas necesarias para lograr la compactación deseada depende de las características del equipo, el material y el ancho de la zanja. El proceso de compactación debe alcanzar una densidad mínima del 80% del producto estándar antes de la excavación. El contenido de humedad del material debe ajustarse para que esté dentro del rango requerido para el grado de densidad especificada.

6.7.3.3 Cinta señalizadora.

La función de la cinta es indicar o prevenir a futuras excavaciones sobre líneas subterráneas existentes por ello, es necesario su colocación estas serán a lo largo de toda canalización.

Si el ancho de la zanja es menor o igual a 0,5 m, se coloca una cinta de señalización, si la zanja es mayor a 0,5 m se colocará dos cintas de señalización.



Figura 13. Cinta de señalización.

Fuente: (MEER, 2013, p. 5)

6.7.4 Acabado final en acera y calzada

Al terminar la construcción de las canalizaciones se debe asegurar que las aceras y las calzadas queden en las mismas condiciones previo a la obra.

6.7.4.1 Reposición de calzada de asfalto.

Se reconstruirá la calzada en base a la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI).

❖ Consideración de la emulsión bituminosa.

Antes de la aplicación de la emulsión bituminosa se debe preparar la superficie y con ello tener en cuenta lo siguiente:

- Debe estar compactada la superficie, libre de suciedad y materiales sueltos sobre la misma. Para la limpieza en espacios accesibles se puede utilizar barredoras mecánicas y en lugares inaccesibles se puede emplear escobas manuales.
- Debe humedecerse según el criterio del fiscalizador.

La viscosidad de la emulsión debe estar entre 10 – 40 segundos Sybolt Furol (10 – 40 Sf) (Campozano & Tubón, 2020).

- **Aplicación de la capa de imprimación.** Se debe tener en cuenta que el clima sea favorable (sin lluvia), la Norma Ecuatoriana Vial, sugiere que se aplique la imprimación cuando la temperatura ambiente sea superior a los 10 °C. Se distribuye uniformemente cubriendo toda la superficie. El vehículo tanque debe garantizar la homogeneidad del material bituminoso en toda la superficie.
- **Propagación de mezcla asfáltica.** De acuerdo a la Norma Ecuatoriana Vial se debe realizar con una pavimentadora la expansión de la mezcla asfáltica manteniendo la mayor continuidad posible. Se ubica fuera de la superficie a pavimentar, se esparce con palas y rascalientes que mantenga una capa de espesor uniforme con ello, la compactación se a lo indicado en los planos adquiridos por fiscalización (MTO, 2013).
- **Compactación.** La compactación debe comenzar desde los bordes de la superficie y continuar hacia el centro, los bordes exteriores serán achaflanados. Deben estar limpios y libres de humedad todos los elementos de compactación. La compactación inicial se efectúa a una temperatura de 145 °C y 150 °C, donde se compactan 2 veces de 3000 – 3400 vibraciones por minuto (VPM). Posteriormente efectuada la primera compactación, se espera hasta que la temperatura baje a 115 °C sin manipular ningún equipo o maquinaria encima de la mezcla. Después se compacta con un rodillo neumático de 20 a 22 toneladas de peso, el cual debe realizar de 2 a 4 pasadas entre en un rango de 95 °C – 115 °C de temperatura. Finalmente, se compacta mediante un rodillo tándem vibrante a modo elástico, el cual debe llevar a cabo 3 pasadas, asegurando que la temperatura al momento de la compactación esté entre 70 °C y 90 °C.

❖ *Condiciones previas a la colocación del hormigón premezclado.*

Antes de la aplicación del hormigón premezclado se debe preparar la superficie y con ello tener en cuenta lo siguiente:

- La superficie debe encontrar señalada, limpia y humedecida para la aplicación del hormigón premezclado.
- Se debe restringir la circulación de vehículos y peatones, para la colocación del hormigón premezclado.
- **Características del hormigón premezclado.** Es el resultado de la mezcla adecuada de cemento Portlanf tipo I según la especificación ASTM – C150 el mismo debe ser de 240 kg/cm², no se debe emplear cementos que tengan más de tres meses almacenados en saco o seis meses en silo. Para la mezcla se usa agua limpia que no contengan residuos y aditamentos según sea lo requerido por el fiscalizador.
- **Estructura superficial.** De acuerdo a la Norma Ecuatoriana Vial cuando desaparece el brillo causado por el agua, se debe dar una forma de estriado transversal homogénea perpendicular al eje de la calzada, su profundidad debe ser de 2 mm, se utilizan cepillos con púas de alambre, plástico u otro material (Pittí, 2005).

6.7.4.2 Adoquinado de la calzada.

El adoquín se encuentra por diferentes espesores en zonas de tráfico vehicular de 80 mm de espesor y zonas peatonales de 60 mm con una resistencia de 350 kg/cm².

El Ministerio de Obras Públicas define que para continuar con el empleo del adoquín se debe humedecer la superficie de apoyo, luego esparcir con aproximadamente 5 cm de espesor finalmente, se colocan los bloques maestros en base a estos se deben colocar el resto de adoquines los mismos que deben estar nivelados y alineados, los cuales están distribuidos longitudinal y transversalmente.

Los espacios superiores a 25% de la superficie del adoquín deberán rellenarse con fracciones cortadas y menos del 25% con hormigón de resistencia 350 kg/cm².

El espaciado entre los adoquines no debe ser mayor a 5 mm, los cuales deben rellenarse con arena fina o piedra triturada (MTOF, 2013).



Figura 14. Adoquinado en calzada.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

6.7.4.3 Acera.

- **Preparación para la construcción de aceras.** Antes de colocar el hormigón asegurarse de que la superficie a construir este completamente limpia, bien compactada y humedecida.
- **Especificaciones del hormigón.** El hormigón simple debe ser aplicado en toda la superficie de manera uniforme con una resistencia mínima de 210 kg/cm^2 .
- **Juntas.** Las juntas de expansión se construyen según los planos de construcción, el ancho de cada junta debe ser de 6 mm de espesor, estas juntas son perpendiculares a la línea del bordillo y rellenas con un material que asegure su impermeabilidad. Se colocan juntas transversales cada 2.5 metros (MTOP, 2013).

6.8 Pozos de revisión

Se emplearán los pozos cuando existan cambios de dirección, transición aérea a subterránea, así como a lo largo de los tramos rectos de la ruta del circuito. Dependerá del diseño la distancia entre los pozos, el cual está comprendida entre 30 y 60 metros.

La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) define lo siguiente:

- En instalaciones eléctricas de medio y bajo voltaje se emplea el tercio más cercano al bordillo.
- En instalaciones de comunicación se emplea el tercio medio.
- En instalaciones de agua potable, el tercio más cercano a edificaciones o el tercio interno de la acera (NEC, 2013).

6.8.1 Forma y dimensiones

En la norma de la empresa mantiene la normalización de los siguientes tipos de pozos (ver **Tabla 12**)

Tabla 12. Dimensiones de normalización de pozos.

Tipo	Dimensiones Netas Pozos (cm)	Paredes (material)	Aplicación
A	150 x 80 x 150	H° simple	Media y Baja tensión
B	68 x 68 x 120	Ladrillo	Media y Baja tensión
C	50 x 50 x 40	Ladrillo	Baja Tensión y Alumbrado público
D	30 x 30 x 40	Ladrillo	Baja Tensión y Alumbrado público

Fuente: (EERSSA, 2012).

En el **Anexo 9, 10** se muestran los planos de cada uno de los pozos.

6.8.2 Pozos en acera

Los pozos en acera están contruidos de ladrillo o bloque con un espesor de 12 cm y con hormigón simple de resistencia de 210 kg/cm². Las paredes de los pozos deberán ser revestidas.

6.8.3 Pozos en calzada

Los pozos en calzada se debe utilizar hormigón armado de espesor 15 cm como mínimo, el mismo debe tener una resistencia de 210 kg/cm². Las paredes de los pozos deben ser revestidas.

6.8.4 Consideraciones generales de pozos

6.8.4.1 Pisos.

De acuerdo al catálogo de la MEER es recomendable utilizar un piso filtrante cuyo material será ripio de ¾" y debe tener un espesor de 10 cm. En caso de que exista un nivel freático alto se sugiere realizar la construcción de sumideros que evacuen el agua.

6.8.4.2 Encofrado.

Para la colocación del encofrado la superficie interna debe estar humedecida. De acuerdo a la norma INEN GP – 016 el encofrado tiene que cumplir con lo siguiente (INEN, s. f.)

- Hermeticidad.
- Adecuada rigidez a la carga del hormigón.
- Precisión en el dimensionamiento.
- Espacio y seguridad.
- Resistente a las cargas de fundición.

6.8.4.3 Orificios laterales y boquilla.

Durante el halado de la cablería, se recomienda que el banco de ductos esté a 5 cm antes de salir a la superficie interior del pozo, para evitar daños es conveniente realizar un chaflán con ello, ingresen o salgan los cables (ver **Figura 15**).

Finalizada la obra de pozos estas deben tapar todos los ductos para así evitar el ingreso de roedores.



Figura 15. Pozo con orificios laterales terminados.

Fuente: (Vélez, 2020).

6.8.5 Tapas

Dependiendo de la ubicación se determina el material de la tapa para el pozo, es decir, si está ubicado bajo acera o calzada. Las tapas de los pozos son de acero dúctil, grafito esferoidal y hormigón armado.

Las tapas hormigón armado con una resistencia de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ se constituye por un marco metálico de pletina de acero cuyo espesor es de 4 mm y 50 mm de base por 75 mm de alto con una abertura de 110 grados como se muestra en la **Figura 16**.

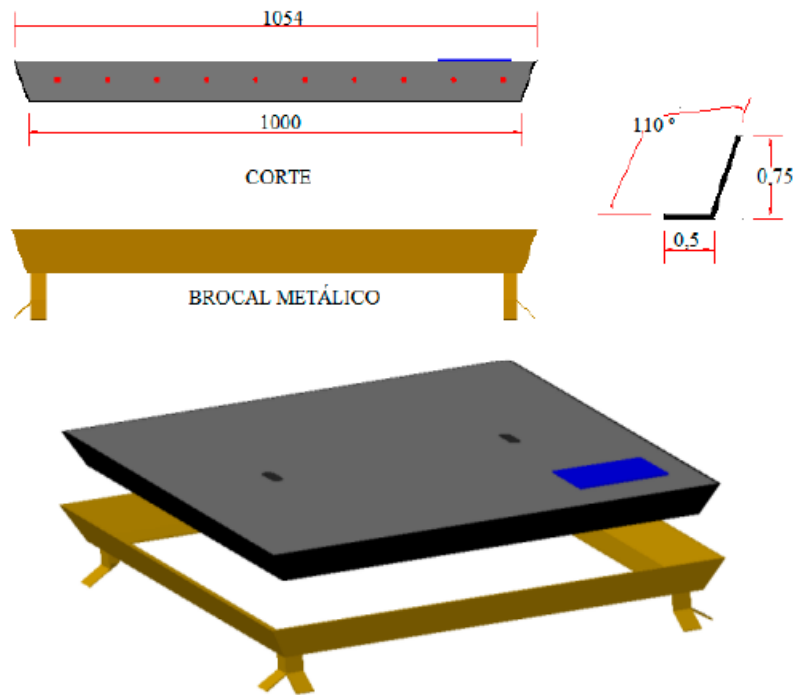


Figura 16. Tapas de hormigón.

Fuente: (MEER, 2013, p. 9).

- **Tapas bajo calzada y acera.** Estas tapas son de grafito esférico de clase D400 – 400 kN, soportadas sobre un marco de acero galvanizado que sostiene el soporte y las bisagras de las tapas. Más concretamente, el diseño y sus dimensiones se pueden ver en la **Figura 17**.

Estas tapas deben quedar con la calzada perfectamente niveladas.

Para la identificación de las tapas de los pozos estas deben tener lo siguiente:

- Las siglas de la empresa distribuidora.
- El nivel de tensión MT ó BT.
- Año de fabricación
- Numeración de la tapa (MEER, 2013b, p. 19).

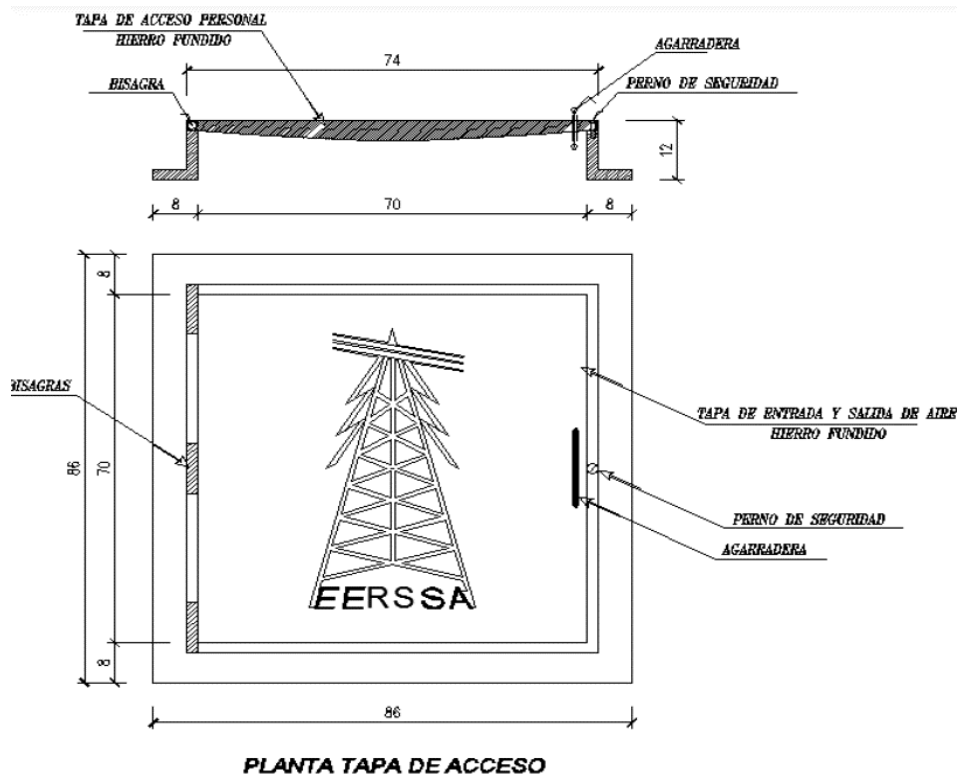


Figura 17. Tapa de acceso de grafito esferoidal.

Fuente: (EERSSA, 2012).

6.8.6 Soportes

Los soportes son de gran importancia ya que, ayudan a mantener el orden de los cables en el pozo además facilitan el mantenimiento, estos soportes deben estar por lo menos a 10 cm del piso para asegurar una separación adecuada y mejor protección (Campozano & Tubón, 2020).

Existen soportes de acero galvanizado o fibra de vidrio para sujetar y organizar los cables en el interior de los pozos (ver **Figura 18**).



Figura 18. Soporte de acero galvanizado.

Fuente: (MEER, 2013, p. 9).

6.9 Cámaras eléctricas

De acuerdo a lo establecido por la ex MEER (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables) y la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), las mismas que definen las características que deben requerir las cámaras, tanto en la obra civil como eléctrica.

6.9.1 Consideraciones generales para la construcción de las cámaras

La MEER estipula que las cámaras deben tener en cuenta entre otros aspectos, la seguridad, estética y operatividad eléctrica. Puedan ser ubicadas en un lugar adecuado accesible a los técnicos para su mantenimiento o reparación.

6.9.2 Tipos de cámaras

En los tipos de cámaras (Camposano & Tubón, 2020) enfatiza que la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) establece las siguientes cámaras:

- Cámaras de barras de derivación.
- Cámaras de seccionamiento.
- Cámaras de transformación.
- Cámaras dobles (seccionamiento y transformación).

En las cámaras debe haber las distancias mínimas de seguridad para que los operarios puedan realizar trabajos de mantenimiento u operación, las mismas están diseñadas para facilitar el acceso a los equipos eléctricos y además para evitar inundaciones cuentan con tuberías de desagüe. Al conectarse al sistema de alcantarillado, se debe tener cuidado que no ingresen aguas residuales o gases a la cámara, lo que podría afectar a los equipos y operadores dentro de la cámara.

6.9.3 Dimensiones de las cámaras

La MEER establece las dimensiones para los transformadores de potencia desde los 20seráo kVA hasta 800 kVA y de las medidas de los equipos a instalar (ver **Tabla 13**).

Tabla 13. Dimensiones mínimas de las cámaras subterráneas.

Número de transformadores	Voltaje nominal de la línea de distribución en Medio Voltaje	Dimensiones mínimas (cm)		
		A	B	H
1	< 24 kV	220	300	250
2	< 24 kV	250	500	250

Fuente: (MEER, 2013).

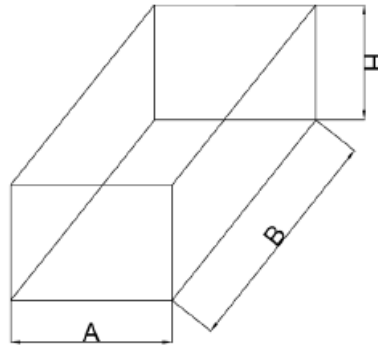


Figura 19. Dimensiones de la cámara.

Siendo:

A: Ancho

B: Largo

H: Altura

6.9.4 Excavación de las cámaras

Se sugiere seguir la norma GPE – INEN 012 -1978, es una guía práctica de excavación y medidas de seguridad, con el fin de evitar excavar en tierras flojas lo que puede ocurrir derrumbes o accidentes. Para realizar la excavación se puede hacer uso de maquinaria en espacios que permita el acceso a la misma, y en sitios que no permitan el acceso se debe realizar de forma manual la excavación.

6.9.5 Construcción de la puesta a tierra

Para la colocación de la malla puesta tierra, el constructor debe realizar el trazado, para proceder a efectuar el corte y limpieza de la excavación. Se debe tener en cuenta los componentes metálicos que forman parte de las instalaciones eléctricas estos no deben conectarse al sistema (tuberías de agua, etc.).

6.9.6 Consideraciones de las cámaras eléctricas

En las cámaras eléctricas la losa superior debe estar diseñada para tolerar cargas de hasta 25 000 kg sin sufrir deformaciones ni daños.

Se construirán losas móviles y fijas, para permitir el acceso a los equipos a las cámaras. Se debe dejar una abertura de 70 x 70 cm para la entrada del personal de mantenimiento. Las dimensiones mínimas de las losas de las tapas deben ser de 70 x 230 x 15 cm de espesor como sugiere el MEER (MEER, 2013b).

Dentro de las cámaras las paredes y el techo estas deben realizarse con materiales que tengan resistencia estructural con acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y pueda presentar una resistencia mínima al fuego de tres horas.

Los pisos en contacto con la tierra deben ser de 10 cm de espesor de hormigón simple.

- **Especificaciones del hormigón de las cámaras eléctricas.** Para determinar la durabilidad del hormigón se utilizaron dos tipos:
 - Tipo A: para losa superior corresponde a 240 kg/cm² tanto para losas móviles como fijas para soportar el tráfico vehicular.
 - Tipo B: para losa inferior, esté cuando este las tierras muy flojas para una adecuada cimentación es recomendable realizar una compactación de acuerdo al ingeniero fiscalizador y se emplea 210 kg/cm² para todas las paredes y pisos.

En la **Tabla 14** se detalla la estructura y el tipo de concreto en la construcción de las cámaras.

Tabla 14. Especificaciones del hormigón de cámaras subterráneas.

Estructura	Tipo	Tipo de concreto	Resistencia f'c
Pisos	B	Hormigón simple	210 kg/cm ²
Paredes	B	Hormigón armado	210 kg/cm ²
Losa Superior Fija	A	Hormigón armado	240 kg/cm ²
Losa Superior Móvil	A	Hormigón armado	240 kg/cm ²

Fuente: (MEER, 2013).

6.9.7 Acceso a la cámara

El acceso solo es para personal de mantenimiento y operación, las cámaras deben tener la seguridad con el fin de evitar accidentes o hurtos la MEER recomienda:

- Las puertas deben ser metálicas y tener cerradura para evitar el acceso de personas no autorizadas.
- Para el acceso al interior de la cámara se instala una escalera vertical telescópica de hierro galvanizado de una 1 pulgada de diámetro con peldaños cada 30 cm soldados al marco del mismo tubo y empotradas a la pared.

En la parte inferior de la escalera descansa sobre una plataforma de hormigón situado a una altura de 60 cm del piso de la cámara, desde el cual se accederá a

él, empleando peldaños de hierro u hormigón. Como se muestra en la **Figura 20**

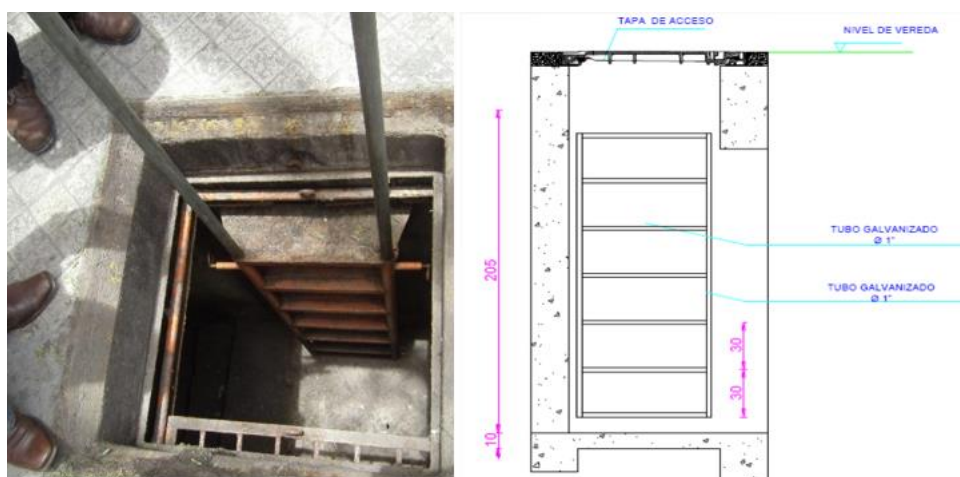


Figura 20. Escalera telescópica vertical de hierro galvanizado.

Fuente:(MEER, 2013, p. 18).

- Las cámaras eléctricas tienen una abertura de 0,70 x 0,70 m para la entrada del personal de mantenimiento, en el cual se coloca tapas de acero dúctil; por debajo de estas se instala una rejilla con el fin de evitar el ingreso de personas no autorizadas (ver **Figura 21**).



Figura 21. Rejilla deslizante.

Fuente: (Vélez, 2020).

- También se puede realizar el ingreso del personal de mantenimiento a las cámaras mediante gradas como se muestra en la **Figura 22**.

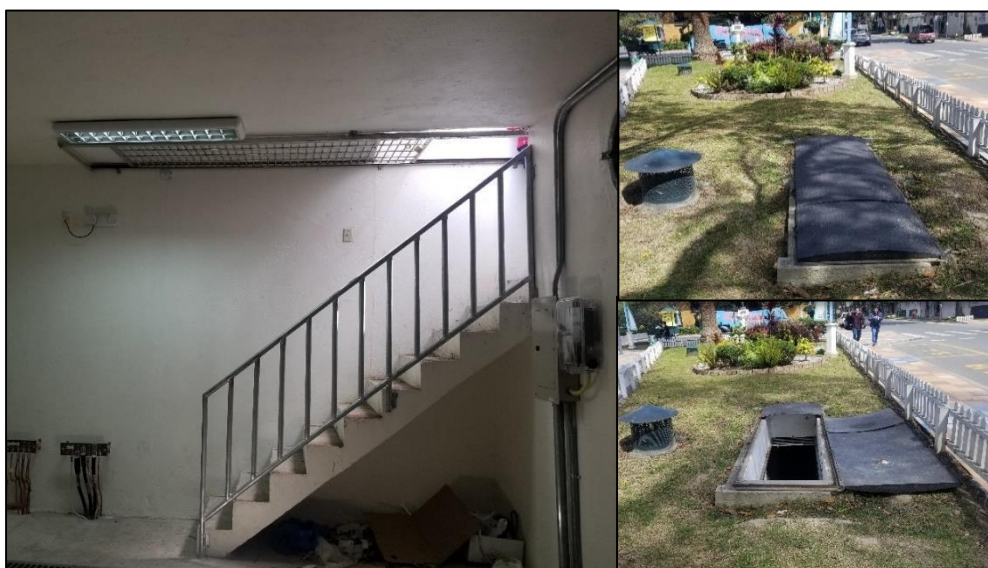


Figura 22. Ingreso a las cámaras mediante gradas.

Fuente: (Municipio de Loja, 2015)

6.9.8 Canalización dentro de las cámaras

En el interior de las cámaras para la correcta disposición de los cables se debe construir canales perimetrales y rejillas a nivel del piso con una pendiente para así evitar el ingreso del agua. De acuerdo al MEER estos canales deben tener 0,4 m a 0,5 m de ancho y 0,6 m de profundidad. La canalización tiene como finalidad la colocación de los conductores de media y baja tensión.

Los canales tendrán una inclinación con el fin de filtrar el agua en el interior de la cámara, además, si es posible, se colocará un drenaje conectado al colector público, caso contrario un sistema de bomba eléctrica automática. Si no se puede instalar este sistema se dejará sin fundir la base del pozo recolector de líquidos y se colocará grava en contacto con el suelo.

Posteriormente, se coloca una rejilla metálica de varilla lisa de 10 mm de diámetro y separadas cada 50 mm entre sí, unidas mediante dos perfiles de ángulo (hierro), que permite colocar conductores de media tensión a una altura de 100 mm de la base del canal. Otras rejillas de similares características para cubrir conductores de baja tensión deben instalarse a una altura de 250 mm.

- **Canalización para recolección de aceites.** Sirve para la recolección ante un problema de derrame de aceite del transformador, éste se debe construir alrededor del transformador con 25 cm de ancho y 40 cm de profundidad, está debe tener una bandeja apaga fuegos de acero galvanizado perforado colocado

a una distancia de 10 cm de la parte superior de la canalización, que se cubre con grava de acuerdo al (MEER, 2013).

6.9.9 Impermeabilidad

Las cámaras deben ser resistentes principalmente al agua y la humedad. Además, se puede utilizar los métodos de impermeabilidad rígida o flexible.

Para lograr una alta impermeabilidad se puede efectuar la compactación (vibración del hormigón) y se pueden utilizar aditivos en la elaboración del hormigón y morteros para prevenir y solucionar problemas de humedad.

6.9.10 Sistema de ventilación

La diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada no debe ser superior a 15 °C, es decir sobre esta temperatura no debe existir un incremento con respecto a la temperatura promedio del ambiente.

- La ventilación debe ser adecuada para disipar la temperatura causada por las pérdidas a plena carga del transformador, sin causar un aumento de temperatura que exceda la nominal según la Norma NEC artículo 450 – 9.
- Los pozos de ingreso y salida deben tener las siguientes dimensiones: 60 x 60 cm y 70 cm de profundidad.

El dimensionamiento del sistema de ventilación de acuerdo al anterior manual de construcción (MEER), se emplea la norma INEN 2114 o 2115 que mantiene especificaciones técnicas que se describe a continuación:

El acceso de aire fresco en las cámaras eléctricas debe ser por medio de un ducto circular que se conecte desde el pozo de entrada que se extenderá a la pared subyacente donde se encuentra el transformador, manteniendo la temperatura de la cámara en un nivel estable. En la **Figura 23**, se presenta el esquema de un circuito de ventilación.

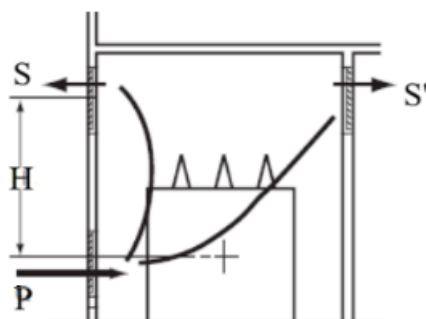


Figura 23. Circuito de ventilación.

Fuente:(Capella, 2004).

- El área mínima del ducto debe ser de 1250 cm² con un diámetro de 40 cm.

- La tubería debe ser de material de PVC corrugado.
- Se implementará un ventilador de inyección de aire a temperatura ambiente del exterior y un ventilador de extracción del aire caliente producido en el interior de la cámara.
- El control automático se utiliza para la operación de los ventiladores.
- El dimensionamiento y el tipo de ventiladores se lo realizará mediante un estudio específico.
- Para la abertura de la ventilación el área denominadas S y S` pueden ser calculadas utilizando las siguientes ecuaciones 6, 7.

$$S = \frac{1.8 * 10^{-4} P}{\sqrt{H}} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$S' = 1.10 * S \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

S = Entrada de aire. Parte inferior (m²).

S´ = Salida de aire. Parte superior (m²).

P = Potencia total disipada. (Pérdidas totales del transformador) [W]

H = Altura medida entre los puntos medidos de cada abertura (m)

La entrada de aire se sitúa a una altura mínima de 0,30 m sobre el piso de la cámara (ver **Figura 23**).

La separación vertical entre los puntos medios de cada ventana será de 1,30 m (MEER, 2013).

- Si hay varios equipos, se debe prever la ventilación de cada uno, y si no es posible, se recomienda un sistema de ventilación forzada con ventiladores axiales, colocados en las paredes de la cámara
- Las cámaras disponen de un sistema de ventilación forzada con ventiladores axiales, integrados en las paredes de la misma, que estarán integrados a un tablero PLC para el control de su funcionamiento.



Figura 24. Sistema de ventilación con un ventilador axial.

Fuente: (Vélez, 2020).

6.9.11 Sistema de drenaje

Las cámaras eléctricas subterráneas cuentan con un sistema de drenaje con tubo dren perimetral instalado en dos bombas sumergibles, que funcionan una como principal y la otra como reserva, y se instala a un tablero de PLC para el control de su funcionamiento (ver **Figura 25**).



Figura 25. Sistema de drenaje con bombas sumergibles.

Fuente: (Municipio de Loja, 2015).

6.9.12 Sistema de iluminación

6.9.12.1 Iluminación interior.

El sistema de iluminación se debe tener en cuenta la instalación de lámparas tipo LED por ser de ahorro energético y de prestaciones fotométricas, esta tecnología mejora la iluminación con luz blanca de alta calidad.

La iluminación es fundamental en el interior de la cámara ya que, permite la mejor visualización de los equipos a maniobrar y por ello deben cumplir con los siguientes parámetros:

- La cámara eléctrica mantendrá un circuito de fuerza con tomacorrientes de 220 V. 20 A y 110 V. 20 A, con su respectiva protección.

- En el interior de la cámara se instalarán un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación, el nivel medio será como mínimo de 270 lux. Según la Norma NEC 924-5.
- Se debe colocar un punto de luz de emergencia de carácter autónomo de una hora de duración como mínimo que señalarán los accesos al centro de transformación.
- Las instalaciones eléctricas de la cámara deberán colocarse en tubería metálica EMT o rígida, empotradas o sobrepuestas en las paredes y losas fijas.

Los puntos de luz se instalarán en losas fijas o paredes y dispuestos de manera que exista la mayor iluminación posible, como se muestra en la **Figura 26**.



Figura 26. Iluminación interior de la cámara eléctrica.

Fuente: (Vélez, 2020a).

6.10 Bases de hormigón para instalación de equipos

6.10.1 Bases para transformador tipo pedestal o pad mounted

- **Base y pozo.** Las dimensiones de la base del transformador dependen del fabricante, éste debe ser colocado sobre una base cuyas dimensiones correspondan al tamaño del transformador, la base debe tener 20 cm de ancho y 20 cm de alto sobre el piso, como se muestra en la **Figura 27**, de acuerdo a la EEASA.

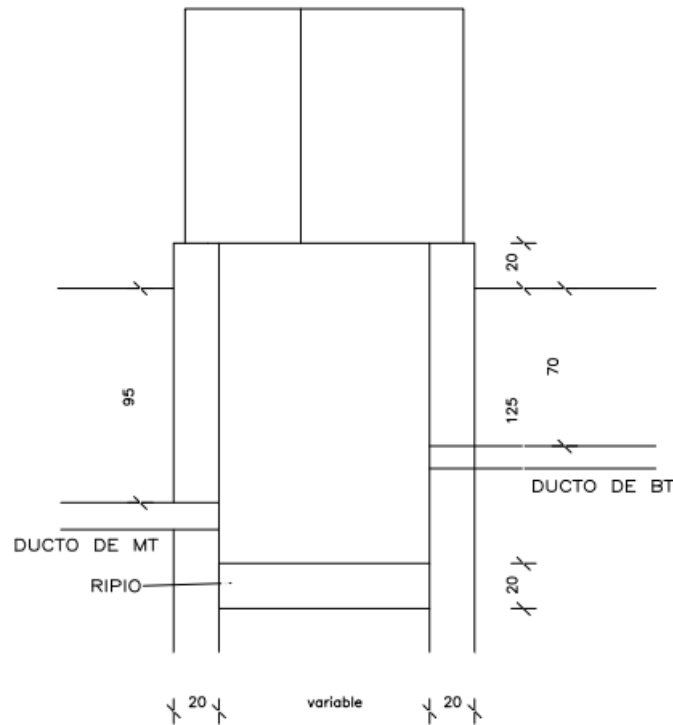


Figura 27. Dimensiones de base para transformador tipo pedestal.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

6.10.2 Consideraciones generales del transformador tipo pad mounted o pedestal

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Debe instalarse en un sitio que pueda transportarse y ser instalado, en un lugar que no obstruya a los vehículos o peatones de acuerdo con la NEC 15.1.2.3.3.
- Se debe compactar el suelo antes de la construcción de la base, para así evitar hundimientos.
- Debe tener una plataforma con ripio para evacuar los derrames de aceite del transformador.
- La base debe ser de hormigón armado con una resistencia de 210 kg/cm².
- La base no debe estar a menos de 10 cm de altura sobre el nivel del piso.

6.11 Acometidas

En las acometidas la caída de tensión máxima establecida es de 1,5%.

6.11.1 Acometidas en media tensión

La conexión de media tensión se construye a partir de una cámara de derivación con ductos anillados tipo B de 110 mm de diámetro de acuerdo a la Norma NTE -INEN 2227:99. Se utiliza un codo EMT de 110 mm de diámetro, un espesor de 2 mm y un espesor máximo de 2,4 mm; esto para realizar las curvas.

Si la acometida es subterránea, debe enterrarse a una profundidad de 95 cm desde el nivel de la acera hasta la barra de seccionamiento de la cámara de transformación.

Se rellena y compacta la zanja en capas de 20 cm y se debe colocar una cinta reflectora como advertencia cada 10 cm (Campozano & Tubón, 2020).

6.11.2 Acometidas en baja tensión

En las acometidas domiciliarias saldrán del pozo más cercano a la vivienda la NEC sugiere una tubería de diámetro de 2 pulgadas y estas pueden ser: PVC reforzado, hierro galvanizado, tubos Conduit o polietileno.

Se debe considerar lo siguiente durante su construcción:

- La tubería debe ser enterrada a 30 cm como mínimo, y como máximo tener dos curvas.
- En caso de que, un pozo salga más de una acometida domiciliaria, se instalará un barraje aislado de baja tensión, que se alimentará desde la red principal y de este se derivarán las mismas. Para la derivación desde el cable principal de BT hacia la barra aislada o al medidor (en caso de una acometida) se utilizarán empalmes de resina o gel con sus respectivos conectores de compresión de cobre (MEER, 2013a).

6.12 Transición aéreo subterránea

En la transición de la red aérea a subterránea se efectuará con un poste de altura mínima de 12 m para media tensión y 10 m para baja tensión, los cables empleados se alojarán en tubería rígida de acero galvanizado.

Se instalarán puntas terminales de uso exterior para los extremos de los cables monopolares en baja tensión en toda la transición. Las puntas terminales serán elegidas de acuerdo al voltaje y el calibre del conductor (MEER, 2013).

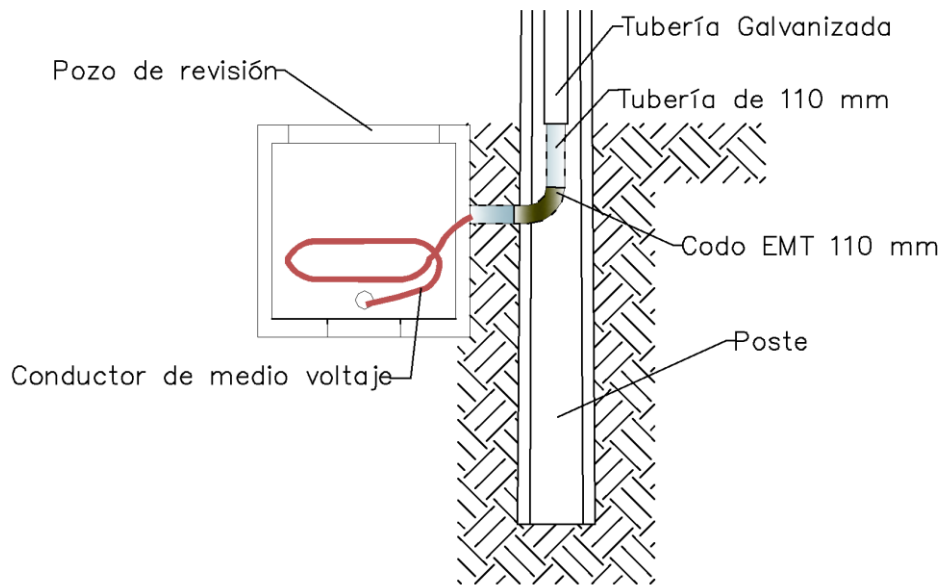


Figura 28. Transición aérea subterránea.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

En la transición subterránea de media tensión se desglosan de las redes aéreas que deberán incluir:

- En la estructura se usarán dos crucetas para la instalación de seccionadores tipo abierto y pararrayos además una cruceta de sujeción de los cables de MT.
- El cable será de cobre desnudo de 2 AWG de 7 hilos, para puesta a tierra.
- El conductor de puesta a tierra de los pararrayos se aloja dentro del poste.
- Conector de cobre tipo espiga u ojo, seleccionado según el calibre del cable monopolar de media tensión.
- Codo metálico reversible o tapón de salida múltiple para sellar la tubería en su punto superior elegida según el diámetro de los conductores de transición.
- La tubería será con un diámetro mínimo de 4'' en acero galvanizado, la misma estará asegurada al poste con una cinta metálica y hebillas de acero inoxidable.
- La curva metálica rígida con una curva amplia de 90°, debe ser del mismo diámetro que el bajante, con el fin de unir al pozo que se instala al pie del poste.
- La puesta a tierra estará conformada por una varilla de acero revestida de cobre que mide 1.80 m de largo x 15.87 mm (5/8'') de diámetro. La conexión se realiza soldadura exotérmica o conector tipo C (MEER, 2013).

6.13 Obra eléctrica

6.13.1 Consideraciones generales para la instalación eléctrica subterránea

Planificar la ubicación de los conductos y equipos subterráneos teniendo en cuenta las características del entorno y la accesibilidad para futuras operaciones y mantenimiento.

Seguridad y disposiciones de trabajo

La seguridad y las disposiciones de trabajo en redes eléctricas subterráneas son fundamentales para garantizar la integridad de los trabajadores, prevenir accidentes y mantener la eficiencia de la infraestructura. Algunas consideraciones clave incluyen:

1. Equipo de Protección Personal (EPP): Utilización obligatoria del EPP adecuado, como cascos, guantes, calzado de seguridad, gafas protectoras y vestimenta resistente a las llamas, según las normativas y riesgos específicos.
2. Capacitación del Personal: Formación exhaustiva sobre los procedimientos de trabajo seguros, identificación de riesgos eléctricos y manejo de emergencias.
3. Señalización y Barricadas: Implementación de señalización clara y barricadas para delimitar áreas de trabajo y advertir sobre la presencia de cables eléctricos subterráneos.
4. Equipos y Herramientas Seguras: Asegurarse de que todos los equipos y herramientas utilizados estén en buen estado, cumplan con normativas de seguridad y cuenten con las guardas necesarias.
5. Procedimientos de Emergencia: Desarrollo e implementación de procedimientos de emergencia específicos para incidentes en redes eléctricas subterráneas.
6. Coordinación con Autoridades Locales: Coordinación con autoridades locales y servicios de emergencia para una respuesta eficiente en caso de incidentes.

Riesgos en obras eléctricas

Cuando se menciona el riesgo eléctrico, se hace referencia al peligro derivado principalmente de la energía eléctrica, donde, por su naturaleza, se pueden destacar principalmente los siguientes escenarios:

Caso de Choque Eléctrico: Ocurre por el contacto eléctrico directo con elementos bajo tensión o con masas que han sido accidentalmente energizadas, dando lugar a un posible contacto eléctrico indirecto.

Caso de Quemaduras: Pueden ser provocadas tanto por un choque eléctrico como por un arco eléctrico, manifestándose como lesiones térmicas debidas a la exposición a altas temperaturas generadas durante estas situaciones.

Caso de Caídas o Golpes: Estas situaciones pueden ser consecuencia directa de un choque o arco eléctrico, llevando a pérdida de equilibrio o impactos físicos como resultado de la respuesta involuntaria ante una descarga eléctrica.

Caso de Incendios o Explosiones: Los incendios o explosiones pueden ser causados directamente por eventos eléctricos, ya sea debido a cortocircuitos, sobrecargas u otros fallos eléctricos que generan condiciones propicias para la ignición.

6.13.2 Conductores eléctricos

6.13.2.1 Conductores para Media Tensión.

La EERSSA dentro de su área de concesión mantiene dos niveles de voltaje de 13,8 kV en la provincia de Loja y 22 kV en la zona oriental, por lo que se utilizan conductores aislados XLPE de 15 kV y 25 kV en redes eléctricas de media tensión constituidos por conductores de aluminio compactado de sección circular de varios alambres de cobre 500 MCM para ramales principales y 2/0 AWG para derivaciones y redes troncales.

Para los ramales principales se tiene las siguientes especificaciones de diferentes fabricantes ecuatorianos como se muestra en la **Tabla 15**.

Tabla 15. Conductor de cobre XLPE de 15 kV con aislamiento del 100%.

Conductor de cobre XLPE de 15 kV con aislamiento de 100%									
Conductor		Aislamiento		Chaqueta		Capacidad de corriente		Resistencia máx. a 20°C	Reactancia
Calibre	Área	Diámetro	Espesor	Diámetro	Diámetro	Peso	En ducto		
	mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	A		
				Nominal	sobre aislamiento	total	Aprox.		
2	33.6	6.81	4.45	16.4	23	759	155	0.531	0.17
1/0	53.5	8.55	4.45	18.1	25.1	988	200	0.335	0.155
2/0	67.4	9.57	4.45	19.1	26.1	1145	230	0.266	0.149
3/0	85	10.8	4.45	20.4	27.3	1341	260	0.211	0.143
4/0	107	12.1	4.45	21.7	28.6	1581	295	0.167	0.138
250	126.7	13.2	4.45	23	30.1	1819	325	0.141	0.133

Fuente: (Conelsa, 2019, p. 8).

Así mismo el conductor de cobre, pero con un nivel de aislamiento del 133% como se muestra en la **Tabla 16** las especificaciones técnicas.

Tabla 16. Conductor de cobre XLPE de 15 kV con aislamiento del 133%.

Conductor de cobre XLPE de 15 kV con aislamiento de 133%									
Conductor		Aislamiento			Chaqueta		Capacidad de corriente	Resistencia máx. a 20°C	Reactancia
Calibre	Área	Diámetro	Espesor	Diámetro	Diámetro	Peso	En ducto		
	mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	A		
			Nominal	sobre aislamiento	total Aprox.				
2	33.6	6.81	5.59	18.7	25.8	852	155	0.531	
1/0	53.5	8.55	5.59	20.4	27.5	1088	200	0.335	0.159
2/0	67.4	9.57	5.59	21.4	28.5	1248	230	0.266	0.153
3/0	85	10.8	5.59	22.6	29.7	1448	260	0.211	0.147
4/0	107	12.1	5.59	23.9	31	1693	295	0.167	0.142
250	126.7	13.2	5.59	25.3	32.4	1935	325	0.141	0.139

Fuente: (Conelsa, 2019, p. 8).

- **Conductores de media tensión para los lazos internos.** Se utilizan conductores de aluminio y el conductor para el neutro es el mismo de las fases tanto en media como en baja tensión. En las **Tabla 17** y **Tabla 18**, se muestran las especificaciones técnicas con un nivel de aislamiento de 100% y 133%.

Tabla 17. Conductor de aluminio XLPE de 15 kV con aislamiento del 100%.

Conductor de aluminio XLPE de 15 kV con aislamiento de 100%									
Conductor		Aislamiento			Chaqueta		Capacidad de corriente	Resistencia máx. a 20°C	Reactancia
Calibre	Área	Diámetro	Espesor	Diámetro	Diámetro	Peso	En ducto		
	mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	A		
			Nominal	sobre aislamiento	total Aprox.				

Calibre	Área	Diámetro	Espesor	Diámetro	Diámetro	Peso	En ducto		
				Nominal	sobre	total	total		
				aislamiento		Aprox.	Aprox.		
AWG/kcmil	mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	A	Ω/km	Ω
2	33.6	6.81	4.45	16.4	23	549	120	0.856	0.17
1/0	53.5	8.55	4.45	18.1	25.1	653	155	0.542	0.155
2/0	67.4	9.57	4.45	19.1	26.1	772	175	0.43	0.149
3/0	85	10.8	4.45	20.4	27.3	807	200	0.341	0.143
4/0	107	12.1	4.45	21.7	28.6	907	230	0.271	0.138
250	126.7	13.2	4.45	23	30.1	1022	250	0.229	0.133

Fuente: (Electrocables, 2018).

Tabla 18. Conductor de aluminio XLPE de 15 kV con aislamiento del 133%.

Conductor de aluminio XLPE de 15 kV con aislamiento de 133%									
Conductor	Aislamiento			Chaqueta		Capacidad de corriente		Resistencia máx. a 20°C	Reactancia
Calibre	Área	Diámetro	Espesor	Diámetro	Diámetro	Peso	En ducto		
				Nominal	sobre	total	total		
				aislamiento		Aprox.	Aprox.		
AWG/kcmil	mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	A	Ω/km	Ω
2	33.6	6.81	5.59	18.7	25.8	642	120	0.856	0.17
1/0	53.5	8.55	5.59	20.4	27.5	752	155	0.542	0.159
2/0	67.4	9.57	5.59	21.4	28.5	825	175	0.43	0.153
3/0	85	10.8	5.59	22.6	29.7	914	200	0.341	0.147
4/0	107	12.1	5.59	23.9	31	1019	230	0.271	0.142
250	126.7	13.2	5.59	25.3	32.4	1137	250	0.229	0.139

Fuente: (Electrocables, 2018).

En la **Figura 29**, se muestra el conductor de media tensión con sus aspectos importantes.

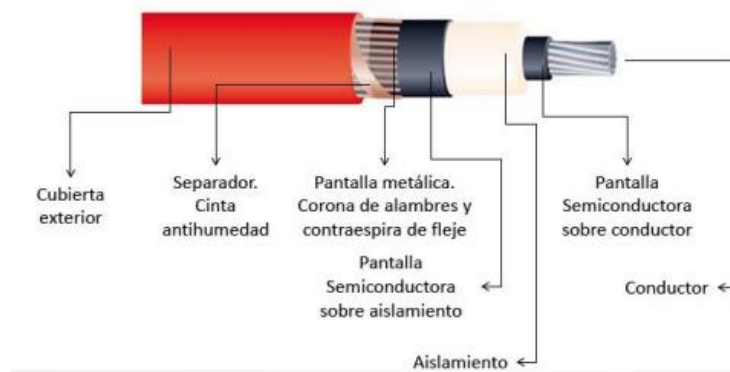


Figura 29. Conductor para red de Media Tensión.

Fuente: (MEER, 2013a, p. 56).

6.13.2.2 Conductores para Baja Tensión.

La EERSSA emplea conductor de aluminio, aislado TTU, 500 MCM. 2 kV, el cable neutro tiene la misma sección que los conductores de fase. En la **Tabla 19**, se muestran las especificaciones técnicas de los conductores de aluminio.

Tabla 19. Conductor de Aluminio de Baja Tensión con aislamiento TTU de 2 kV.

Conductores de Aluminio de baja tensión TTU de 2 kV									
Conductor	Espesor de aislamiento			Chaqueta	Diámetro Externo	Peso total Aprox.	Capacidad de conducción	Rest. C.A.	Reactancia Trif.
	mm ²	mm	mm						
AWG-MCM						Kg/km	A	Ω/km	Ω/km
4	21.15	5.189	1.4	0.76	9.73	115.37	65	1.6732	0.1575
2	33.62	6.543	1.4	0.76	11.13	159.6	90	1.0499	0.1476
1/0	53.49	8.253	1.65	1.14	14.11	259.67	120	0.6562	0.1444
2/0	67.44	9.266	1.65	1.14	15.13	307.54	135	0.5249	0.1411
3/0	85.02	10.404	1.65	1.14	16.32	366.93	155	0.4265	0.1378
4/0	107.2	11.683	1.65	1.14	17.68	440.47	180	0.3281	0.1345
250	126.7	12.701	1.905	1.14	19.86	538.91	205	0.2789	0.1345

Fuente: (Electrocables, 2018).

En la **Figura 30**, se muestra el conductor con sus aspectos importantes.



Figura 30. Conductor subterráneo de baja tensión.

Fuente: (Vélez, 2020b).

6.13.2.3 Conductores para Alumbrado Público.

El conductor empleado para alumbrado público es de calibre 6 AWG con aislamiento TTU de acuerdo a la EERSSA, dos de color negro para las fases y un conductor verde para la tierra, el tipo de tubería utilizada será de PVC II pesado (500 mm de diámetro) (MEER, 2013a)

Tabla 20. Características del conductor de Aluminio para Alumbrado Público.

Conductores de Aluminio para Alumbrado Público de 6 AWG con aislamiento TTU, 2 kV									
Conductor		Espesor de aislamiento	Chaqueta	Diámetro Externo	Peso total Aprox.	Capacidad de conducción	Rest. C.A.	Reactancia	
AWG	mm ²	mm	mm	mm	Kg/km	A	Ω/km	Ω/km	
6	13.30	4.53	1.4	0.76	85.76	50	1.61	0.167	

Fuente: (CENTELSA, 2005)

6.13.3 Ensamblaje de conductores

Los conductores antes del montaje se deben tener en cuenta lo siguiente:

- Se debe realizar una limpieza de los ductos.
- Se debe asegurar que el conductor cumpla con las especificaciones técnicas.
- No debe existir uniones en el conductor en caso de existir se emplea empalmes tipo premoldeado, termo contráctil en frío los mismos que deberán ser colocados en los pozos, cuando se conecte en media tensión entre equipos tipo padmounted, sumergibles, etc.
- Se debe dejar conductor sobrante de al menos 1 m, para después instalar accesorios y con ello conectar a los equipos.

6.13.4 Equipos y herramientas

Para la instalación se emplean herramientas y equipos para mayor facilidad y agilidad se debe tener en cuenta ciertas consideraciones ya se de forma manual o no manual.

- **Instalación manual.** Para la instalación manual se emplean los siguientes equipos y materiales.
 - Una grúa para descargar y cargar los carretes de cable.
 - Malla de acero, polea para el tendido y halado del cable.
 - Lubricantes.
 - Cable guía galvanizado.
 - Señalética con ello evitar accidentes.
 - Equipos de comunicación.
 - Tubos flexibles para la entrada de los ductos para evitar daños al ingresar los conductores.

Al realizar el pasado de los conductores es recomendable ubicar los carretes de manera horizontal.

- **Instalación no manual.** Para la instalación no manual se emplean los siguientes equipos y materiales.
 - Una grúa para descargar y cargar los carretes de cable.
 - Cable guía galvanizado.
 - Armadura de poleas.
 - Malla de acero en forma de calcetín.
 - Señalética con ello evitar accidentes.
 - Equipos de comunicación.
 - Tubos flexibles para la entrada de los ductos para evitar daños al ingresar los conductores.
 - Rodillos.
 - Malacate.
 - Un dinamómetro para medir la fuerza con la que se jalan los conductores.

En la **Figura 31**, se muestra el jalado de los conductores empleando la malla de acero tipo calcetín

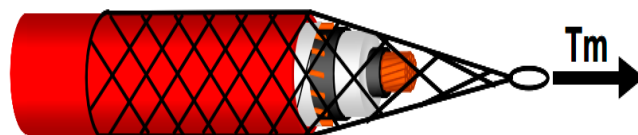


Figura 31. Conductor preparado para el jalado con malla trenzada.

Fuente: (Martínez, 2013)

6.13.5 Accesorios

6.13.5.1 Conectores aislados.

Los conectores separables según la definición del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) mencionan los siguientes:

- Boquilla tipo pozo este tipo de elemento se utiliza como conexión entre el devanado primario del transformador o el terminal del equipo en el que se encuentre instalado (interruptor, celdas o barrajes desconectables) y la boquilla tipo inserto. (ver **Figura 32**).



Figura 32. Boquilla tipo pozo.

Fuente: (MEER, 2013, p. 42).

- Boquilla tipo inserto se utiliza para operar con carga y cumple con las especificaciones ANSI correspondiente a la compatibilidad de conexión cuando se acoplan las boquillas tipo pozo y conectores tipo codo. (ver **Figura 33**).

Características:

Operación con carga.

Dispositivo para apriete al torque para su instalación.

Conexión de cable a tierra.



Figura 33. Boquilla tipo inserto.

Fuente:(MEER, 2013, p. 42).

Dentro de la boquilla tipo inserto se encuentran diferentes especificaciones técnicas el cual se detalla en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Principales especificaciones técnicas para boquilla tipo inserto.

Boquilla tipo inserto de 25 kV – 200 A			
Descripción técnica	Rango de Voltaje máx. (F/T, F/F)	Corriente Continua	Corriente de conmutación

	kV (rms)	A (rms)	A (rms)
Boq. Tipo inserto De 25 kV – 200 A	15.2/26.3	200	200

Fuente: (MEER, 2013).

- Boquilla tipo inserto Doble (Feet Thru Insert) se emplea para convertir los transformadores radiales en un anillo o agregar un descargador o pararrayos tipo codo y cumple con la especificación ANSI para la compatibilidad de la interfaz para el acoplamiento de las boquillas tipo pozo y conectores tipo codo. En la **Tabla 22**, se detallan las especificaciones técnicas.

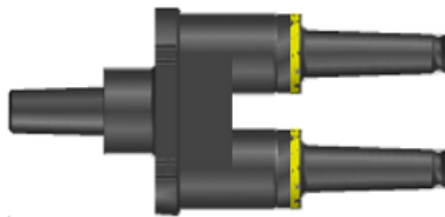


Figura 34. Boquilla tipo inserto Doble.

Fuente: (MEER, 2013, p. 43).

Tabla 22. Principales especificaciones técnicas para boquilla tipo inserto Doble.

Boquilla tipo inserto de 15 kV – 200 A			
Descripción técnica	Rango de Voltaje máx. (F/T, F/F)	Corriente Continua A (rms)	Corriente de conmutación A (rms)
Boq. Tipo inserto De 15 kV – 200 A	15.2/26.3	200	200

Fuente: (MEER, 2013).

- Conector tipo T destinados a salidas y/o derivaciones de circuitos en media tensión. Con posibilidad de acoplamiento de conectores separables. (ver **Figura 35**).



Figura 35. Conector tipo T

Fuente: (MEER, 2013, p. 45).

- Codo Portafusible en operación con carga proporciona medios convenientes, para añadir protección a los fusibles de los sistemas de distribución subterránea, y conectar cables subterráneos a transformadores, gabinetes de seccionamiento

y barrajes desconectables equipadas con boquillas para operación con carga de 200 A, clase de 15 y 25 kV. (ver **Figura 36**).



Figura 36. Codo Portafusible.

- Barrajes Desconectables utilizados en cámaras eléctricas o pozos de derivación de redes subterráneas donde se requiera seccionar, establecer anillos y derivaciones, para facilitar el mantenimiento y el reemplazo de elementos del circuito. En la **Tabla 23**, se observa las especificaciones de los barrajes desconectables.



Figura 37. Barrajes Desconectables.

Fuente: (MEER, 2013, p. 47).

Tabla 23. Principales especificaciones técnicas para barrajes desconectables.

Especificación técnica de materiales y equipos			
Material o equipo		Características generales	
Material	Descripción	Características	Especificación
Barraje desconectable	15 kV, 200 A	Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms)	8.3/14.4
		Corriente continua	200 A (rms)
		Corriente de conmutación	200 A (rms)
		Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms)	15.2/26.3
	25 kV, 200 A	Voltaje soportado a impulso tipo rayo (BIL) (kV cresta)	200 A (rms)
		Corriente de conmutación	200 A (rms)
		Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms)	8.3/14.4
		15 kV, 600 A	Voltaje soportado a impulso tipo rayo (BIL) (kV cresta)
Corriente desobrecarga (4 horas)	900 A (rms)		

Fuente: (MEER, 2013),

- Descargador o Pararrayos tipo Codo empleados para la protección de sobretensiones en redes subterráneas. (ver **Figura 38**).



Figura 38. Pararrayos tipo Codo.

Fuente: (MEER, 2013, p. 48).

En la **Tabla 24**, se visualiza las especificaciones técnicas del pararrayos tipo codo con su descripción.

Tabla 24. Principales especificaciones técnicas para Descargador o Pararrayos tipo Codo.

Especificación técnica de materiales y equipos			
Material o equipo		Características generales	
Material	Descripción	Características	Especificación
Descargador o pararrayos tipo codo	15 kV, 200 A	Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms)	8.3/14.4
		Voltaje soportado a impulso tipo (BIL) (kV cresta)	95
	25 kV, 200 A	Rango de voltaje máx. (F/T, F/F) (kV rms)	15.2/26.3
		Voltaje soportado a impulso tipo rayo (BIL) (kV cresta)	125

Fuente: (MEER, 2013).

6.13.5.2 Terminales de media tensión.

Los cables con aislamiento para media tensión son construidos de manera que el esfuerzo eléctrico se distribuya uniformemente en el aislamiento. Es decir, cuando se corta el cable los esfuerzos eléctricos son deformados de este modo las porciones de aislamiento están sobre esforzadas. (ver **Figura 39**).



Figura 39. Terminales de media tensión.

Fuente: (MEER, 2013, p. 49).

Los aspectos constructivos deben cumplir con los estándares IEEE Std 48, además proveer protección contra la humedad y una conexión de transmisión de corriente. También se utiliza para conexiones en media tensión de transformadores tipo seco; es una transición de red aérea – subterránea.

6.13.5.3 Empalmes.

Se debe tener en cuenta que los materiales que se utilicen para realizar empalmes deben ser compatibles con el conductor.

❖ *Empalmes de Media Tensión.*

Empleados para conectar los extremos de los conductores de media tensión, reconstruyendo las porciones de capas de aislamiento que fueron removidas el cual proporciona protección contra la humedad sobre el área empalmada. En cuanto, a sus características constructivas es elaborado en caucho EPDM curado con peróxido (premoldeado) y caucho de silicona de alta calidad (contraíble en frío).

Los empalmes deben conservar una cubierta capaz de mantener la superficie exterior del empalme a potencial cero. Así mismo, deberán ser aptos para las siguientes condiciones de servicio: en el aire, enterrados, sumergidos continuamente o durante periodos en agua a una profundidad máxima 7 m y temperatura ambiente de -30 a 50 grados centígrados. (ver **Figura 40**).

Aplicaciones:

- Para reparar el cable cuando presente falla.
- Para lograr una longitud extensa del cable de media tensión.



Figura 40. Empalme de media tensión.

Fuente: (MEER, 2013, p. 50).

En la **Tabla 25**, se especifica el empalme recto para cable aislado.

Tabla 25. Principales especificaciones técnicas para empalmes de media tensión.

Material	Especificación técnica de materiales y equipos		Especificación
	Descripción	Característica	
Empalme recto para cable aislado	15 kV	Voltaje nominal fase a fase (kV rms)	15
		Voltaje nominal fase a neutro (kV rms)	8.7
		BIL (kV cresta)	110

	Material del conductor a empalmar	Cobre
	Frecuencia nominal	60 Hz
25 kV	Voltaje nominal fase a fase (kV rms)	25
	Voltaje nominal fase a neutro (kV rms)	14.4
	BIL (kV cresta)	150
	Material del conductor a empalmar	Cobre
	Frecuencia nominal	60 Hz

Fuente: (Luzuriaga, 2020).

❖ *Empalme de Baja Tensión.*

Se utiliza para conectar los extremos de los conductores de baja tensión aislados para garantizar la protección contra la humedad sobre el área empalmada.

Existen diferentes tipos de empalmes como: auto contraíbles en frío, resina y gel. Algunas aplicaciones:

- Para longitudes de cable de baja tensión más largas.
- Para reparar el cable cuando presente falla.
- Para conexión de acometidas domiciliarias.
- Para derivación de la red de baja tensión.

6.13.5.4 Barras, Bushing Insert y Conectores tipo codo.

Estos accesorios se utilizan para dar continuidad a todo el circuito en general y derivar carga, donde las dos partes trabajan juntas para formar un tipo de empalme desconectable.

❖ *Barra premoldeada para 200/600 A de 15 kV.*

Las barras premoldeadas hay de 3 a 6 posiciones y se utilizan en las cámaras subterráneas y armarios.

En la **Figura 41**, se muestra una barra combinada con tomas laterales de 200 A a 600 A. Las salidas de 600 A se usan para conectar conductores y equipos eléctricos primarios, los mismos que van atornillados para así evitar desconexiones.



Figura 41. Barra combinada de 200 A a 600 A

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- **Instalación**

- Se debe fijar los tornillos de la barra en la pared donde se va a ubicar.
- Para usar una barra premoldeada de 600 A y conectores tipo codo de 200 A se deben usar Bushing Insert el cual sirve como conexión entre la barra de 600 A y el conector 200 A tipo codo.

En la se presenta la instalación de la barra premoldeada junto al conector tipo codo.

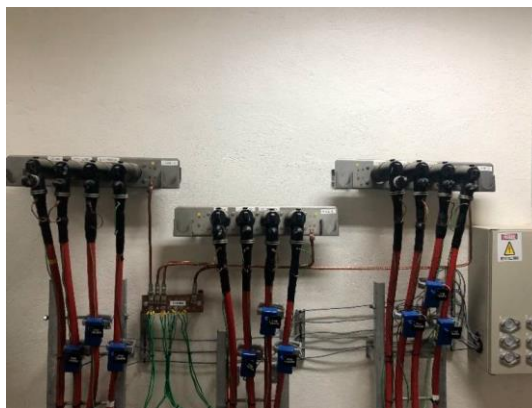


Figura 42. Barraje en Media Tensión.

Fuente: (Vélez, 2020b).

- ❖ **Conector tipo codo.**

- Conector Tipo Codo se emplea para integrar el cable al sistema de conector aislado separable que permite conectar los cables al equipo (transformador, interruptor, celdas y barras). Las normas 386 ANSI/IEEE proporcionan estándares para estos dispositivos

Especialmente para transformadores tipo pedestal, frente muerto, interruptores, celdas, barras desconectables y otras aplicaciones, los codos de conexión poseen un sistema de elementos reemplazables que permite conexiones y desconexiones muy rápidas y fáciles al sistema. (ver **Figura 43**).



Figura 43. Conector Tipo Codo.

Fuente: (MEER, 2013, p. 44).

- **Conector tipo codo de 200 A.** Puede funcionar bajo carga siempre y cuando esté conectado al bushing insert. Se enchufa y se utiliza en redes eléctricas subterráneas para conectar los conductores a barra de derivación, transformadores y equipos de seccionamiento.
- **Conector tipo codo de 600 A.** Pueden funcionar bajo una tensión de 35 kV, cuenta con un método para conectar y desconectar equipos de sistemas de distribución.
- **Conector Bushing Insert.** El Bushing es instalado en el soporte de parqueo situado en el barraje desconectable en el transformador pedestal y sumergible, para instalar en este elemento los codos que hayan sido desconectados. De esta manera, el cable permanecerá energizado en un lugar seguro y firme. Tiene un conector de cable a tierra y un perno de ojo de acero inoxidable con base de latón. Se utiliza como elemento de apoyo temporal o permanente para el mantenimiento de una red o de un transformador, colocando al conector en un espacio seguro. Si se necesita conectar a tierra un cable desenergizado en lugar de usar el bushing aislado se utilizará el bushing de aterrizamiento. (ver **Figura 44**).



Figura 44. Tapa de parqueo aislado, Conector de aterrizamiento.

Fuente: (MEER, 2013a, p. 52).

6.13.5.5 Transición eléctrica.

La transición permite interconectar el sistema eléctrico aéreo a subterráneo y viceversa. Y se emplean los siguientes materiales de acuerdo al catálogo digital del MEER:

- **Materiales**

- Cruceta de sujeción de los conductores.
- Dos crucetas para instalar los separadores y pararrayos.
- Kit de sujeción de cables.
- Conductor de cobre desnudo 2 AWG de 7 hilos, también se emplea para puesta a tierra.
- Seccionadores tipo abierto.
- Tubería de acero galvanizado de 4'' de diámetro.
- Conector tipo C.

6.14 Transformadores

El tipo de transformadores para redes eléctricas subterráneas y su zona de utilización se establece de manera general en la siguiente **Tabla 26**.

Tabla 26. Tipos de transformadores y zona de aplicación en redes subterráneas.

Transformadores	
Tipo	Zona de aplicación
Seco	A partir del primer piso alto.
Convencional con frente muerto	Cámaras a nivel ubicadas en el primer piso, planta baja o subsuelos.
Sumergible	Cámaras subterráneas.
Pedestal	Lugares abiertos o a la intemperie.

Fuente: (MEER, 2013).

En la EERSSA en base al catálogo digital de la MEER, los transformadores a instalar son del tipo pedestal (padmounted) y sumergibles ya sean monofásicos o trifásicos según sea el caso.

6.14.1 Transformador Pad Mounted

Los transformadores monofásicos y trifásicos se utilizan en lugares donde la distribución de media tensión es subterránea tales como: urbanizaciones, parques, etc. Se colocan en el exterior ubicados a la intemperie o excepcionalmente en lugares donde no hay espacio físico para la construcción de una cámara eléctrica a nivel. Los aspectos constructivos la estructura de los tanques debe estar construidos con láminas de acero al carbón.



Figura 45. Transformador tipo pedestal.

Fuente: (México, 2013).

Existen dos tipos de transformadores tipo Pad Mounted que son los siguientes:

Tipo Radial. El transformador se encuentra conectado a la línea de alimentación primaria y no permite la continuidad, hasta que finaliza el circuito cuando se conecta a la red eléctrica. En el **Anexo II**, se muestran los accesorios de un transformador pedestal tipo radial (Ecuatran, 2017).

Tipo anillo. El transformador se encuentra conectado a la línea de alimentación primaria, permite formar de un sistema interconectado, puede extender la red a varios transformadores.

6.14.1.1 Características eléctricas.

Todos los conectores de media tensión deben cumplir con las normas ANSI-IEEE 386, los mismos que deben ser de 15, 25, 35 kV según se requiera y con una capacidad de trabajo bajo carga de 200 A.

Los terminales en baja tensión son de tipo espiga hasta 500 kVA en transformadores trifásicos y 167 kVA en monofásicos. Para transformadores de potencias superiores se utilizan conectores de tipo paleta rectangular de cobre estañado, se debe colocar aislantes en base a la potencia del transformador como pueden ser cobertores removibles para así mantener la condición de frente muerto en el lado de baja tensión.

Para el neutro esta debe estar completamente aislado mediante láminas de cobre a tierra en la superficie exterior

6.14.1.2 Temperatura.

- **Ambiente.** La temperatura ambiente de operación no debe sobrepasar los 40°C y la temperatura promedio del aire de enfriamiento en un periodo de 24 horas no debe sobrepasar los 30°C según la norma ANSI C57.

- **En carga.** El aumento promedio de la temperatura del aceite, medido en la parte superior del tanque, no debe superar los 65°C por sobre la temperatura ambiente.

6.14.1.3 Características constructivas.

El transformador pedestal debe estar construido de acero inoxidable tipo AISI 304, las dimensiones del transformador deben cumplir con la norma para monofásicos y trifásicos ANSI C57.

Los compartimentos deben estar separados por una barrera metálica si se requieren dos puertas estas pueden ser no metálicas también pueden ser de una sola puerta desmontable. Además, para construirse de una sola puerta o dos se define en función de su capacidad, los compartimentos de media y baja tensión deben ubicarse a lado del tanque del transformador; las terminales de media tensión deben estar vista frontal en la parte de la izquierda y baja tensión en la derecha.

Se deben realizar pruebas en los transformadores como la de palanca, intento de introducción de alambre, tirado y de operación.

6.14.1.4 Tanque.

El tanque debe ser resistente para soportar 50 kPa sin deformarse y 105 kPa sin rotura o daño del gabinete de seguridad. Debe tener conectores de aterrizamiento de 127 mm y una profundidad de 10 mm como mínimo. Los receptáculos de los conectores deben soldarse al tanque, estos conectores deben ubicarse cerca de la base del transformador por debajo de la entrada y salida del lado de los bushing de alta, también un conector adicional para de baja tensión. Para evitar oxidaciones se debe aplicar recubrir con pintura anticorrosiva.

6.14.2 Transformador sumergible

Se utilizan en cámaras subterráneas que pueden inundarse. Todas las partes fusibles, bujes del transformador diseñados para operar bajo condiciones predeterminadas de presión y tiempo, las boquillas son montadas en la tapa superior del mismo. Mientras que la válvula de drenaje y muestreo se sitúan en las paredes laterales del transformador. En la **Tabla 27**, se muestra el nivel de aislamiento del transformador monofásico.



Figura 46. Transformador tipo sumergible.

Fuente: (MEER, 2013a, p. 32).

Tabla 27. Nivel de aislamiento admisible en transformadores monofásicos tipo sumergible.

Voltaje Nominal (V)		BIL (kV)	
MT	BT	Primario	Secundario
≤ 13800 GRDY/7967	127/220	95	30
≥ 22000 GRDY/12700		125	

Fuente: (MEER, 2013).

Así mismo se visualiza en la **Tabla 28** el nivel de aislamiento del transformador trifásico.

Tabla 28. Nivel de aislamiento admisible en transformadores trifásicos tipo sumergible.

Voltaje Nominal (V)		BIL (kV)	
MT	BT	Primario	Secundario
≤ 13800	127/220	95	30
≥ 22000		125	

Fuente: (MEER, 2013).

Los valores del nivel de aislamiento de los transformadores de tipo sumergible ya sean estos monofásicos o trifásicos, dependen principalmente del voltaje de media tensión nominal del equipo.

6.14.3 Transformador convencional con frente muerto

Se caracteriza por el hecho de no tener elementos expuestos en media tensión, lo que significa riesgos de contacto accidental. Las especificaciones son similares a los transformadores convencionales, excepto por la conexión de media tensión, que se realiza con conectores elastoméricos. Un ejemplo se muestra en la **Figura 47**.

En cuanto a las características estructurales el tanque será construido con láminas de acero al carbono y una refrigeración natural en aceite.



Figura 47. Transformador convencional con frente muerto.

Fuente: (MEER, 2013, p.36).

6.15 Equipos de seccionamiento y protección

Los equipos de control y protección permiten controlar el sistema de distribución de energía a través de dispositivos conectados a la red y brindar seguridad y protección de las personas.

6.15.1 Interruptores subterráneos

Los interruptores para redes subterráneas están diseñados para la protección contra fallas monopolares y tripolares en lugares a la intemperie, cámaras a nivel de piso y cámaras subterráneas. Los interruptores se conectan mediante codos y se encierran en un tanque de acero soldado con aislamiento de SF₆, además cuenta con certificaciones técnicas de resistencia según la norma IEC 298. Las especificaciones técnicas que se deben cumplir para su uso en cámaras a nivel de piso y cámaras subterráneas se visualizan en la **Tabla 29**.

Tabla 29. Principales especificaciones técnicas para interruptor de redes subterráneas.

Especificaciones particulares de interruptores distribución subterránea				
Descripción técnica	Frecuencia nominal	Corriente nominal	Voltaje máx. (Ur)	Nivel de aislamiento (BIL)
	Hz	Amp.	kV	kV (valor pico)
Interruptores para 15 kV	60	630	15.5	95
Interruptores para 27 kV	60	630	27	125

Fuente: (MEER, 2013).

6.15.1.1 Características constructivas.

Se detalla a nivel general ya que estos pueden variar de acuerdo al fabricante.

- Los interruptores deben tener 3 posiciones (cierre, abertura y a tierra.)
- Deben trabajar de manera manual y automática.
- Deben proporcionar visibilidad cuando esté abierto, cerrado o a tierra.
- Deben estar diseñados para evitar operaciones no deseadas.
- Debe ser empotrable para su instalación en compartimentos eléctricos.

En la **Figura 48** se muestra el interruptor con selector de posiciones (abierto, cierre y a tierra.)



Figura 48. Seccionador de posición.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

6.15.1.2 Instalación.

- El sistema de tierra debe estar en su lugar antes de la instalación.

- Se debe colocar de manera horizontal sobre una superficie plana que pueda soportar el peso del dispositivo.
- Las boquillas de salida de los cables deben colocarse de forma que la instalación sea más fácil, así como también dejar un espacio adecuado para que el operador pueda realizar operaciones con el dispositivo.

Para conectar los cables del bushing tipo insert se debe hacer lo siguiente:

- Marcar cada fase.
- Verificar el calibre del conductor que se va a usar, y también los accesorios.

6.15.2 Descargadores de sobrevoltaje

Los descargadores de sobrevoltaje protegen el sistema eléctrico de voltajes altos por lo que es recomendable emplearlo.

6.15.2.1 Características constructivas.

- Debe cumplir con la norma IEEE 386 para sistemas de conectores aislados separables de distribución eléctrica de 2.5 kV a 35 kV.
- Deben estar diseñados para que no sufran daños y para usarlos en instalaciones sumergidas, además, las boquillas de codos de operación con carga de 200 A
- Para la puesta a tierra deben tener una conexión con un conductor de calibre 4 AWG.

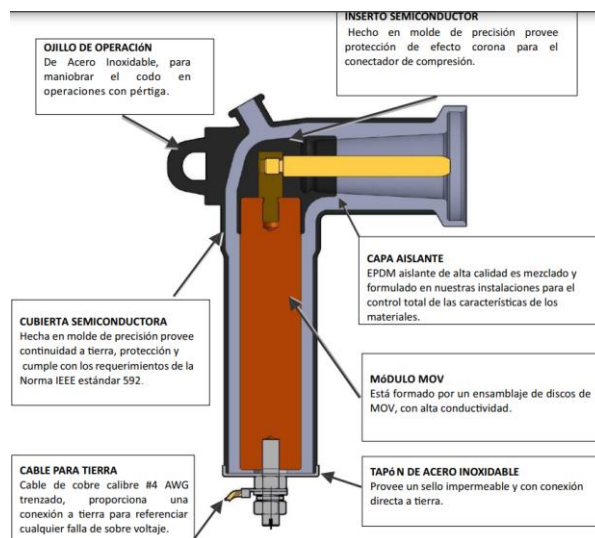


Figura 49. Partes de un descargador de sobrevoltaje.

Fuente: (Chardon, s. f.).

6.15.2.2 Instalación.

- Se debe conectar el cable al sistema de puesta a tierra (ver **Figura 49**).

- Se debe tener en cuenta que la boca del codo del descargador esté limpia, para después colocar silicón lubricante (ver **Figura 50**).

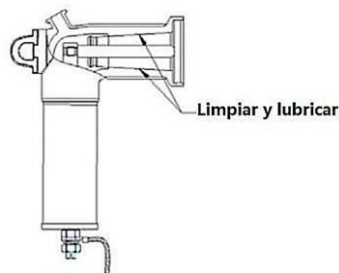


Figura 50. Parte de limpieza de la boca del codo.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- Colocar una pértiga para así introducir el codo completo dentro del inserto hasta que el anillo indicador haya desaparecido.
- El cable puesta a tierra debe ir hacia abajo.

6.15.3 Fusibles limitadores de corriente

Sirve como protección este funciona cuando la corriente es alta, se funden con ello cortan de manera segura el cortocircuito de media tensión.

Los fusibles limitadores de corriente deben ser más largos para cortar de inmediato el cortocircuito.

6.15.3.1 Fusibles limitadores de corriente en transición aérea – subterránea.

Se ubican los fusibles en cada una de las fases.

❖ Especificaciones.

Los fusibles duales (VS) son usados en la transición aérea – subterránea y se debe tener en cuenta el voltaje nominal, corriente nominal, tiempo de reacción ante una falla

❖ Características constructivas.

- Estos deben estar diseñados para usarlos a la intemperie y resistir choques térmicos durante las fluctuaciones de temperatura.
- Los fusibles que se usan deben tener las siguientes características: bajas pérdidas, tensiones de arco y corrientes de ruptura, alta capacidad de ruptura, limitación de corriente, capacidad de sobrecarga e interrupción.

❖ Instalación.

En la **Figura 51**, se muestra la ubicación de los fusibles en cada una de las fases.



Figura 51. Transición aérea – subterránea.

- El seccionador y el fusible deben estar en coordinación.
- En la **Figura 52**, se muestra el seccionador fusible con su respectivo rompe arco.



Figura 52. Seccionador fusible con rompe arco.

6.15.3.2 Codo porta – fusibles.

Son dispositivos de protección que se usan en redes subterráneas para proteger a los circuitos contra sobretensiones, normalmente se emplean en transformadores, seccionadores y derivaciones.

❖ Características constructivas.

Estos codos porta fusibles deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Se debe seguir la norma IEEE 386 – 2016 de sistemas de conectores aislados separables para sistemas de distribución de energía.
- ANSI C37.47 especificaciones para fusibles y limitadores de corriente.
- IEEE C37.41 pruebas de diseño.
- Protege el sistema de distribución con fusibles.
- Intensidad de corriente de 200 A y 600 A
- Facilidad de cambio de fusible.
- Tensión de 15 kV.
- En la **Figura 53**, se muestra cómo está constituido el codo porta fusible.

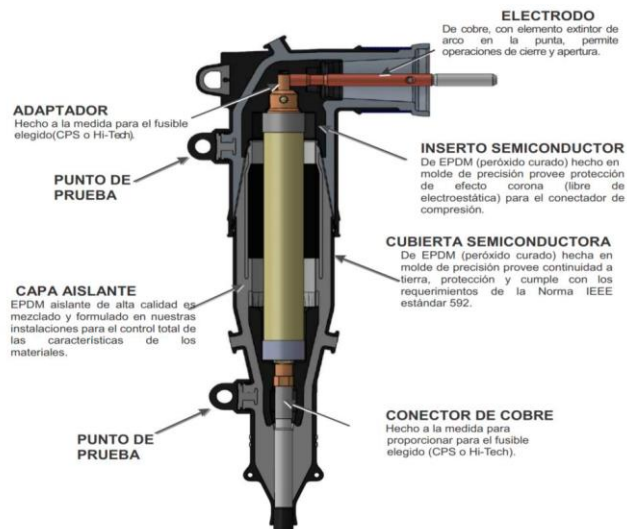


Figura 53. Partes de un codo porta fusible.

Fuente: (Chardon, s. f.).

❖ **Instalación.**

- Se debe tener en cuenta que el cable esté vertical paralelo a la placa frontal del equipo, estar centrado y perpendicular con la boquilla tipo inserto, hacer un corte que toque el centro del inserto y dejar el cable sobrante para facilitar el manejo.
- Desde el extremo superior hacia abajo hasta el forro se debe medir una distancia de 508 mm, y doblar los cables de protección hacia afuera y abajo, se conectarán a tierra después ver **Figura 54**.

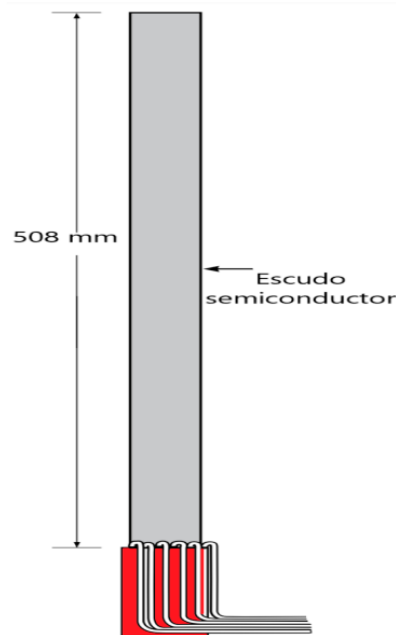


Figura 54. Distancia para quitar el forro.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- Para cortar el resto de cable desde la parte superior, se debe medir 330 mm

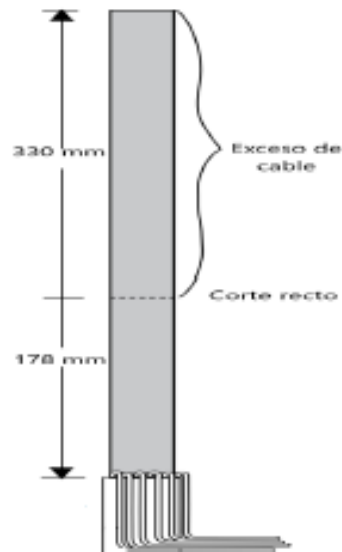


Figura 55. Corte en el cable.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- Para retirar la pantalla semiconductora, medir desde la punta del cable hacia abajo 29 mm y dejar expuesto al conductor. Seguidamente limpiar el conductor con cepillo de alambre e introducir el conector bimetálico al conductor y ajustarlo a través de una machinadora ver **Figura 56**.

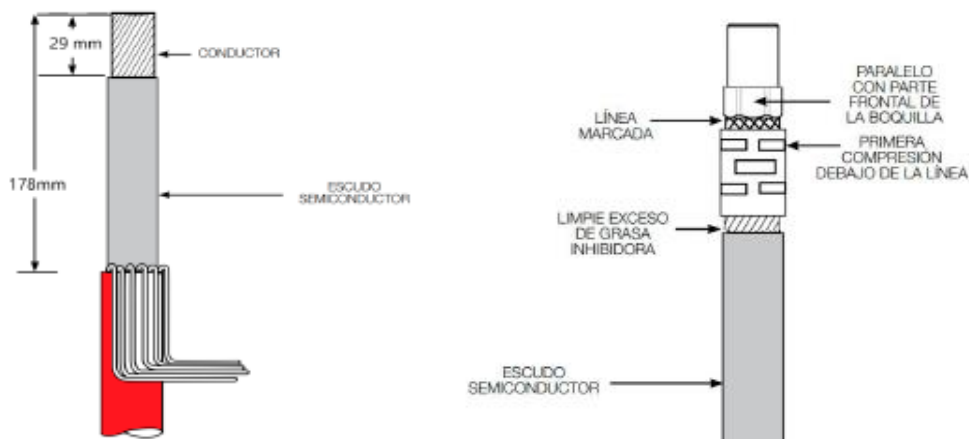


Figura 56. Retiro de pantalla y compresión del conector.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- Mida 140 mm desde el extremo del cable y retirar la cubierta del semiconductor, luego medir 149 mm desde el extremo del enchufe y hacer una marca con cinta aislante, posterior realizar un bisel hasta 3 mm para instalar en el codo (ver **Figura 57**).

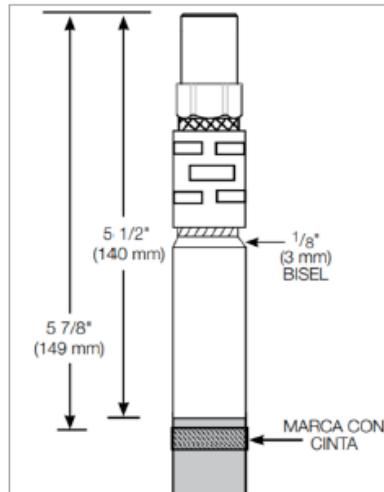


Figura 57. Biselado del conductor.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- Se debe limpiar y lubricar la entrada del cable en la sección del fusible y el aislamiento, colocar dentro del cable de la parte inferior del codo y la sección fusible en el interior con pequeños movimientos circulares hasta llegar a la marca realizada con cinta (ver **Figura 58**).

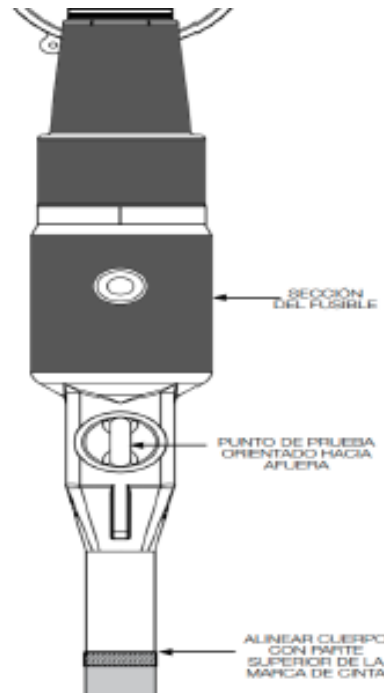


Figura 58. Colocación de la sección del fusible.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- En la parte roscada del fusible se debe enroscar el conector de compresión para acoplar el conector del cable como se muestra en la **Figura 59**.

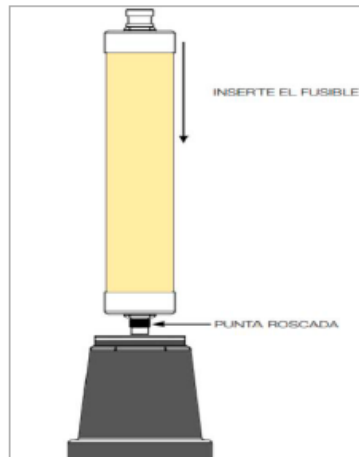


Figura 59. Instalación del fusible en el conector.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- Ajustar con llave hexagonal el fusible, hasta que este llegue al fondo, luego colocar el adaptador del electrodo, el mismo que queda por encima del fusible, después ajustar el adaptador con la llave hexagonal (ver **Figura 60**).

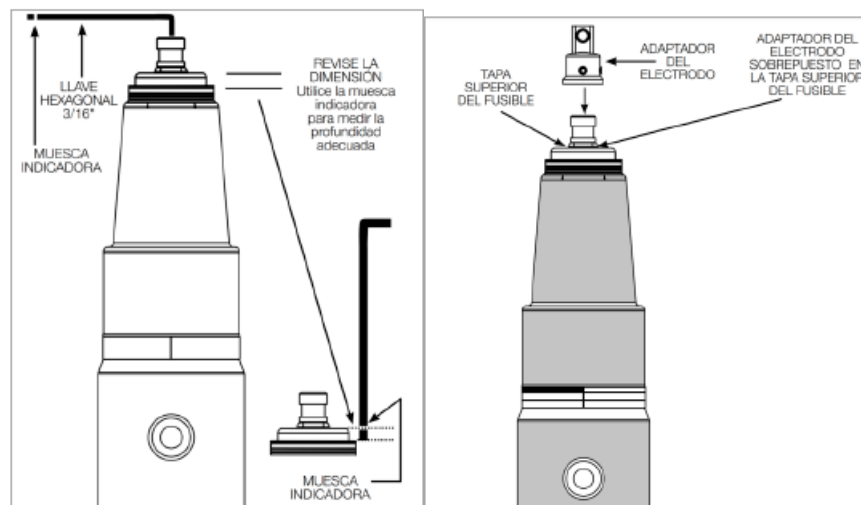


Figura 60. Ajuste del fusible y colocación del adaptador del electrodo.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- Colocar el codo a la sección del fusible, y asegúrese de que el cable de señal no esté. Los puntos de prueba deben estar hacia afuera de la placa frontal del dispositivo (ver **Figura 61**).

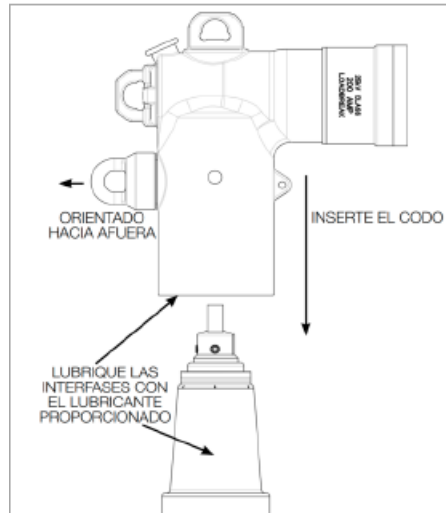


Figura 61. Colocación del codo.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

- Para alinear el adaptador del electrodo se debe girar y empujar hacia abajo. Se verifica que el orificio con cuerda del adaptador esté centrado en el orificio del cuerpo del codo y perpendicular al eje del electrodo. Colocar el electrodo y ajustar la boquilla roscada usando una llave que permite girar con el torque adecuado, conectar todos los alambres a tierra en los ojillos del codo en la parte superior e inferior (ver **Figura 62**).

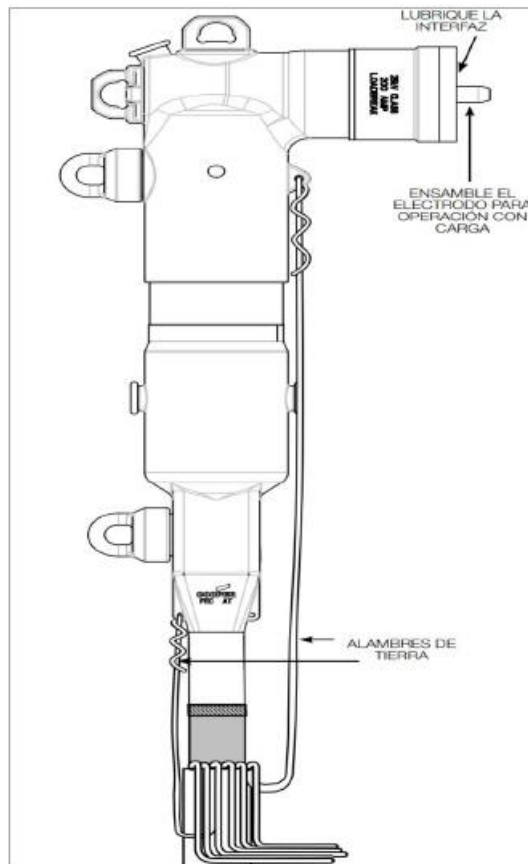


Figura 62. Instalación del codo.

Fuente: (Campozano & Tubón, 2020).

6.15.4 Puesta a tierra

El propósito de la conexión a tierra es garantizar la seguridad de las personas contra contactos indirectos, estas se realizan principalmente para limitar la tensión que se genera.

6.15.4.1 Especificaciones.

Los sistemas puesta a tierra se considera lo siguiente:

- **Tierra de protección.** Esta protege a las personas contra tensiones peligrosas, se conectan diferentes partes conductoras de instalaciones no sujeta a tensión eléctrica
- **Tierra de servicio.** Evitar tensiones peligrosas en baja tensión ocurridas en la red de media tensión, el neutro se conecta de baja tensión se conecta a una toma a tierra independiente de la media tensión el mismo que se emplea de cobre aislado.

6.15.4.2 Aspectos generales.

- La malla de puesta a tierra debe tener un tamaño mínimo de 3 x 2 metros, los conductores que la atraviesan forman al menos seis rejillas. El conductor es de

cobre desnudo, al menos 2 AWG, se colocan barras Cooperweld en los extremos, la resistencia a tierra debe ser menor a 10 ohmios.

- Todos los dispositivos instalados con partes metálicas deben estar conectados a tierra.
- Los sistemas de tierra deben colocarse en las subestaciones y en las terminales del circuito secundario del transformador.
- Se debe instalar a 200 m y en el extremo de la línea de circuitos secundarios prolongados.
- Se recomienda seguir las siguientes normas para instalación
IEC 60364-5-54. Disposiciones de puesta a tierra y conductores de protección, selección y montaje de equipos eléctricos.
UL 467. Unión y equipos de puesta a tierra.
BS 7430. Código de prácticas para la puesta a tierra de protección en instalaciones eléctricas (Campozano & Tubón, 2020).
- En caso de que se presente una resistividad alta del suelo, se puede mejorar con agregados como sales electrolíticas.
- De acuerdo a la NEC el electrodo debe ser de 1,8 m de longitud.
- En las uniones del conductor 250 MCM en la varilla puede ser mediante conector tipo C.

6.16 Alumbrado Público

Para la instalación dentro del EERSSA el sistema de alumbrado público subterráneo se utilizan lámparas LED, por ser más eficientes y reducir el impacto visual.

6.16.1 Especificaciones

- Las luminarias que se utilizan serán de 70 W a 250 W ubicadas en postes metálicos con un factor de potencia mayor al 0.85., teniendo en consideración la regulación del ARCONEL 006/18
- El diseño de los circuitos es independiente con dos fases de conductor de aluminio una fase y el neutro de calibre 6 AWG, y para puesta a tierra calibre 8 AWG.
- Se encuentran instalados en calles principales, avenidas, parques, plazas, zonas peatonales; con diferentes configuraciones como tresbolillo, unilateral entre otros.

- Las lámparas se instalan según el tipo de montaje: postes metálicos o báculos de 6, 10, 12 metros, brazos metálicos en fachadas.
- El cimiento de los postes es de hormigón, con pernos incorporados para el anclaje y la conexión a la columna mediante un codo, la profundidad de la cimentación va de acuerdo a la altura de los báculos (ver **Figura 63**).

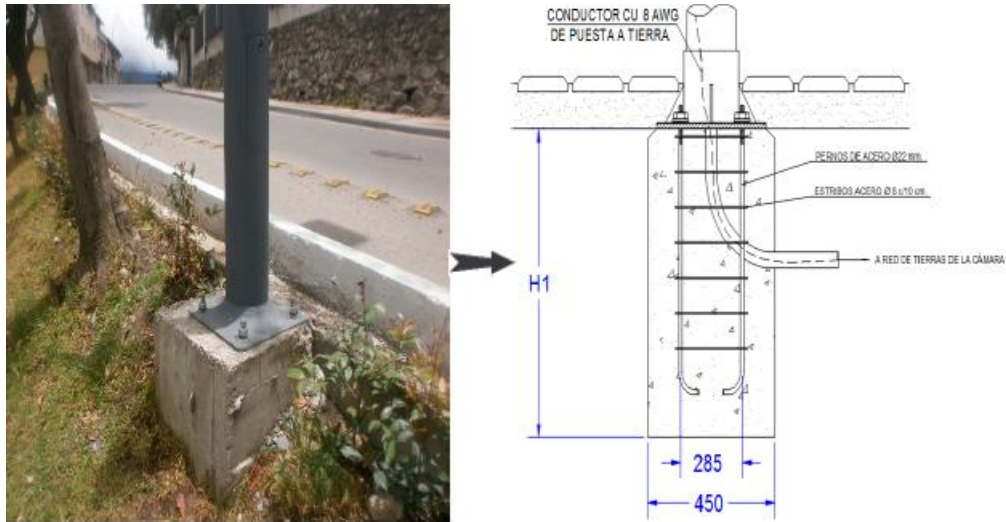


Figura 63. Cimentación de báculos.

Fuente: (Vélez, 2020b).

6.16.2 Instalación

- Los cables están disponibles enterrados bajo tuberías pesadas de PVC tipo II. El conductor empleado es de aluminio TTU calibre 6 AWG en la **Tabla 19**.
- Las conexiones de derivación se realizan con un empalme tipo gel, que permite que los conductores se encuentren aislados y herméticos con ello evitan la humedad y corrosión de los conductores.

En la **Figura 64**, se muestra el tipo de empalme con gel efectuado para el alumbrado público.



Figura 64. Empalme tipo gel para el alumbrado público.

Fuente: (Vélez, 2020b).

- Los conductores están conectados a la terminales huecas del interior de los báculos y cajas metálicas con terminales el cable concéntrico de las luminarias instaladas.

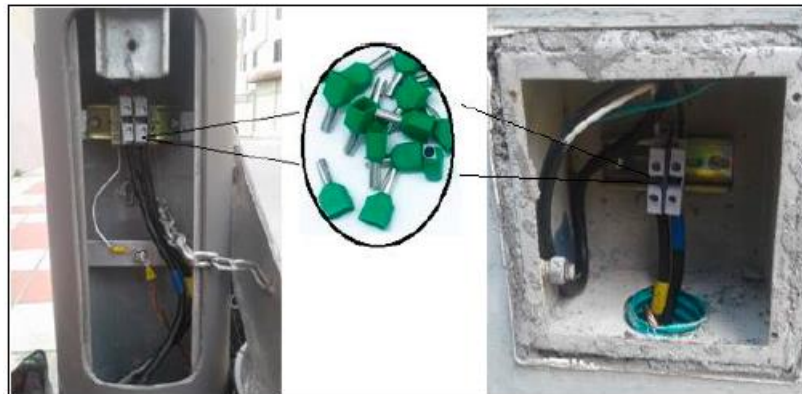


Figura 65. Alimentación y conexión de luminarias con terminales.

Fuente: (Vélez, 2020b).

7 Discusión

En la presente investigación, la revisión literaria ayuda a conocer los parámetros técnicos sobre, redes de distribución aéreas y subterráneas, la indagación de esta información permite organizar y estructurar el contenido para crear la guía, además de analizar la normativa interna de la EERSSA tanto en la presentación de los proyectos eléctricos, como la etapa de aprobación y construcción de redes subterráneas, la normativa indica la información relevante para el dimensionamiento de redes subterráneas, lo que se demuestra en los resultados obtenidos. Al ser una empresa distribuidora de energía eléctrica para la construcción de obras eléctricas subterráneas, la información proporcionada en la normativa expone las directrices a tener en cuenta, para realizar el diseño y construcción en base al catálogo digital de Homologación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del ex MEER.

Al revisar el catálogo digital se puede obtener información detallada sobre la instalación de redes eléctricas subterráneas, lo que facilita la determinación de especificaciones técnicas para su diseño y construcción. La estandarización a nivel nacional es de gran importancia para la construcción de estas redes, especialmente las de distribución eléctrica subterránea, lo que concuerda con el estudio de (Jaramillo, 2020), que muestra un diseño de una red subterránea de media y baja tensión para la zona céntrica de la ciudad de Zamora, que toma como referente el catálogo digital para sistemas subterráneos, demostrando el gran apoyo técnico que brinda esta herramienta, lo que es confirmado con la investigación de (Quezada, 2020) que realiza un “análisis descriptivo del soterramiento de las redes de distribución de electricidad en la regeneración urbana del Céntrico Histórico de la ciudad de Loja” demostrando ser funcional para obras eléctricas subterráneas.

A través del proceso metodológico establecido en la presente investigación, se realiza la descripción de las especificaciones técnicas de materiales, equipos y obras de construcción de los sistemas de distribución de electricidad subterráneos, con lo que se logra consolidar los aspectos más representativos de los parámetros analizados, para poder sintetizar toda esa información y conocer los procedimientos para la ejecución de este tipo de proyectos.

Los estándares de construcción establecidos en la guía técnica se enmarcan en el proceso de registro y presentación de los proyectos en la EERSSA, tipos de obras civiles, parámetros técnicos de construcción, tipo de equipos y materiales, los mismos que cumplen y concuerdan con el catálogo digital de homologación del ex MEER.

En base al análisis de las normativas y la descripción de especificaciones técnicas se cumple con el objetivo del presente Trabajo de Integración Curricular, pues se consigue

consolidar estándares para el diseño, presentación, y construcción de redes eléctricas subterráneas, plasmado a través de una guía técnica que será la base para orientar a los profesionales y empresas constructoras del sector eléctrico en el área de concesión de la EERSSA. La aplicación de parámetros unificados a través de la guía mejora, agiliza y permite de manera eficaz la implementación de este tipo de proyectos, cumpliendo la hipótesis planteada en el presente estudio.

8 Conclusiones

- La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. no cuenta con una guía para la construcción de obras eléctricas subterráneas, sino que ejecuta una normativa interna basada en directrices técnicas a nivel nacional, constituyendo estos estándares gran parte de los lineamientos técnicos para el diseño y construcción de este tipo de proyectos.
- El catálogo digital de Homologación de Unidades de Propiedad y Construcción de la ex MEER tiene una gran funcionalidad ya que mejora el diseño y construcción de redes subterráneas de distribución eléctrica y permite una estandarización en futuros proyectos eléctricos.
- El análisis de la normativa interna de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A, y la funcionalidad del catálogo digital de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del ex MEER, ha permitido contar con especificaciones técnicas para la elaboración de una guía para la construcción de redes subterráneas de la EERSSA.
- La guía técnica elaborada permite la construcción de sistemas de distribución eléctrica subterránea, en donde se detallan los procedimientos técnicos y la documentación necesaria para el desarrollo de proyectos eléctricos de hasta 25 kV.

9 Recomendaciones

- De acuerdo a las necesidades de los diferentes proyectos eléctricos de redes subterráneas, se recomienda que la EERSSA gestione la actualización de la normativa interna con más especificaciones técnicas, especialmente en redes subterráneas.
- La guía elaborada en el presente trabajo de investigación sea implementada por la empresa EERSSA para diseño, construcción, planificación, operación y mantenimiento de proyectos de redes subterráneas como una herramienta que sirva para orientar a los ingenieros proyectistas y constructores de proyectos eléctricos, lo que contribuye a la gestión y ejecución de las obras de distribución.
- Analizar nuevos proyectos de investigación que incluya otras normativas técnicas nacionales e internacionales, que permitan mejorar las especificaciones técnicas y contar con un sólido procedimiento para el diseño y construcción de redes eléctricas subterráneas, en el área de concesión de la EERSSA.
- Es importante tener en cuenta que algunos de los parámetros descritos en esta guía pueden variar, por lo que se requiere de la intervención de personal calificado y del fiscalizador de la construcción eléctrica.

10 Bibliografía

- Aucapiña, J., & Niola, J. (2012). Proyecto de especificaciones técnicas para el diseño de redes subterráneas de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur S.A. 245.
- BBVA. (2022). Alta, baja y media tensión eléctrica ¿Conoces la diferencia? BBVA NOTICIAS. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/alta-baja-y-media-tension-electrica-conoces-la-diferencia/>
- Calva, E. (s. f.). Propuestas de factor de coincidencia en cocinas de inducción. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.
- Campozano, J., & Tubón, S. (2020). Manual de procedimiento para la construcción de redes subterráneas. Universidad de Cuenca.
- Capella, R. (2004). Centros de Transformación MT/BT. 157.
- CENTElsa. (2005). Regulación de tensión en instalaciones eléctricas.
- Centelsa. (2019). Recomendaciones de Instalación de cables subterráneos (pp. 1-22). https://www.centelsa.com/archivos/Recomendaciones_de_Instalaciones_Cables_Subterranos_CENTElsa.pdf
- Chacon, M. Z., Víctor. (s. f.). Análisis de los aspectos técnicos de aplicación y ensayos previos a la puesta en servicio de instalaciones eléctricas subterráneas de la Empresa Eléctrica Azoguez C.A. Agosto 2022, 153.
- Chardon. (s. f.). Codo Apartarrayo Chardon.
- CONELEC. (s. f.). Regulación de alumbrado público 008-11. <https://www.elecgalapagos.com.ec/lotaip/2013/regulaciones-y-procedimientos/Regulacion-alumbrado-publico-008-11.pdf>
- Conelsa. (2019). Catálogo de productos de media tensión. <https://www.kitton.com.ec/media/vendor-catalog/catalogfab2019020809165536151.pdf>
- Ecuatran. (2017). Transformadores pedestal y sumergibles, monofásicos—Trifásicos. https://www.ecuatran.com/wp-content/uploads/2017/02/brochure_padmouted.pdf
- EEASA. (2004). Especificaciones técnicas.
- EERSSA. (s. f.). Ingreso. Recuperado 30 de octubre de 2022, de http://186.178.204.61:8093/oficinavirtualile/seg_Login/
- EERSSA. (2012). Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales. 67.
- EERSSA. (2015). Especificaciones técnicas para canalización.

- EERSSA. (2018). Informe de rendición de cuentas EERSSA. Ministerio de Energía y Recursos No Renovables. http://www.eerssa.gob.ec/eerssa/rendicion-de-cuentas/2019/Presentacion_Rendicion_Cuentas_2018.pdf
- Eléctricidad. (2020). DOCUMENTO DE HOMOLOGACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD Y UNIDADES CONSTRUCTIVAS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA - PDF Descargar libre. <https://docplayer.es/76675199-Documento-de-homologacion-y-estandarizacion-de-las-unidades-de-propiedad-y-unidades-constructivas-del-sistema-de-distribucion-electrica.html>
- Electrocables. (2018). Catálogo de productos.
- EREE, P. C. (2022, agosto 26). Reformas al Reglamento General a la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. PBP. <https://www.pbplaw.com/es/reformas-al-reglamento-general-de-la-ley-organica-del-servicio-publico-de-energia-electrica/>
- FENOSA. (2020). Normas técnicas para redes eléctricas subterráneas. https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/electricidad/anexos/Anexo_A_7346_Elec.pdf
- INEN. (s. f.). Diseño y construcción de encofrados. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/GPE-16.pdf>
- Luzuriaga, J. J. J. (2020). TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA ELECTROMECÁNICA. 119.
- Martínez. (2013, julio). CAPÍTULO V. INSTALACIÓN DE CABLES DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN - PDF Descargar libre. <https://docplayer.es/amp/3629920-Capitulo-v-instalacion-de-cables-de-energia-de-media-tension.html>
- MEER. (2013a). Manual de construcción. https://www.unidadespropiedad.com/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=873
- MEER. (2013b). MARCO TEÓRICO PARA LA HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD Y UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE REDES SUBTERRÁNEAS.
- Mexico, R. de. (2013, septiembre 30). Transformador Pedestal de Distribución Subterránea— RTE de Mexico. RTE. <https://rte.mx/transformador-pedestal-de-distribucion-subterranea>

- MTOP. (2013). Volumen N3 Epecificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf
- Municipio de Loja. (2015, agosto 25). Construcción del Proyecto Regeneración Urbana (Adjudicado) | Municipio de Loja. Municipio de Loja. <https://www.loja.gob.ec/contenido/construccion-reg-urb>
- NEC. (2013). NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC. MIDUVI. https://www.academia.edu/35671690/NORMA_ECUATORIANA_DE_CONSTRUCCI%C3%93N_NEC_CAP%C3%8DTULO_15_INSTALACIONES_ELECTROMEC%C3%81NICAS
- Pittí, A. I. (2005). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO Especificaciones IDU-ET-2005 Capítulo 3. https://www.academia.edu/9995099/ESPECIFICACIONES_T%C3%89CNICAS_GENERALES_DE_MATERIALES_Y_CONSTRUCCI%C3%93N_PARA_PROYECTOS_DE_INFRAESTRUCTURA_VIAL_Y_DE_ESPACIO_P%C3%9ABLICO_Especificaciones_IDU_ET_2005_Cap%C3%ADtulo_3
- Ramírez, S. (2004). Redes de Distribución de Energía. Universidad Nacional de Colombia, Tercera edición, 926.
- RelSAMEX. (2020, septiembre 14). Elementos principales de una subestación eléctrica. RELSAMEX. <https://www.relsamex.com/elementos-principales-de-una-subestacion-electrica/>
- Repsol. (2022). ¿Qué es una subestación eléctrica y para qué sirve? REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-innovacion/energia-futuro/transicion-energetica/subestacion-electrica/index.cshtml>
- Thomas, E. (2008). Underground Distribution System Design Guide. Cooperative Research Network. <https://www.cooperative.com/programs-services/bts/Documents/Reports/03-08UnderDistSystemDesignGuide.pdf>
- Vélez, C. M. Q. (2020a). ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL SOTERRAMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTRICIDAD EN LA REGENERACIÓN URBANA DEL CÉNTRICO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE LOJA. 253.

Vélez, C. M. Q. (2020b). ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL SOTERRAMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTRICIDAD EN LA REGENERACIÓN URBANA DEL CÉNTRICO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE LOJA. 253.

Villagrán, V. (2016, febrero 29). TIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS. <https://jdelectricos.com.co/tipos-de-subestaciones-electricas/>

11 Anexos

Anexo 1. Sitio web de la EERSSA.

The screenshot displays the EERSSA website interface. At the top, there is a navigation bar with a 'MENÚ' button. Below this, the 'Noticias' section features a news item titled 'La capital maicera del ecuador, Pindal, recibe proyecto de iluminación'. The 'Servicios' section contains five main service buttons: 'Consultar cuenta contrato', 'Valores por consumo de energía', 'Documentos electrónicos', 'Oficina Virtual', and 'Contáctenos'. Below the services, the 'Enlaces de Interés' section lists various links in a grid format.

MENÚ


Noticias

La capital maicera del ecuador, Pindal, recibe proyecto de iluminación

Servicios

- Consultar cuenta contrato
- Valores por consumo de energía
- Documentos electrónicos
- Oficina Virtual
- Contáctenos

Enlaces de Interés

<input type="checkbox"/> Puntos de recaudación	<input type="checkbox"/> Procesos de contratación AFD
<input type="checkbox"/> Procesos de contratación BID	<input type="checkbox"/> Procesos de contratación CAF
<input type="checkbox"/> Rendición de cuentas 2021	<input type="checkbox"/> Sist. de información geográfica - SIG
<input type="checkbox"/> Boletines - cortes de energía	<input type="checkbox"/> Generación fotovoltaica
<input type="checkbox"/> Compensación Res. ARCERNR-6/2020	<input type="checkbox"/> Ingenieros en libre ejercicio registrados
<input type="checkbox"/> Chat de servicio en línea 	

Anexo 2. Acta de acondicionamientos básicos del proyecto.

FECHA	
ANTECEDENTES	
1) Nombre del proyecto:	
2) Provincia:	Cantón:
Parroquia:	Barrio o calles:
3) Generalidades	
Nombre de Ing. Projectista:	
Nombre de Propietario:	
DATOS TECNICOS	
Número de transformador mas cercano:	Sección de SICAP:
Caída de tensión en el punto de arranque:	
Características del sistema existente:	
RESUMEN DE OBRA	
Media tensión	Estación de transformación
Tipología:	Potencia
Cantidad	Cantidad
Baja Tensión	Acometida
Topología:	Topología:
Cantidad	Cantidad
POSIBILIDADES, LIMITACIONES Y OBSERVACIONES	
Ing. Projectista Registro Profesional	GERENTE DE PLANIFICACIÓN

Anexo 3. Factor de caída de tensión (FDV) en alimentadores primarios (kVA-km).

Calibre Conductor Fase / Neutro	13 800 - 7 967 V								
	ACSR			6201			ASC		
	1F - 2C	2F - 3C	3F - 4C	1F - 2C	2F - 3C	3F - 4C	1F - 2C	2F - 3C	3F - 4C
4 (4)	215	863	1,292	211	844	1,263	210	842	1,260
2 (4)	261	1,046	1,565	255	1,024	1,532	254	1,021	1,527
2 (2)	330	1,323	1,977	323	1,297	1,938	322	1,291	1,930
1/0 (2)	397	1,593	2,379	389	1,562	2,333	387	1,555	2,323
2/0 (2)	427	1,716	2,562	419	1,684	2,514	417	1,677	2,504
2/0 (1/0)	544	2,187	3,261	534	2,147	3,202	532	2,138	3,188
3/0 (1/0)	583	2,346	3,498	579	2,330	3,473	577	2,321	3,460
3/0 (2/0)	649	2,615	3,895	646	2,602	3,876	644	2,594	3,863
4/0 (1/0)	632	2,546	3,793	621	2,499	3,724	618	2,489	3,709
4/0 (2/0)	711	2,865	4,265	699	2,815	4,191	696	2,805	4,176

Calibre Conductor Fase / Neutro	22 000 - 12 700 V								
	ACSR			6,201			ASC		
	1F - 2C	2F - 3C	3F - 4C	1F - 2C	2F - 3C	3F - 4C	1F - 2C	2F - 3C	3F - 4C
4 (4)	547	2,192	3,280	535	2,143	3,208	533	2,137	3,199
2 (4)	662	2,656	3,973	648	2,600	3,889	646	2,591	3,877
2 (2)	837	3,359	5,020	820	3,293	4,922	817	3,279	4,901
1/0 (2)	1,007	4,044	6,041	988	3,966	5,924	983	3,949	5,898
2/0 (2)	1,085	4,358	6,506	1,064	4,275	6,383	1,060	4,257	6,357
2/0 (1/0)	1,380	5,553	8,281	1,355	5,452	8,131	1,350	5,428	8,096
3/0 (1/0)	1,480	5,958	8,881	1,470	5,916	8,819	1,465	5,893	8,785
3/0 (2/0)	1,649	6,640	9,890	1,641	6,607	9,841	1,635	6,586	9,810
4/0 (1/0)	1,605	6,464	9,631	1,576	6,346	9,455	1,570	6,320	9,417
4/0 (2/0)	1,805	7,275	10,830	1,774	7,147	10,641	1,768	7,123	10,604

Calibre Conductor Fase / Neutro	22 000 - 12 700 V			13 800 - 7 967 V		
	Cobre			Cobre		
	1F - 2C	2F - 3C	3F - 4C	1F - 2C	2F - 3C	3F - 4C
4 (4)	796	3,182	4,758	313	1,253	1,874
2 (4)	966	3,863	5,771	380	1,521	2,273
2 (2)	1,224	4,897	7,309	482	1,929	2,879
1/0 (2)	1,481	5,923	8,831	583	2,333	3,478
2/0 (2)	1,583	6,331	9,435	623	2,493	3,716
2/0 (1/0)	2,021	8,083	12,024	796	3,183	4,735
3/0 (1/0)	2,222	8,887	13,210	875	3,500	5,202
3/0 (2/0)	2,452	9,807	14,563	966	3,862	5,735
4/0 (1/0)	2,386	9,544	14,176	940	3,759	5,583
4/0 (2/0)	2,653	10,612	15,746	1,045	4,179	6,201

Anexo 4. Factor de caída de tensión (FDV) redes de distribución para baja tensión con conductor aislado (kVA-m).

Calibre Conductor Fase / Neutro	Cobre							
	220 - 127 V			208 - 120 V			240 - 120 V	
	1F- 2C	2F- 3C	3F- 4C	1F- 2C	2F- 3C	3F- 4C	1F- 2C	2F- 3C
10 (10)	21	83	125	19	74	111	19	74
8 (8)	33	132	197	29	118	176	29	117
6 (8)	40	161	242	36	144	216	36	144
6 (6)	52	208	311	46	185	278	46	185
4 (6)	63	254	380	57	227	340	57	226
4 (4)	81	325	488	73	291	436	73	290
2 (4)	99	397	595	89	355	532	89	354
2 (2)	127	507	760	113	453	680	113	452
1/0 (2)	154	617	926	138	552	828	138	551
1/0 (1/0)	196	783	1,174	175	700	1,050	175	699
2/0 (2)	165	662	993	148	592	888	148	591
2/0 (1/0)	214	856	1284	191	765	1147	191	764
2/0 (2/0)	235	941	1411	210	841	1261	210	840
3/0 (1/0)	237	946	1420	211	846	1269	211	845
3/0 (2/0)	263	1051	1577	235	940	1410	235	938
3/0 (3/0)	297	1187	1780	265	1061	1591	265	1059
4/0 (1/0)	255	1021	1532	228	913	1369	228	911
4/0 (2/0)	286	1144	1717	256	1023	1535	255	1022
4/0 (4/0)	362	1446	2169	323	1293	1939	323	1291
250 (2/0)	302	1210	1815	270	1081	1622	270	1080
250 (4/0)	388	1552	2328	347	1387	2081	346	1385
250 (250)	414	1657	2485	370	1481	2222	370	1479
300 (2/0)	319	1277	1915	285	1141	1712	285	1140
300 (4/0)	416	1664	2496	372	1488	2231	371	1485
300 (300)	481	1926	2888	430	1721	2582	430	1719
350 (2/0)	331	1326	1989	296	1185	1778	296	1183
350 (4/0)	437	1748	2622	391	1563	2344	390	1560
350 (350)	539	2155	3232	482	1926	2889	481	1923

Anexo 5. Formato de cómputo de caída de tensión para redes primarias.

ALIMENTADOR PRIMARIO		PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE REDES PRIMARIAS				ANEXO: HOJA:		
PROVINCIA:		CANTÓN:		PARROQUIA:		BARRIO:	FECHA:	
LONGITUD TOTAL: km		NUMERO DE CLIENTES:		PROYECTISTA:				
VOLTAJE NOMINAL: kV		No SECCION SICAP:		RESPONSABLE:				
NÚMERO DE FASES:		DV DE ARRANQUE:		REVISO:				
ESQUEMA:								
TRAMOS	LONGITUD (KM)	CARGA KVA	Nº FASE/ Nº COND.	CALIBRE AWG	FDV KVAxKM	MP. KVAxKM	DV % PARCIAL	DV % ACUMULADO
A	B	C	D	E	F	G=BxC	H=G/F	I
NOTAS:							DV MAXIMO: [%]	

Anexo 6. Formato de cómputo de caída de tensión para redes en baja tensión.

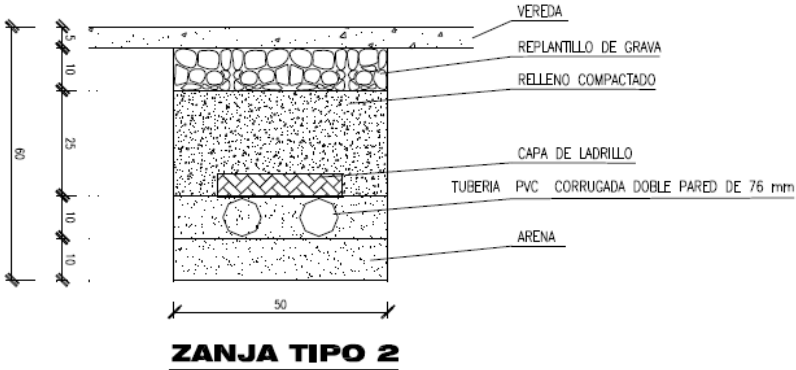
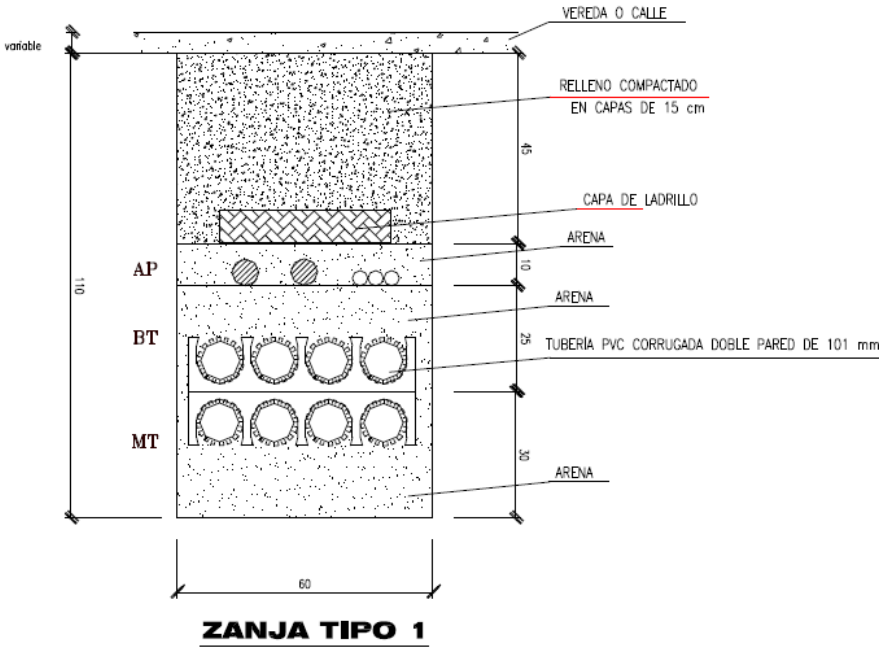
REDES		PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN					ANEXO:			
SECUNDARIAS		CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE					HOJA:			
PROVINCIA:	CANTÓN:			PARROQUIA:	BARRIO:	FECHA:				
C. TRANSFORMACION No.:			CATEGORIA ABONADO:		NUMERO DE ABONADOS:					
DATOS DEL TRANSFORMADOR:			POTENCIA:			PROYECTISTA:				
REFERENCIA:			V. NOMINAL A.T.:			RESPONSABLE:				
NUMERO DE FASES:			V. NOMINAL B.T.:			REVISO:				
ESQUEMA:										
TRAMO	LONGIT. (M)	Nº DE CONSU.	KVA DE AP/CE.	DMD. (KVA)	Nº-FASES Nº CON.	CALIBRE AWG.	FDV. KVAxM	MP. KVAxM	DV% PARCIAL	DV % ACUM.
A	B	C	D	E	F	G	H	I=BxE	J=IH	K
NOTAS:									DV MAXIMO:	
									[%]	

Anexo 7. Demandas Máximas Proyectadas (DMP en kVA).

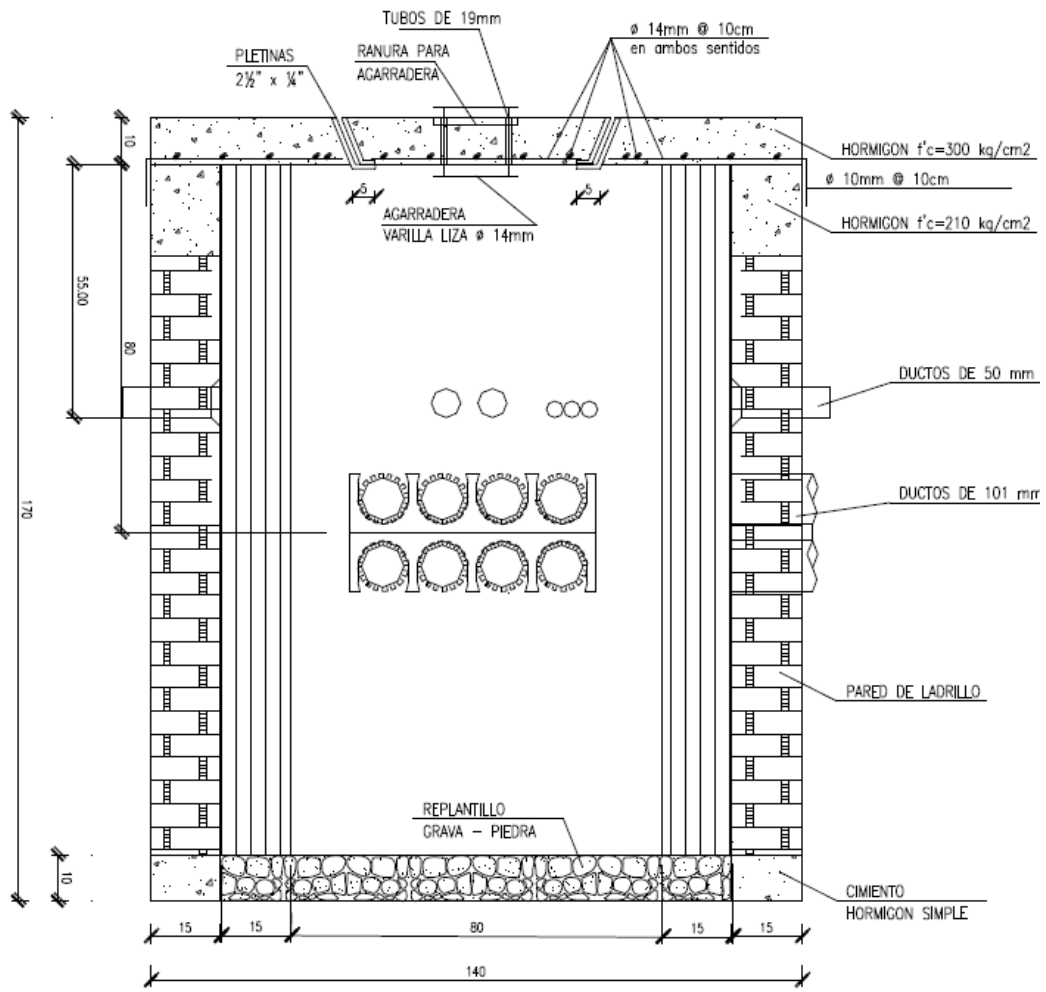
NÚMERO DE USUARIOS	URBANO					RURAL		
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	4.48	2.35	1.33	0.82	0.56	0.60	0.50	0.40
2	8.39	4.40	2.49	1.54	1.05	1.12	0.94	0.75
3	12.12	6.36	3.60	2.22	1.51	1.62	1.35	1.08
4	15.72	8.25	4.67	2.88	1.97	2.11	1.75	1.40
5	19.24	10.09	5.71	3.52	2.41	2.58	2.15	1.72
6	22.70	11.91	6.74	4.15	2.84	3.04	2.53	2.03
7	26.10	13.69	7.75	4.78	3.26	3.50	2.91	2.33
8	29.45	15.45	8.74	5.39	3.68	3.94	3.29	2.63
9	32.77	17.19	9.73	6.00	4.10	4.39	3.66	2.93
10	36.05	18.91	10.70	6.60	4.51	4.83	4.02	3.22
11	39.30	20.61	11.67	7.19	4.91	5.26	4.39	3.51
12	42.52	22.30	12.62	7.78	5.31	5.69	4.75	3.80
13	45.72	23.98	13.57	8.37	5.71	6.12	5.10	4.08
14	48.89	25.64	14.51	8.95	6.11	6.55	5.46	4.37
15	52.04	27.30	15.45	9.53	6.51	6.97	5.81	4.65
16	55.17	28.94	16.38	10.10	6.90	7.39	6.16	4.93
17	58.29	30.57	17.30	10.67	7.29	7.81	6.51	5.20
18	61.38	32.20	18.22	11.24	7.67	8.22	6.85	5.48
19	64.46	33.81	19.14	11.80	8.06	8.63	7.19	5.76
20	67.53	35.42	20.05	12.36	8.44	9.04	7.54	6.03
21	70.58	37.02	20.95	12.92	8.82	9.45	7.88	6.30
22	73.62	38.62	21.85	13.47	9.20	9.86	8.22	6.57
23	76.64	40.20	22.75	14.03	9.58	10.26	8.55	6.84
24	79.65	41.78	23.65	14.58	9.96	10.67	8.89	7.11
25	82.65	43.36	24.54	15.13	10.33	11.07	9.22	7.38
26	85.64	44.92	25.42	15.68	10.71	11.47	9.56	7.65
27	88.62	46.48	26.31	16.22	11.08	11.87	9.89	7.91
28	91.58	48.04	27.19	16.76	11.45	12.27	10.22	8.18
29	94.54	49.59	28.07	17.30	11.82	12.66	10.55	8.44
30	97.49	51.14	28.94	17.84	12.19	13.06	10.88	8.70
31	100.43	52.68	29.81	18.38	12.55	13.45	11.21	8.97
32	103.36	54.22	30.68	18.92	12.92	13.84	11.54	9.23
33	106.28	55.75	31.55	19.45	13.28	14.23	11.86	9.49
34	109.19	57.28	32.42	19.99	13.65	14.62	12.19	9.75
35	112.09	58.80	33.28	20.52	14.01	15.01	12.51	10.01
36	114.99	60.32	34.14	21.05	14.37	15.40	12.83	10.27
37	117.88	61.83	35.00	21.58	14.74	15.79	13.16	10.53
38	120.76	63.35	35.85	22.10	15.10	16.17	13.48	10.78
39	123.64	64.85	36.70	22.63	15.45	16.56	13.80	11.04
40	126.50	66.36	37.56	23.15	15.81	16.94	14.12	11.29
41	129.36	67.86	38.41	23.68	16.17	17.33	14.44	11.55
42	132.22	69.36	39.25	24.20	16.53	17.71	14.76	11.81
43	135.07	70.85	40.10	24.72	16.88	18.09	15.07	12.06
44	137.91	72.34	40.94	25.24	17.24	18.47	15.39	12.31
45	140.74	73.83	41.78	25.76	17.59	18.85	15.71	12.57
46	143.57	75.31	42.62	26.28	17.95	19.23	16.02	12.82
47	146.40	76.79	43.46	26.80	18.30	19.61	16.34	13.07
48	149.21	78.27	44.30	27.31	18.65	19.98	16.65	13.32
49	152.03	79.75	45.13	27.83	19.00	20.36	16.97	13.57
50	154.83	81.22	45.97	28.34	19.35	20.74	17.28	13.82

Anexo 8. Tipos de zanjas en alumbrado.

TIPOS DE ZANJAS

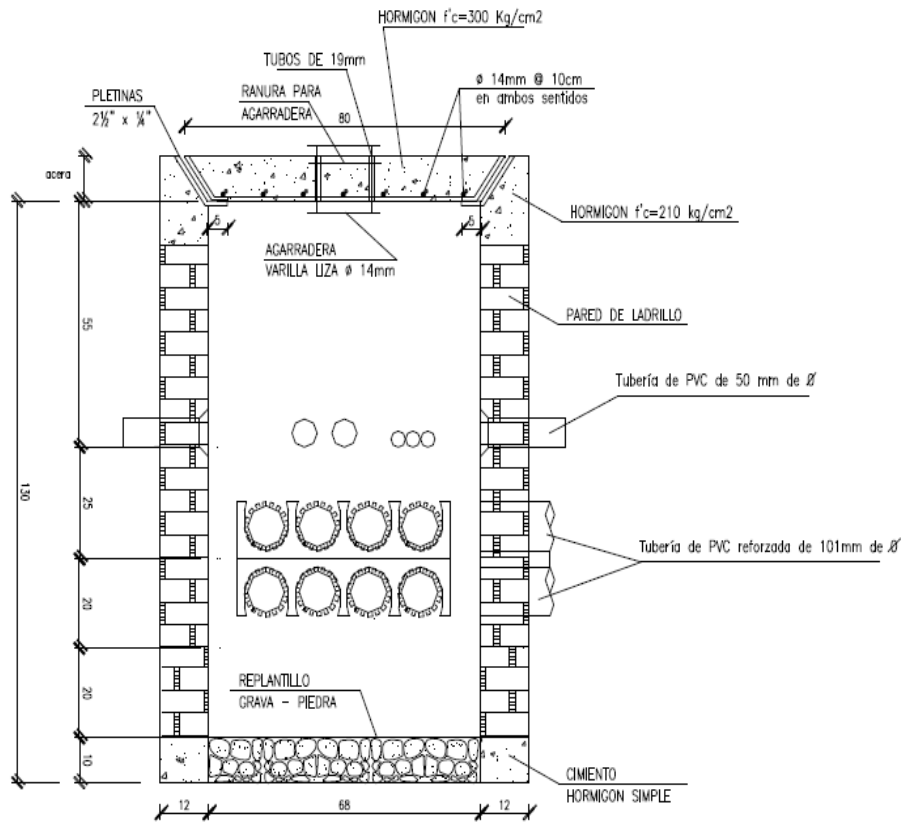


Anexo 9. Pozo de revisión media y baja tensión tipo A.



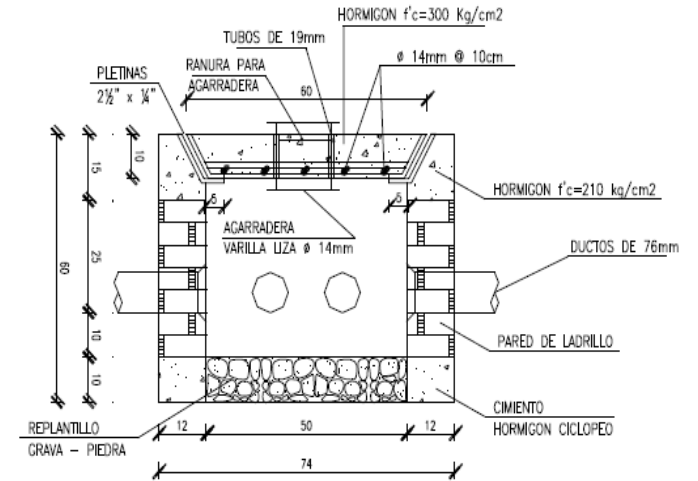
Anexo 10. Tipos de pozos de revisión.

Media Tensión y Baja Tensión

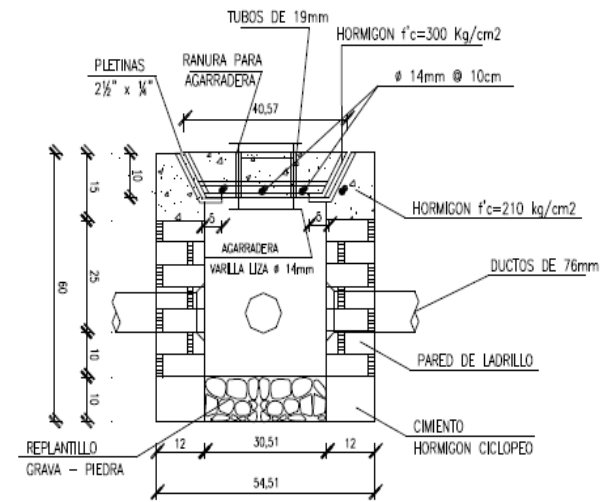


POZO DE REVISIÓN TIPO B

Alumbrado Público, Acometidas y Puestas a Tierra




POZO DE REVISIÓN TIPO C



POZO DE REVISIÓN TIPO D

Anexo 11. Accesorios de transformador pedestal tipo radial.

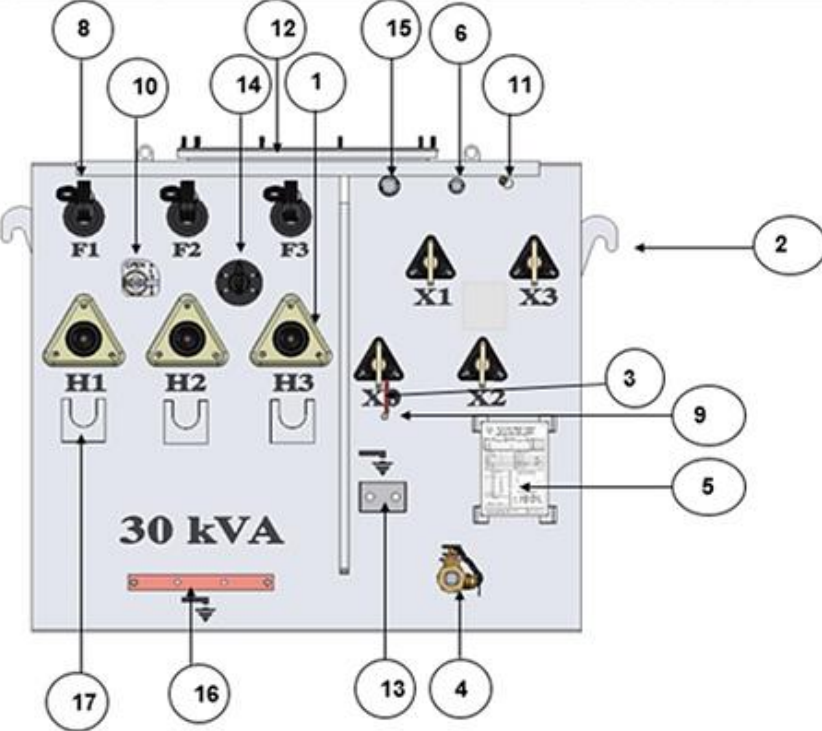
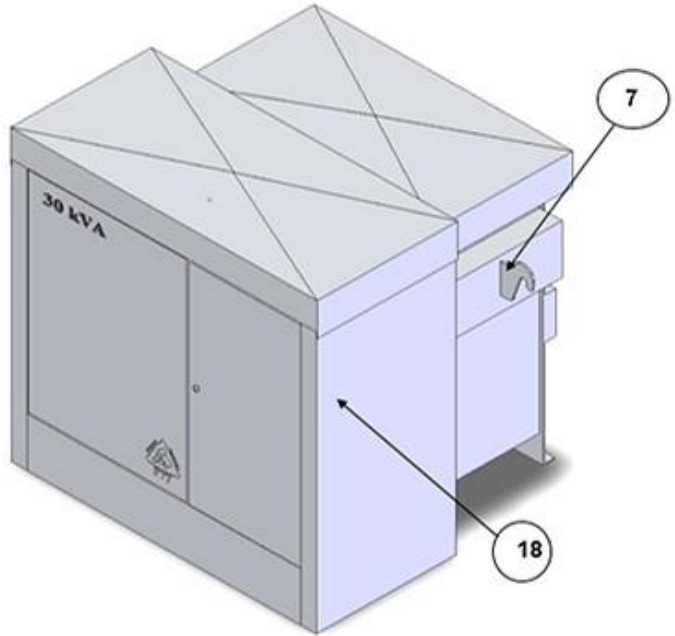


Transformadores Eléctricos. RTE

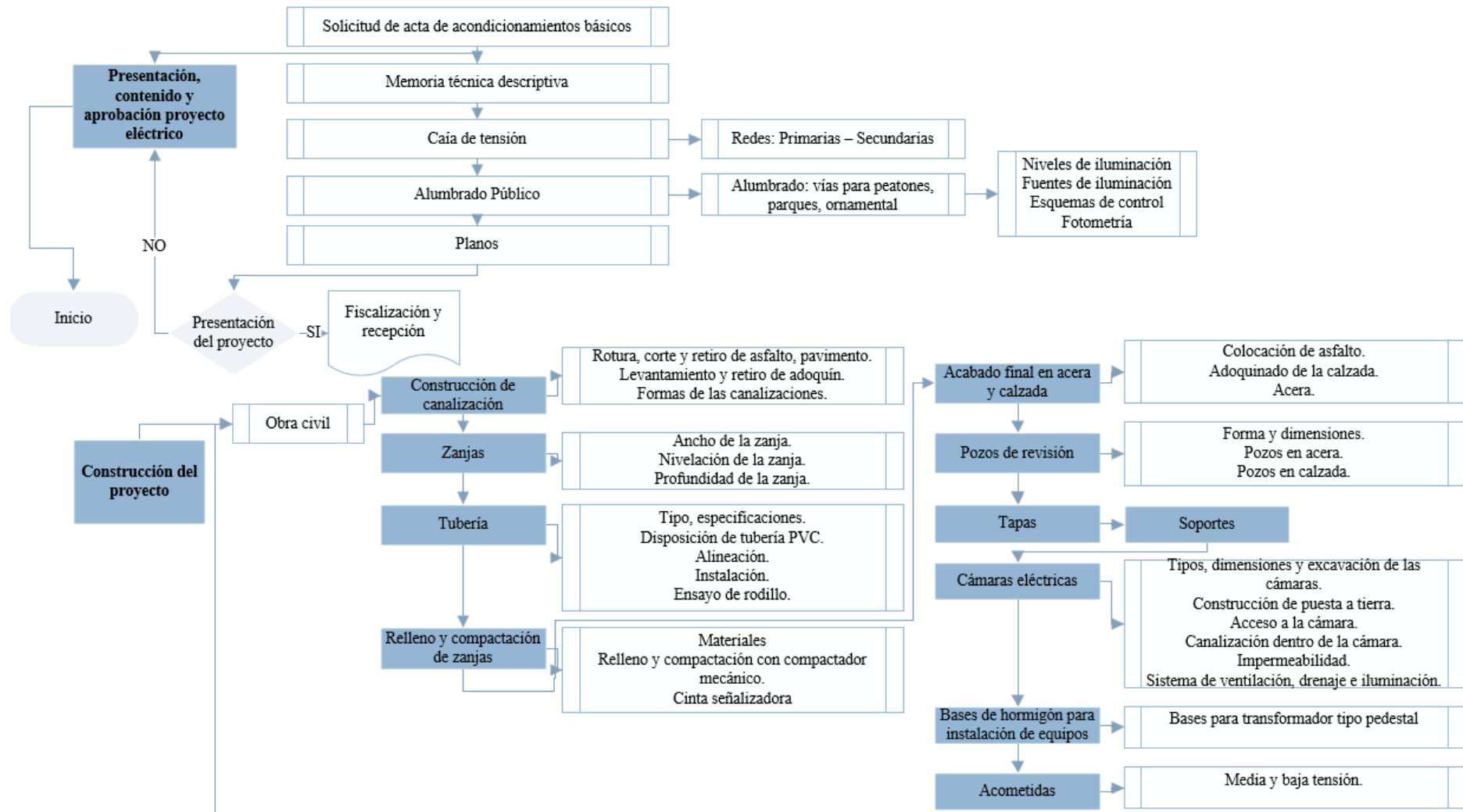
ACCESORIOS PARA TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

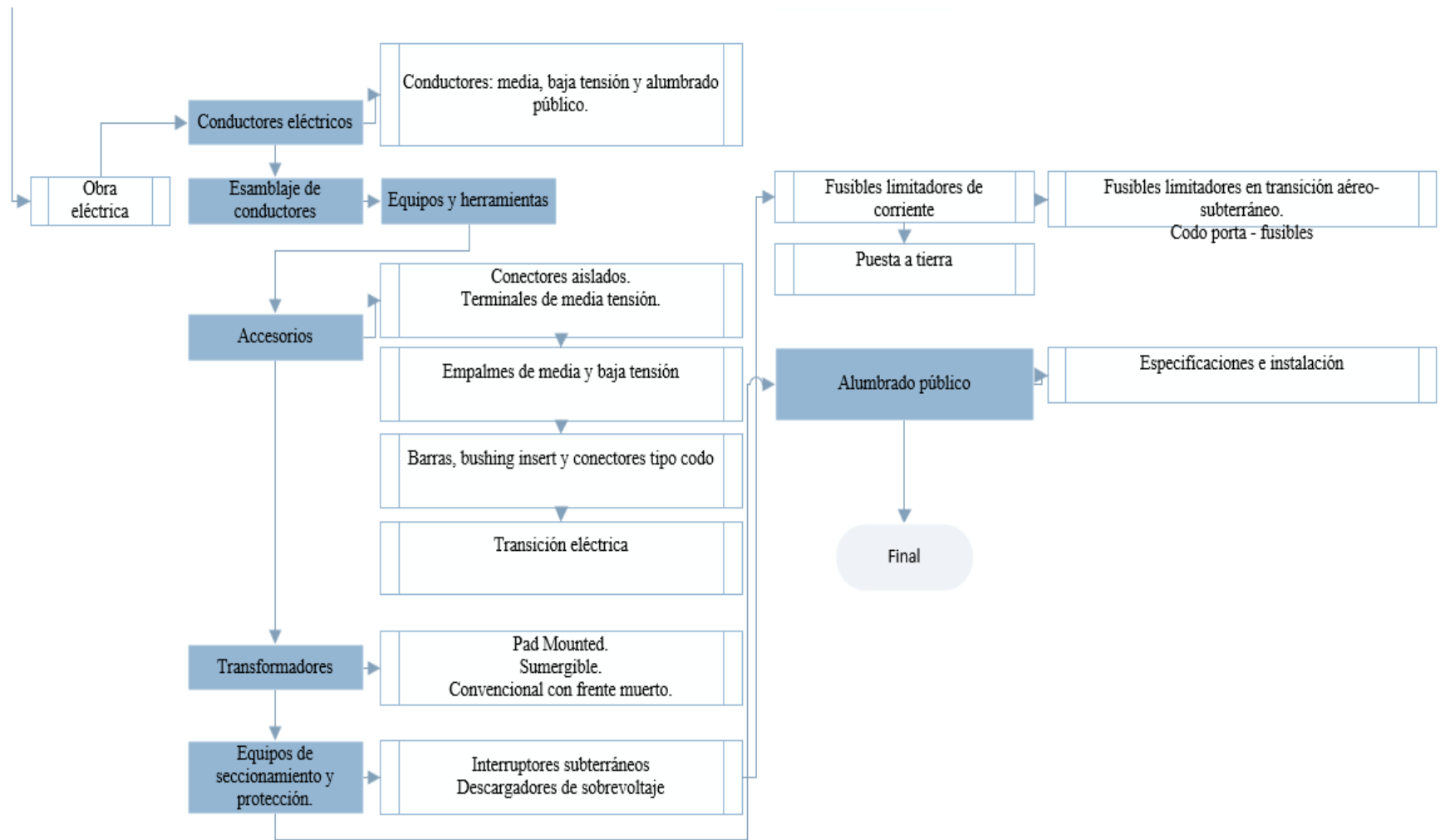
PEDESTAL OPERACIÓN RADIAL

No.	Cant.	Descripcion	No.	Cant.	Descripcion	No.	Cant.	Descripcion
1	3	Boquillas de Media Tensión	7	2	Oreja de izaje	13	1	Conector del tanque a tierra física
2	4	Boquillas de Baja Tensión	8	3	Fusibles de expulsión tipo bayoneta	14	1	Cambiador de derivaciones externo
3	1	Puente de X0 al Tanque	9	1	Conector de X0 al Tanque	15	1	Conexión superior para filtro prensa
4	1	Valvula de muestreo	10	1	Seccionador	16	1	Solera para conexión a tierra
5	1	Placa de Datos	11	1	Válvula de sobrepresión	17	3	Base para conector tipo codo
6	1	Canexion p/Prueba de Hermeticidad	12	1	Tapa de registro de mano	18	1	Gabinete del tanque

Anexo 12. Flujograma del proceso de realización de una obra eléctrica subterránea.





English Speak Up Center

Nosotros "*English Speak Up Center*"

CERTIFICAMOS que

La traducción del resumen de Trabajo de Integración Curricular titulado "GUÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE REDES SUBTERRÁNEAS PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A. (EERSSA)." documento adjunto solicitado por el señor Darwin Raúl Bravo Cueva con cédula de ciudadanía número 1150815239 ha sido realizada por el Centro Particular de Enseñanza de Idiomas "*English Speak Up Center*"

Esta es una traducción textual del documento adjunto. El traductor es competente y autorizado para realizar traducciones.

Loja, 1 de diciembre de 2023


Mg. Sc. Elizabeth Sánchez Burneo
DIRECTORA ACADÉMICA

