

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad De Ingeniería En Ciencias Aplicadas

Carrera De Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

IMPLEMENTACIÓN DE UN EMULADOR DE UN PATIO DE PRUEBAS PARA UN SISTEMA DE PROTECCIÓN EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN EN EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en
Mantenimiento Eléctrico

Autor:

Juan Carlos Rosero Maldonado

Director:

Ing. Jhonny Javier Barzola Iza, MSc.

Ibarra – Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que se publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1002972691		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Rosero Maldonado Juan Carlos		
DIRECCIÓN:	Imbabura – Atuntaqui, Arturo Pérez y Av. Luis Leoro Franco		
EMAIL:	jcroserom@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062 908 136	TELÉFONO MÓVIL:	0998527737

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UN EMULADOR DE UN PATIO DE PRUEBAS PARA UN SISTEMA DE PROTECCIÓN EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN EN EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
AUTOR (ES):	Rosero Maldonado Juan Carlos
FECHA: DD/MM/AAAA	26/05/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSTGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Jhonny Javier Barzola Iza, MSc.

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamo por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de junio de 2021.

EL AUTOR:

Juan Carlos Rosero Maldonado
1002972691



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO

Yo, Jhonny Javier Barzola Iza en calidad de tutor del señor Rosero Maldonado Juan Carlos, certifico que ha culminado con las normas establecidas en la elaboración del Trabajo de Grado titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN EMULADOR DE UN PATIO DE PRUEBAS PARA UN SISTEMA DE PROTECCIÓN EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN EN EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**. Para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobado la defensa, impresión y empastado.

**JHONNY
JAVIER
BARZOLA
IZA** Firmado
digitalmente por
JHONNY JAVIER
BARZOLA IZA
Fecha: 2021.06.09
14:40:14 -05'00'

Ing. Jhonny Javier Barzola Iza, MSC.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

Con amor, respeto y gran admiración dedico este caro anhelo a mis queridos padres Daniel Rosero y Hortensia Maldonado, por su incalculable sacrificio y que son la razón de ser de mi existencia.

A mis queridos hermanos Félix, Cristian, Sandra, Gaby, David, Deysy, Andrey Edwin que no han dejado que mi ilusión por ser un gran profesional desmaye.

A mi novia Mariuska Mora, que siempre con sapiencia y consejos me han ayudado en el transcurso de mi carrera.

A todos aquellos amigos que confiaron en mí.

Juan Carlos Rosero Maldonado

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por acompañarme y guiarme durante todo este proceso, rodeándome de grandes personas que contribuyeron a la culminación de este sueño.

A mis padres por todo su apoyo y guía que me brindaron a lo largo de mi vida, por preocuparse y estar conmigo en todo momento.

El más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión, y a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico por brindarme su conocimiento.

A mi tutor Jhonny y asesores Hernán y Ramiro por su tiempo y conocimientos brindados en la realización de este trabajo de grado y sobre todo por su disponibilidad y amistad que me ofrecieron a lo largo de mi estancia en la Universidad.

Juan Carlos Rosero Maldonado

Tabla de contenido

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	I
CONSTANCIAS	II
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
Resumen	XIV
Abstract	XV
Antecedentes	XVI
Planteamiento del problema	XVII
Formulación del problema	XVII
Objetivo general	XVII
Objetivos específicos	XVIII
Justificación	XVIII
Alcance	XVIII
CAPÍTULO 1	1
Características de los sistemas de protecciones para descargas atmosféricas	1
1.1 Redes de distribución	1
1.1.1 Conceptos fundamentales	2
1.1.2 Clasificación de los sistemas de distribución de acuerdo a su construcción	2
1.1.2.1 Redes aéreas	3
1.1.3 Clasificación de acuerdo a sus voltajes nominales	4
1.1.4 Clasificación de acuerdo a su ubicación geográfica	4
1.1.5 Normativa de la red de distribución	4
1.2 Protecciones en redes de distribución	5
1.2.1 Conceptos básicos	6
1.2.2 Elementos de protección contra descargas atmosféricas	6
1.2.2.1 Pararrayos	7
1.2.2.2 Hilo de guarda	8
1.2.3 Puesta a tierra	10
1.2.3.1 Elementos del sistema de puesta a tierra	11

1.2.4	Seccionador	12
1.2.4.1	Seccionador fusible unipolar tipo abierto	12
1.2.4.2	Seccionador cuchilla o barra unipolar tipo abierto	12
1.2.4.3	Seccionador barra unipolar tipo abierto con dispositivo rompearco	13
1.2.5	Fusibles de distribución	13
1.2.5.1	Tipos de fusibles	14
1.2.5.2	Fusibles Slow-Fast	17
1.3	Normativa para sistemas de protección en redes de distribución	18
1.3.1	Normativa internacional para ubicación y selección de pararrayos	19
1.3.1.1	Análisis de la normativa IEEE C62.22, Sección 6	20
1.3.1.2	Análisis de la norma IEEE 1410 - 2010, Sección 8	22
1.3.2	Normativa ecuatoriana para la selección y ubicación de pararrayos	24
1.3.3	Normativa para sistema de puesta a tierra	25
1.3.3.1	Análisis de la norma IEEE Standard 80-2000	25
1.3.3.2	Análisis de la norma IEEE Standard 142-2007	25
1.3.4	Normativa de fusibles	26
1.4	Montaje de sistemas de protección atmosféricas y seguridad	27
1.4.1	Montaje de pararrayos	27
1.4.2	Montaje de seccionador	29
1.4.3	Montaje de puesta a tierra del transformador	30
1.4.3.1	Medida de resistencia de puesta a tierra	32
1.4.3.2	Medida de resistividad del suelo	33
1.4.4	Seguridad en el montaje	34
CAPÍTULO 2		36
	Implementación del emulador del patio de pruebas con un sistema de protección contra descargas atmosféricas	36
2.1	Localización del patio de pruebas	36
2.1.1	Micro localización	36
2.1.2	Ubicación	36
2.2	Ingeniería del proyecto	37
2.2.1	Diseño del patio de pruebas	37
2.2.2	Implementación del emulador del patio	38
2.2.2.1	Limpieza del terreno	38
2.2.2.2	Excavación de los huecos para los postes	39
2.2.2.3	Transporte y parado de los postes	39

2.2.2.4 Cerramiento del patio de pruebas	41
2.2.2.5 Adecuación del patio de pruebas	43
2.3 Selección de materiales	46
2.3.1 Materiales en general	46
2.3.2 Materiales para protecciones atmosféricas	46
2.3.2.1 Pararrayos	46
2.3.2.2 Seccionador	48
2.3.2.3 Fusible	49
2.3.2.4 Varilla de puesta a tierra	50
CAPÍTULO 3	51
Manual de procedimientos para el montaje de protecciones atmosféricas	51
3.1 Manual de procedimientos para el montaje del pararrayos de 10 kV	51
3.1.1 Identificación de riesgos	51
3.1.2 Personal necesario	51
3.1.3 Protecciones individuales	51
3.1.4 Herramientas y accesorios	51
3.1.5 Operaciones previas al trabajo	52
3.1.6 Procedimientos en ejecución	52
3.2 Manual de procedimientos para el montaje del seccionador portafusible unipolar	55
3.2.1 Identificación de riesgos	55
3.2.2 Personal necesario	55
3.2.3 Protecciones individuales	55
3.2.4 Herramientas y accesorios	55
3.2.5 Operaciones previas al trabajo	55
3.1.6 Procedimientos para el montaje	56
3.3 Manual de procedimientos para el montaje del portafusible	59
3.3.1 Identificación de riesgos	59
3.3.2 Personal necesario	59
3.3.3 Protecciones individuales	59
3.3.4 Herramientas y accesorios	59
3.3.5 Operaciones previas al trabajo	60
3.3.6 Procedimientos en ejecución	60

3.4 Manual de procedimientos para el montaje de la varilla de puesta a tierra del transformador	63
3.3.1 Identificación de riesgos	63
3.3.2 Personal necesario	63
3.3.3 Protecciones individuales	63
3.3.4 Herramientas y accesorios	63
3.3.5 Operaciones previas al trabajo	63
3.3.6 Procedimientos en ejecución	64
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS	73
Anexo A: Diseño del emulador de patio de pruebas	77
Anexo B: Implementación del emulador de patio de pruebas	79
Anexo C: Referencias para el montaje de protecciones	82
Anexo D: Especificaciones técnicas de los equipos de maniobras	86

Índice de figuras

Fig. 1.1 Ilustración de una red de distribución	1
Fig. 1.2 Designación de las unidades.	4
Fig. 1.3 Pararrayos polimérico, oxido metálico, 6 kV, con desconectador.	7
Fig. 1.4 Efecto de la cantidad de hilos	9
Fig. 1.5 Ángulo de apantallamiento del hilo de guarda	10
Fig. 1.6 Símbolo de sistema de puesta a tierra	10
Fig. 1.7 Seccionador fusible unipolar tipo abierto	12
Fig. 1.8 Seccionador cuchilla o barra unipolar tipo abierto	13
Fig. 1.9 Seccionador barra unipolar tipo abierto con dispositivo rompearco	13
Fig. 1.10 Curva característica del fusible	14
Fig. 1.11 Relación de velocidad de los fusibles	15
Fig. 1.12 Curva característica tiempo-corriente de fusible tipo SF 1,3A	17
Fig. 1.13 Efecto del espaciamiento entre pararrayos contra descargas indirectas	22

Fig. 1.14 Efecto del espaciamiento entre pararrayos contra descargas directas.	24
Fig. 1.15 Tirafusible para media tensión tipo K.	26
Fig. 1.16 Ilustración de una red de distribución con pararrayos	28
Fig. 1.17 Ilustración de una red de distribución con seccionador	30
Fig. 1.17 Ilustración de puesta a tierra del transformador y pararrayos	31
Fig. 1.18 Método de Werner.	33
Fig. 1.19 Formas de instalar la varilla de puesta a tierra	34
Fig. 2.1 Micro localización, UTM	36
Fig. 2.2 Ubicación del patio de pruebas.	37
Fig. 2.3 Plano del patio de pruebas	38
Fig. 2.4 Limpieza del terreno	38
Fig. 2.5 Excavación y resultado de los huecos para los postes de hormigón	39
Fig. 2.6 Transporte de los postes de hormigón	39
Fig. 2.7 Fijación de los postes de hormigón	40
Fig. 2.8 Parada de los postes de hormigón	40
Fig. 2.9 Zanja para el cerramiento	41
Fig. 2.10 Cimiento de la zanja y tubos fijados	42
Fig. 2.11 Retirada y colocación de la malla	42
Fig. 2.12 Construcción y enlucido del muro	43
Fig. 2.14 Colocación de la chispa	44
Fig. 2.15 Pintado del patio	45
Fig. 2.16 Patio de pruebas.	45
Fig. 2.17 Pararrayos polimérico Balestro 10 kV.	47
Fig. 2.18 Seccionador portafusible unipolar, abierto, 100 A, 15 kV, BIL 110 kV	48
Fig. 2.19 Varilla Copperweld de acero recubierta de cobre de 5/8 x 72".	50
Fig. 3.1 Subida al poste con trepadoras para colocar el pararrayo.	52
Fig. 3.2 Soporte para montar el pararrayo.	53
Fig. 3.3 Ajuste de la tuerca para el montaje del pararrayo.	53

Fig. 3.4 Conexión del pararrayo.	54
Fig. 3.5 Subida al poste con trepadoras para montar el seccionador.	56
Fig. 3.6 Lugar en donde va instalado el seccionador.	57
Fig. 3.7 Ajuste de la tuerca para el montaje del seccionador.	57
Fig. 3.8 Conexión del seccionador.	58
Fig. 3.9 Enganche del portafusible con la pértiga.	60
Fig. 3.10 Montaje en la parte inferior.	61
Fig. 3.11 Maniobra de cierre del portafusible.	62
Fig. 3.12 Megóhmetro Duoyi DY300B.	64
Fig. 3.13 Conexión de los conectores con las varillas.	65
Fig. 3.14 Conexión del Megóhmetro.	65
Fig. 3.15 Encendido del equipo de medición.	66
Fig. 3.16 Conexión del pararrayo para la puesta a tierra.	68
Fig. 3.17 Recorrido de conductor para la puesta a tierra.	68
Fig. 3.18 Conexión de la puesta a tierra con la carcasa del transformador.	69
Fig. 3.19 Enterrado de la varilla de puesta a tierra.	69
Fig. 3.20 Conexión del conductor y varilla de puesta a tierra.	70
Fig. A.1 Plano del patio de pruebas en 2D.	777
Fig. A.2 Plano en 3D del patio de pruebas (vista lateral).	777
Fig. A.3 Plano en 3D del patio de pruebas (vista acceso principal).	788
Fig. B.1 Corte de postes de hormigón armado.	80
Fig. B.2 Llevado de los postes de hormigón armado con la retroexcavadora.	80
Fig. B.3 Colocado de los postes de hormigón armado con la retroexcavadora.	80
Fig. B.4 Cimiento para el cerramiento del patio de pruebas.	81
Fig. C.1 Referencias para el montaje del pararrayo.	822
Fig. C.2 Referencias para el montaje del seccionador.	833
Fig. C.3 Referencias para el montaje del portafusible.	844
Fig. C.4 Referencias para el montaje de la varilla de puesta a tierra.	855

Fig. D.1 Características técnicas del cinturón de electricista.	866
Fig. D.2 Características técnicas de las trepadoras.	877

Índice de tablas

TABLA 1.1 Tipos de pararrayos	8
TABLA 1.2 Corrientes de fusión para fusibles tipo K.	16
TABLA 1.3 Corrientes de fusión para fusibles tipo T.	16
TABLA 1.4 Fusibles Slow-Fast para la protección de transformadores monofásicos.	18
TABLA 1.5 Fusibles Slow-Fast para la protección de transformadores trifásicos.	18
TABLA 1.6 Tensiones comúnmente aplicadas a pararrayos del tipo MOV.	20
TABLA 1.7 Características de protección para pararrayos.	21
TABLA 1.8 Distancia entre pararrayos y número de flameos.	23
TABLA 1.9 Efecto del espaciamiento entre pararrayos contra descargas directas.	24
TABLA 1.10 Sistema de protección para transformadores y redes de distribución.	25
TABLA 1.11 Normas de construcción de seccionadores.	26
TABLA 1.12 Lista de materiales para el montaje de pararrayos en una red SPT-3P.	27
TABLA 1.13 Materiales sustitutos para el montaje de pararrayos en una red SPT-3P.	28
TABLA 1.14 Lista de materiales para el montaje de un seccionar en SPT-1C.	29
TABLA 1.15 Lista de materiales sustitutos para el montaje de un seccionar en SPT-1C.	29
TABLA 1.16 Valores máximos de resistencia de puesta a tierra.	33
TABLA 2.1 Materiales usados para la construcción.	46
TABLA 2.2 Especificaciones técnicas del pararrayos.	47
TABLA 2.3 Dimensiones del pararrayos.	48
TABLA 2.4 Especificaciones técnicas del seccionador.	49
TABLA 2.5 Especificaciones técnicas del fusible.	49
TABLA 2.6 Especificaciones técnicas de la varilla de puesta a tierra.	50
TABLA 3.1 Tiempos empleados para el montaje del pararrayo.	54

TABLA 3.2 Tiempos empleados para el montaje del seccionador.	58
TABLA 3.3 Tiempos empleados para el montaje del portafusible.	62
TABLA 3.4 Mediciones realizadas con diferentes separaciones.	66
TABLA 3.5 Tiempos empleados para el montaje de la varilla de puesta a tierra.	70

Resumen

El presente proyecto de grado consiste en implementar un emulador de patio de pruebas con un sistema de protección contra descargas atmosféricas en una red de distribución que está ubicado en la ciudad de Ibarra – Imbabura, en el edificio de la Carrera de Electricidad de la Universidad Técnica del Norte. El proyecto cuenta con un manual de procedimientos para el montaje de pararrayos, seccionador, portafusible y varilla de puesta a tierra del transformador.

El objetivo general planteado es implementar el emulador de patio de pruebas con un sistema de protección, el cual, mediante un manual de procedimientos para el montaje del sistema de protección ayude a mejorar la calidad y tiempos en el montaje. Para el desarrollo y cumplimiento del objetivo general se estableció tres objetivos específicos, el primer paso fue la recopilación bibliográfica acerca de sistemas de protección en redes de distribución y los elementos que intervienen en sus estructuras, como estudio siguiente se diseñó e implemento el emulador de patio de pruebas con el sistema de protección, y finalmente se realiza el manual de procedimientos para el montaje del sistema de protección contra descargas atmosféricas en una red de distribución.

El emulador de patio de pruebas aporta para el desarrollo de varias prácticas siendo estas el montaje de los sistemas de protección contra descargas atmosféricas en una red de distribución. En el proyecto se describe de forma ordenada y detalla los procedimientos que el trabajador debe seguir para realizar el montaje de los elementos de protección. El cumplimiento de los procedimientos puntualizados en el manual da como resultado una mejora en la calidad del montaje y el tiempo empleado en realizar dicho procedimiento.

Palabras claves: emulador, patio de pruebas, pararrayo, seccionador, portafusible, puesta a tierra, manual de procedimientos, montaje.

Abstract

The present degree project consists of implementing a test yard emulator with a protection system against atmospheric discharges in a distribution network located in the city of Ibarra - Imbabura, in the building of the School of Electricity of the Technical University from North. The project has a procedures manual for the assembly of the lightning rod, disconnector, fuse holder and grounding rod of the transformer.

The general objective is to implement the test yard emulator with a protection system, which, through a manual of procedures for the assembly of the protection system, helps to improve quality and assembly times. For the development and fulfillment of the general objective, three specific objectives were established, the first step was the bibliographic compilation about protection systems in distribution networks and the elements that intervene in their structures, as a following study, the patio emulator was designed and implemented of tests with the protection system, and finally the manual of procedures for the assembly of the protection system against atmospheric discharges in a distribution network is prepared.

The test yard emulator contributes to the development of several practices, these being the assembly of protection systems against atmospheric discharges in a distribution network. The project describes in an orderly manner and details the procedures that the worker must follow to assemble the protection elements. Compliance with the procedures outlined in the manual results in an improvement in the quality of the assembly and the time taken to carry out said procedure.

Keywords: emulator, test yard, lightning rod, disconnector, fuse holder, grounding, procedures manual, assembly.

Antecedentes

El sistema eléctrico es una red de energía que representa transmisión, subtransmisión y distribución, y que en los últimos tiempos ha ido evolucionado constantemente para cumplir la alta demanda existente y responder a las necesidades económicas, sociales de los usuarios de la energía eléctrica (Louie, 2018, p. 111), en donde una red de distribución debe cumplir con diversos requerimientos necesarios para brindar un servicio con estándares altos de calidad, calidez y seguridad, para ello, es necesario tomar en cuenta el diseño, construcción y operación de los sistemas de protección. (Ramírez, 2015).

Según Rojas (2013), muchas de las veces las redes de distribución quedan expuestas a fallas cuyas causas son múltiples, que además de provocar daños severos varias de las ocasiones son impredecibles, por lo que es necesario suministrar sistemas de protección debidamente coordinados y calibrados con el fin de minimizar los efectos de las fallas, los tiempos de interrupción y mejorar la continuidad del servicio a los consumidores, así como disminuir el número de usuarios afectados.

En el sector de la electricidad existe la necesidad de proporcionar herramientas adecuadas que cumplan con la normativa nacional e internacional que sea de fácil manipulación para los distintos trabajos en altura; además de la utilización de las 5 reglas de oro (desconectar, enclavamiento y bloqueo, comprobación de ausencia de tensión, puesta a tierra y corto circuito, señalización de la zona de trabajo). (Mora, Sanz, & Carrión, 2016, p. 19).

Desde el punto de vista de (Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones, 2011) una red eléctrica es la agrupación de infraestructuras, líneas, y transformadores que permiten llevar energía eléctrica desde las centrales que la generan hasta los usuarios del servicio eléctrico. La red de distribución se denomina al conjunto de líneas de alta y baja tensión, a sus equipos que forman parte de las instalaciones receptoras o puntos de consumo.

De acuerdo con (Somarriba, 2019), cuando se construye redes aéreas de distribución es necesario tomar en cuenta el dimensionamiento de las líneas, ya que las redes de distribución son un conjunto de equipos que transporta energía y es importante que no exista pérdidas en las líneas de distribución. De este modo las redes aéreas conllevan un estudio amplio para la construcción, y debe señalarse el diseño de las estructuras que se utiliza en la construcción de redes eléctricas. (Compañía Energética de Occidente, 2019, p. 23).

Cuando se habla de un patio de maniobras el personal que realiza trabajos en altura se encuentra en un peligro inminente al manipular líneas aéreas, para ello existen protocolos que todo trabajador debe seguir para garantizar la vida del mismo (Parise, 2015, p. 3),

además los equipos de protección que se van a ocupar en dichas labores deben tener garantías que sean comprobadas antes de ser operadas por el trabajador. (Mujal, 2015, p. 61).

Como lo menciona (Pacífico, 2015), los distintos manuales como pueden ser de mantenimiento o procedimientos tienen como objetivo principal precisar los procedimientos necesarios para el óptimo desarrollo de montaje, mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo. Además, se puntualiza los trabajos diarios con los procedimientos de trabajo con los recursos y herramientas requeridas, todos estos trabajos se realizan bajo estrictas normas de seguridad.

Planteamiento del problema

Como lo menciona, El Reglamento de Seguridad del Trabajador Contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica en su acuerdo No. 013, es indispensable y urgente que el Estado ecuatoriano reglamente las actividades laborales durante el montaje de sistemas de protección en redes eléctricas para reducir los riesgos de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que afectan a los trabajadores, esto se llevará a cabo utilizando los debidos procedimientos y equipos adecuados para realizar dicha labor.

Al momento del montaje de sistemas de protecciones atmosféricas en una red de distribución ocurren accidentes en el personal que realiza esa labor, esto se debe a que existe desconocimiento de los debidos procedimientos que se deben realizar durante el montaje de estos sistemas, para evitar estos percances se debe seguir una serie de procedimientos para mejorar los tiempos y calidad de montaje, respetando las normas de seguridad para realizar dicha labor.

Formulación del problema

¿Qué parámetros técnicos se deben determinar para emular un patio de pruebas que permita mejorar la calidad y tiempos de montajes de sistemas de protección en redes de distribución, por medio de la aplicación de un manual de procedimientos?

Objetivo general

Implementar un emulador de un patio de pruebas para el montaje de sistemas de protección en redes de distribución para la mejora de tiempos y calidad del montaje mediante la aplicación de un manual de procedimientos en el edificio de la Carrera de Electricidad.

Objetivos específicos

1. Analizar las características, normativas y estándares empleados al momento del montaje de sistemas de protecciones en una red de distribución.
2. Emular un patio de pruebas para un sistema de protección para una red de distribución.
3. Elaborar un manual de procedimientos y normas de seguridad para el montaje de un sistema de protección en una red de distribución.

Justificación

Es importante mejorar los tiempos y la calidad de montajes para un sistema de protección de redes de distribución, ya que en la actualidad la optimización de tiempos es supremamente indispensable, para llevar a cabo esto, se debe contar con los debidos procedimientos y seguridad en montajes.

Como lo menciona La Constitución del Ecuador Art. 326 numeral 5, "Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar".

Por esta razón, se propone la emulación de un patio de pruebas donde se podrá realizar montajes de protecciones atmosféricas en redes de distribución para mejorar los tiempos de montaje y la calidad del mismo. El manual de procedimientos va a contar con las normas de seguridad para el trabajador que realiza este montaje, los lineamientos que debe seguir, empleo de herramientas y equipos adecuados para la ejecución de protecciones atmosféricas en redes de distribución.

Alcance

El proyecto se lo va a realizar en la Universidad Técnica del Norte, en el edificio de la Carrera de Electricidad; se realizará la emulación de un patio de pruebas en el cual se desarrollará con materiales y procesos reales para el montaje de sistemas de protecciones atmosféricas en redes de distribución. Para la ejecución de este proyecto se va a utilizar: pararrayo, puestas a tierra, postes, estructura para el montaje; es necesario indicar que el patio de pruebas no va a estar energizado.

Se va realizar un manual de procedimientos donde constará de los procedimientos y normas de seguridad que se deben cumplir para la ejecución de un correcto montaje de sistemas de protección en redes de distribución.

CAPÍTULO 1

Características de los sistemas de protecciones para descargas atmosféricas

1.1 Redes de distribución

De acuerdo con Juárez (1995), un sistema eléctrico es la agrupación de varios elementos eléctricos y mecánicos donde unidos constituyen un circuito con una determinada tensión nominal.

Según ARCONEL (2017) los niveles de voltaje se dividen en:

- Bajo voltaje: voltaje menor igual a 0,6 kV.
- Medio voltaje: voltaje mayor a 0,6 y menor igual a 40 kV.
- Alto voltaje grupo 1: voltaje mayor a 40 y menor igual a 138 kV.
- Alto voltaje grupo 2: voltaje mayor a 138 kV.

En la Figura 1.1 se muestra una gráfica de las redes eléctricas de distribución que son las encargadas de transportar y distribuir la energía eléctrica.

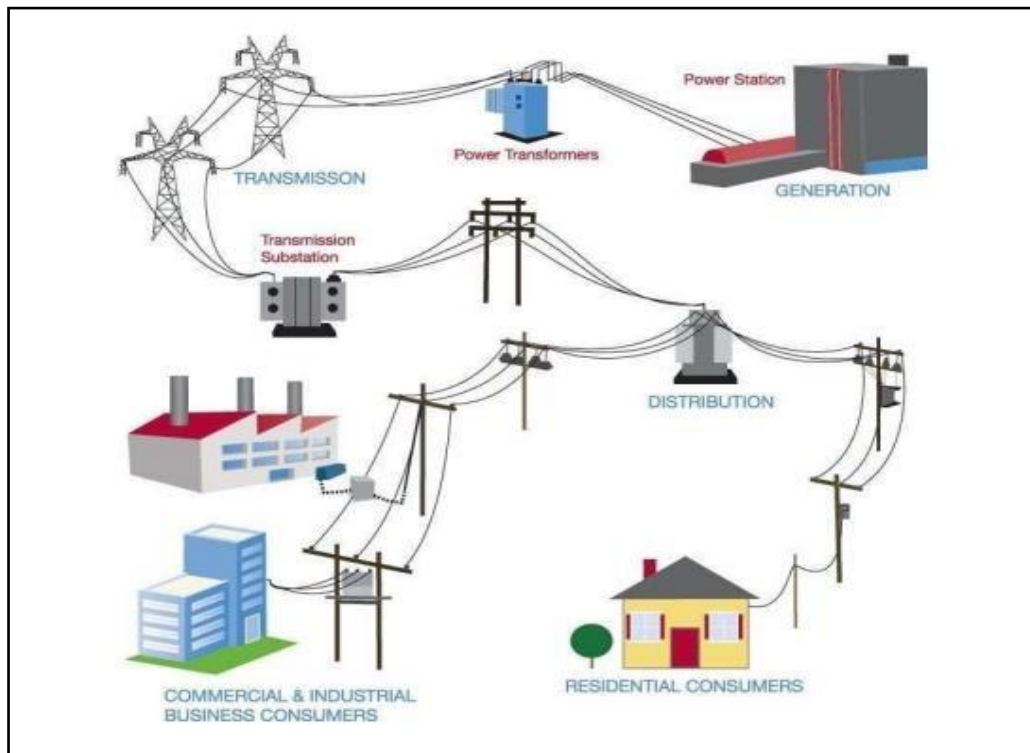


Fig. 1.1 Ilustración de una red de distribución.
Fuente: Goikoetxea, 2011.

1.1.1 Conceptos fundamentales

A continuación, se detalla algunas definiciones de elementos eléctricos:

- a) **Aisladores de disco:** es un tipo de aislador que se utiliza en redes de transmisión y distribución de energía eléctrica, generalmente se fabrican de vidrio o cerámica y su uso es de acuerdo al nivel de tensión de utilización.
- b) **Conductores:** transporta la energía eléctrica desde su generación hasta los usuarios. En circuitos primarios generalmente se utiliza ASCR en los calibres de 4/0, 2/0, 1/0 y 2 AWG y para circuitos secundarios en cables desnudos o aislados y en los mismos calibres.
- c) **Cortocircuito:** aumento brusco de corriente por contacto directo de dos de sus conductores de distinta fase.
- d) **Crucetas:** generalmente son de hierro galvanizado, también pueden ser de madera o fibra de vidrio; se usa para soportar aisladores.
- e) **Herrajes:** su uso principal es la fijación, sujeción, amortiguamiento de vibraciones de los conductores eléctricos, su material de construcción es de acero galvanizado.
- f) **Postes:** su función principal es soportar el peso de la estructura y conductores, generalmente son de hormigón, fibra de vidrio, madera y metálicos; pueden ser de 10, 12 y 14 metros.
- g) **Resistividad de un terreno:** es la relación entre la tensión de la malla con respecto a tierra de referencia y la corriente que pasa a tierra a través de la malla.
- h) **Transformadores:** Dispositivo eléctrico que permite modificar el voltaje nominal, se clasifican en: transformadores monofásicos con capacidades de: 5, 10, 15, 25, 37.5, 50, 75 kVA, y, transformadores trifásicos de 30, 45, 75, 112.5, 150 kVA.

1.1.2 Clasificación de los sistemas de distribución de acuerdo a su construcción

En la opinión de Arturo (2015), las redes eléctricas se pueden clasificar según la zona de distribución, esto puede ser en, urbano y rural, donde la principal diferencia entre las dos está el nivel de consumo ya que, en la zona urbana el consumo por unidad de superficie y por habitante será superior que en la zona rural.

Entonces el conductor que se utiliza en la zona urbana debe tener una mayor sección que en la zona rural, esto se debe al consumo mayor de energía.

Como dice Normas Para Sistemas de Distribución Parte A (2014) las redes de distribución se pueden clasificar en:

- a) Redes aéreas.
- b) Redes subterráneas.
- c) Redes mixtas (combinación de las redes aéreas y subterráneas).

En este capítulo se va a tratar acerca de las redes aéreas por la razón de que esa instalación se va a utilizar en el desarrollo de este proyecto.

1.1.2.1 Redes aéreas

De acuerdo con Ramírez (2004), en este tipo de instalaciones el conductor va instalado sobre el nivel del suelo, usualmente desnudo o preensamblado soportado a través de aisladores que se instala en las crucetas y todo este conjunto en un poste.

Realizando una comparación entre las redes aéreas y redes subterráneas se puede decir que tiene las siguientes ventajas:

- Costo inicial más bajo.
- Son las más comunes y material de fácil consecución.
- Fácil mantenimiento de fallas.
- Tiempos de construcción más bajos.

Y sus desventajas son:

- Mal aspecto estético.
- Menor confiabilidad.
- Menor seguridad, ofrece más peligro para los transeúntes.
- Son susceptibles de fallas de cortes de energía ya que están expuestas a: descargas atmosféricas, lluvia, granizo, polvo, temblores, gases contaminantes, brisa salina, vientos, contactos con cuerpos extraños, choques de vehículos y vandalismo.

1.1.3 Clasificación de acuerdo a sus voltajes nominales

Como lo afirma Ramírez (2004), se puede clasificar en dos secciones, a continuación, se detalla cada una de ellas:

1.1.3.1 Redes de distribución primaria

Como dice Navas (2017), las redes de distribución primaria es la parte del sistema que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a los transformadores de distribución. Los alimentadores pueden ser: monofásico o trifásico; aéreos o subterráneos.

1.1.3.2 Redes de distribución secundaria

Desde el punto de vista de Silva (2006), es una red que se encuentra en la última escala para transportar la energía desde el transformador de distribución a los abonados brindando un nivel de tensión adecuado al consumidor; este servicio puede ser monofásico o trifásico.

1.1.4 Clasificación de acuerdo a su ubicación geográfica

Según Ramírez (2004), esta clasificación se puede dividir así:

- a) Redes de distribución urbanas.
- b) Redes de distribución rurales.
- c) Redes de distribución suburbanas.
- d) Redes de distribución turísticas

1.1.5 Normativa de la red de distribución

Está constituido por cinco campos, los dos primeros identifican a la Unidad de Propiedad separados por un guion de los tres siguientes, que definen las unidades de construcción; los cuales serán alfabéticos y/o numéricos y/o signos. Vendrán identificados como los muestra la Figura 1.2.

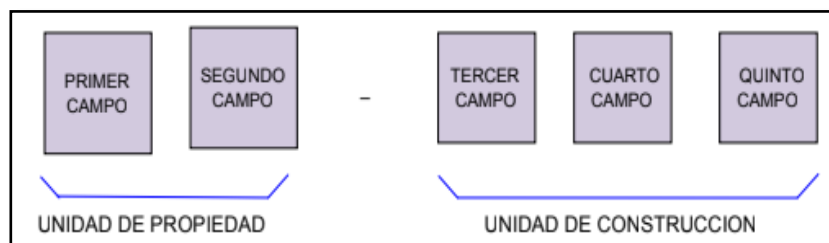


Fig. 1.2 Designación de las unidades.
Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

El primer campo está identificado por dos letras mayúsculas que definen la Unidad de Propiedad:

ES = EStructuras en redes aéreas de distribución.

TR = TRansformadores en redes de distribución.

SP = Seccionamiento y Protección en redes aéreas de distribución.

EC = Equipos de Compensación en redes aéreas de distribución.

PO = POstes en redes de distribución.

CO = COnductores en redes de distribución.

ME = MEdidores en redes de distribución.

AC = ACometidas en redes de distribución.

TA = Tensores y Anclajes en redes de distribución.

PT = Puesta a Tierra en redes de distribución.

AP = Alumbrado Público vial en redes de distribución.

AO = Alumbrado Público Ornamental.

Segundo campo está conformado por una letra mayúscula que identifica el nivel de voltaje que está siendo utilizado:

C = 120 V – 121 V – 127 V (Cien).

E = 0 V (CEro)

D = 240/120 V – 220/127 V (Doscientos).

U = 440/256 V – 480/227 V (CUatrocientos).

S = 6,3 kV (Seis mil).

T = 13,8 kV GRDy / 7,96 kV – 13,2 kV GRDy / 7,62 kV (Trece mil).

V = 22 kV GRDy / 12,7 kV - 22,8 kV GRDy / 13,2 kV (Veinte mil).

R = 34,5 kV GRDy / 19,92 kV (TREinta mil).

0 = No aplica.

Tercer campo está comprendido por código numérico, el cual nos indica el número de fases.

Cuarto campo indica las disposición o tipo de elemento que se va a utilizar, este se representa con una letra mayúscula.

Quinto campo se define con una letra mayúscula e indica la principal función del elemento.

1.2 Protecciones en redes de distribución

En la actualidad la continuidad del servicio eléctrico es supremamente importante, y para lograr este cometido es importante la localización de fallas en redes de distribución de energía

eléctrica. La oportuna localización de fallas da una mejor respuesta al momento de reponer el servicio eléctrico. (Mora, Pérez & Pérez, 2008).

1.2.1 Conceptos básicos

- a) **Conexión a tierra:** es la conexión eléctrica entre una malla o electrodo a tierra y una parte exterior.
- b) **Equipos de seccionamiento:** permite aislar eléctricamente a una instalación o circuito eléctrico de la red de alimentación eléctrica, logrando dejar a la instalación sin carga o fuera de servicio. Los equipos utilizados pueden ser: seccionador, interruptor seccionador. Estos dispositivos actúan sin carga.
- c) **Electrodo de tierra:** es un conductor (cable, barra, tubo, placa, etc.) enterrado en contacto directo con la tierra, o puede ser que esté sumergido en agua y a la vez en contacto con la tierra.
- d) **Gradiente superficial:** es la diferencia entre potencial que existe entre dos puntos de la superficie del terreno o del agua, distantes entre sí de 1 metro.
- e) **Malla de tierra:** es un conjunto de electrodos unidos entre sí.
- f) **Pararrayos:** hechos de óxido de zinc con un soporte de fibra de vidrio sirven en la protección contra sobretensiones, su operación es absorber las sobretensiones y al mismo tiempo limita las corrientes de fuga a valores muy pequeños.
- g) **Tierra de protección:** los sistemas eléctricos se conectan a tierra con el fin de limitar la tensión que pudiera aparecer en ellos por estar expuestos a descargas atmosféricas.
- h) **Tierra de servicio:** los equipos de protección se conectan a tierra para evitar que la carcasa o cubierta metálica de ellos represente un potencial respecto a tierra que pueda significar peligro al usuario del equipo.
- i) **Tierra de referencia:** se entiende a la tierra que se le asigna un potencial.

1.2.2 Elementos de protección contra descargas atmosféricas

Las redes de distribución se encuentran expuestas a un sinnúmero de fallas o perturbaciones en la red, las que pueden ser maniobras corte del servicio que pueden ocasionadas por el operario, también son ocasionadas por factores naturales como son las descargas atmosféricas.

Como expresa Lazo & Pucha (2015), estos son los sistemas que se implementan para la protección contra descargas atmosféricas:

- Pararrayos.
- Hilo de guarda.

Los sistemas de protección atmosféricas como son el hilo de guarda y pararrayo tienen la labor de proporcionar un normal funcionamiento en las redes de distribución, sin embargo, es necesario contar con la puesta a tierra, la función de ese sistema es mantener valores mínimos de impedancia en la conexión a tierra, porque es ahí por donde circula la energía cuando ocurre una descarga atmosférica.

1.2.2.1 Pararrayos

Como lo menciona Lazo & Pucha (2015), los pararrayos para distribución son dispositivos de seguridad que sirven para limitar las sobretensiones que se generan de descargas atmosféricas directas o indirectas, estos dispositivos se encuentran ubicados en las estructuras de las líneas aéreas.

Los pararrayos cumplen las siguientes funciones:

- Estos dispositivos de seguridad poseen una alta impedancia con los voltajes normales de trabajo, en cambio, presentan valores relativamente bajos de impedancias en circunstancias de sobretensión.
- Otra función que cumple los pararrayos, es conducir la corriente de sobretensión o descarga hacia tierra sin que este fenómeno cause daños o altere el funcionamiento correcto de la red de distribución.

En la Figura 1.3 se observa un pararrayo que se usa en redes de distribución, se le conoce por el nombre de: pararrayos clase distribución polimérico, óxido metálico, 6 kV, con desconectador.

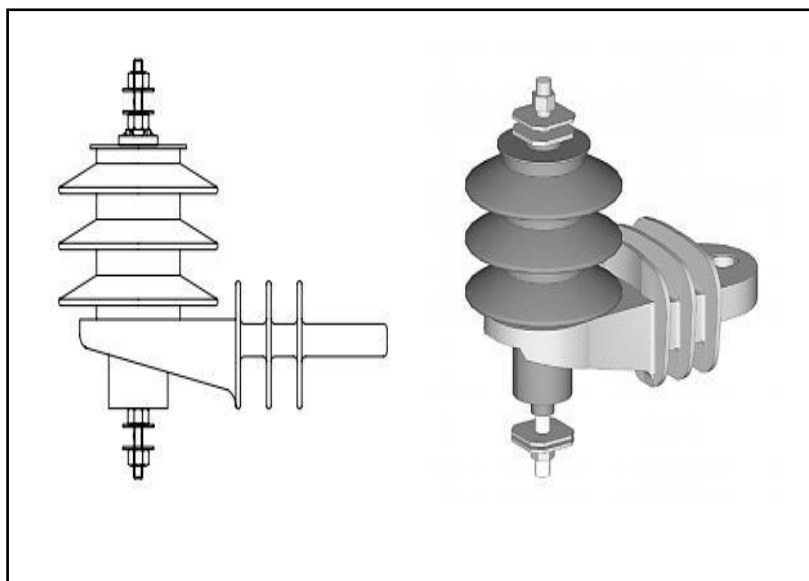
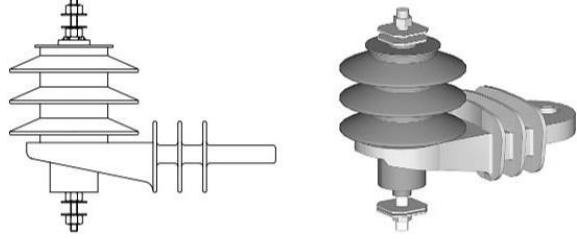
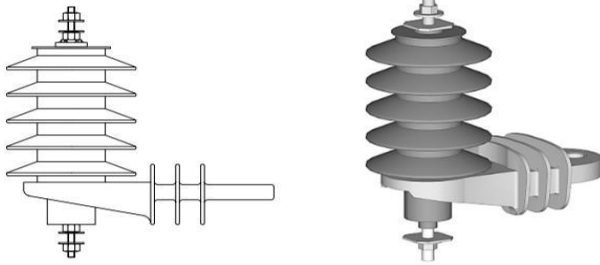
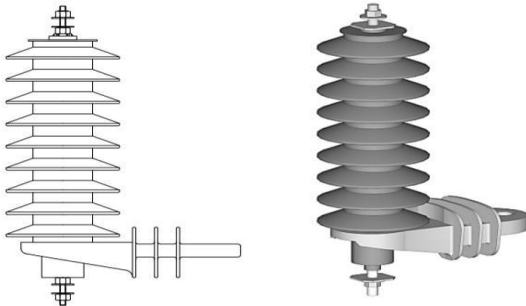


Fig. 1.3 Pararrayos polimérico, óxido metálico, 6 kV, con desconectador.
Fuente: Unidades de Propiedad.

Según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable en las Unidades de Propiedad indica que existen tres tipos de pararrayos para distribución, y, en la Tabla 1.1 se muestra el nombre como se le conoce y el gráfico.

TABLA 1.1 Tipos de pararrayos.
Fuente: Unidades de Propiedad.

Pararrayos	Gráfico
Pararrayos clase distribución polimérico, oxido metálico, 6 kV, con desconectador	
Pararrayos clase distribución polimérico, oxido metálico, 10 kV, con desconectador	
Pararrayos clase distribución polimérico, oxido metálico, 18 kV, con desconectador	

1.2.2.2 Hilo de guarda

Desde el punto de vista de Rodríguez (2010), es un cable sin tensión que se conecta a tierra, y, que se ubica en la parte superior de las torres de transmisión de energía eléctrica, generalmente su material es de acero que posee una alta resistencia mecánica.

Las dos funciones principales del hilo de guarda son:

- Proteger las líneas aéreas contra descargas atmosféricas.
- Reducir el efecto de la corriente de cortocircuito y la reducción de la resistencia de la tierra, con esas funciones permite disminuir las tensiones para los transeúntes y animales.

Para ubicar el hilo de guarda existen varios criterios según el diseñador, por ejemplo, Schwaiger determina que cuando existe varios hilos de guarda está en relación al arco de radio igual a la altura del hilo sobre el suelo. En la Figura 1.4, se observa el efecto de la cantidad de hilos de guarda en una línea. (Valverde, 2010).

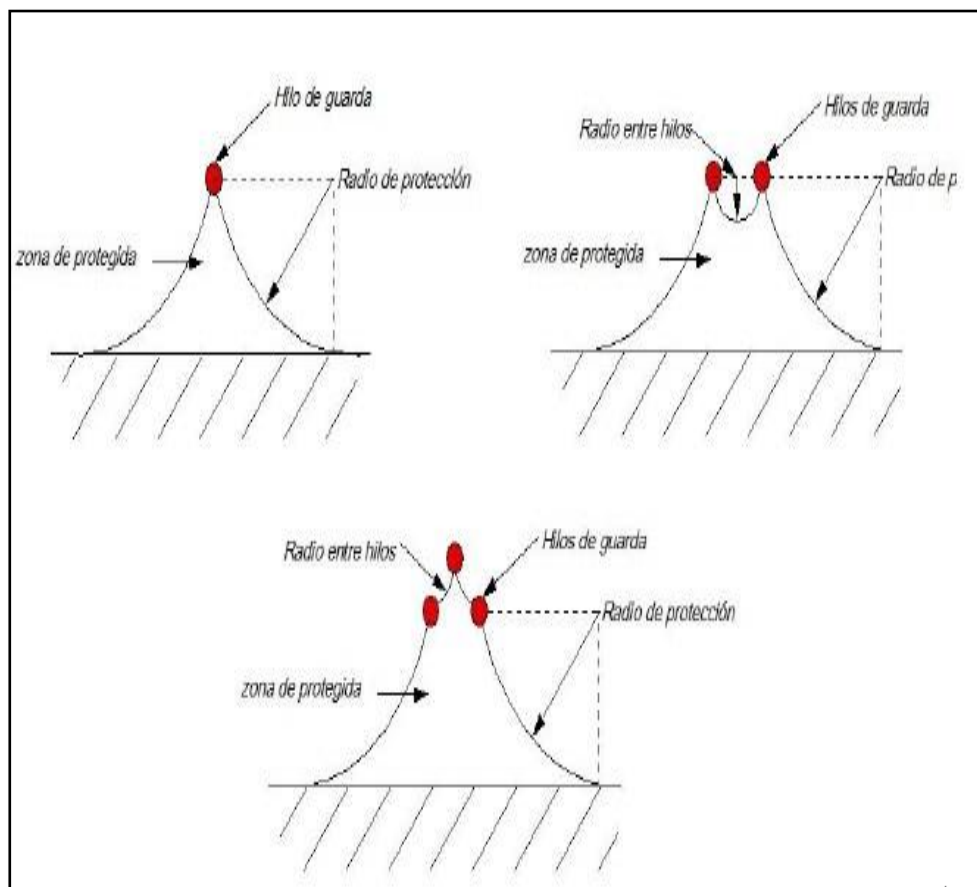


Fig. 1.4 Efecto de la cantidad de hilos.
Fuente: Valverde, 2010.

Grünwald, recomienda asumir un ángulo protector de 32 grados; en la Figura 1.5 se muestra una ilustración bajo el criterio del ángulo de apantallamiento para la protección de la red con el hilo de guarda.

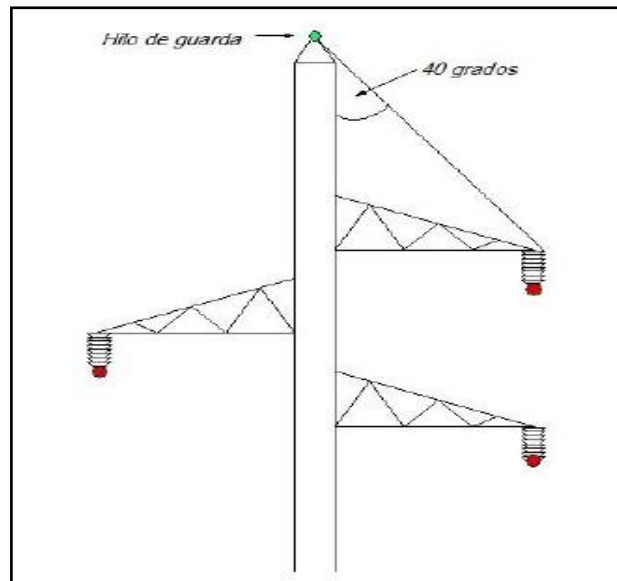


Fig. 1.5 Ángulo de apantallamiento del hilo de guarda.
Fuente: Valverde, 2010.

1.2.3 Puesta a tierra

Como lo menciona Sinchi (2017), un sistema de puesta a tierra es una agrupación de elementos que, interconectados entre sí, se obtiene un circuito que presenta una impedancia muy baja, con el objetivo principal es brindar seguridad a las personas y proteger las instalaciones, equipos y bienes en general. (Guzmán, Gómez & Peña, 2012).

En la Figura 1.6 muestra el símbolo que representa un sistema de puesta a tierra, Según la norma IEC 5019.

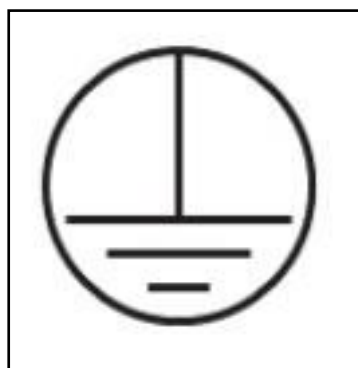


Fig. 1.6 Símbolo de sistema de puesta a tierra.
Fuente: Norma IEC 5019.

A criterio de Ramírez (2003), el sistema de puesta a tierra tiene algunos objetivos principales, los cuales son:

- Brindar seguridad a las personas.

- Limitar la diferencia de potencial.
- Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general. Al facilitar y garantizar la correcta operación de los equipos de protección.
- Limitar las sobretensiones (de maniobra, transitorias y temporales) que puedan presentarse en la red eléctrica.
- Disipar la corriente asociada a descargas atmosféricas y limitar las sobretensiones generadas.

1.2.3.1 Elementos del sistema de puesta a tierra

Desde el punto de vista de Blancas (2010), un sistema de puesta a tierra está conformado por varios elementos para una correcta funcionalidad, todo ese material depende que el lugar que se va a utilizar la puesta a tierra, puede ser: edificio residencial, torre de transmisión o subtransmisión o subestación. Según Ospina (2006), los elementos que conforman un sistema de puesta a tierra son los siguientes:

- Conductor a tierra:** es un cable que conecta a las masas metálicas o el conductor de protección con los electrodos de puesta a tierra.
- Borne principal de tierra:** elemento por el cual se unen el conductor de protección con el conductor a tierra.
- Conductor de protección:** su función es unir la masa metálica con el equipo, generalmente se usa en puestas a tierras de edificios.
- Barrajes o conductor equipotencial:** consiste en una barra rectangular y se obtiene diversas conexiones para los equipos a proteger.
- Conexiones:** son las soldaduras que se utiliza para unir los electrodos del sistema de puesta a tierra.
- Electrodos:** son elementos metálicos que pueden ser de: cobre, acero galvanizado o hierro zincado que son resistentes a la corrosión y están directamente en contacto con el suelo; pueden tener varios modelos como: varillas, cintas, placas, mallas o cables.
- Terreno:** elemento importante en un diseño de puesta a tierra, posee varias propiedades que a continuación se detallan:
- Resistividad del suelo:** capacidad que representa la resistencia específica del suelo a una determinada profundidad, se expresa en Ωm o Ωcm .
- Permeabilidad:** capacidad que presenta el terreno para permitir que atraviese el flujo magnético.
- Permitividad:** es la capacidad de afectación que tiene un material al contacto con un campo eléctrico.

1.2.4 Seccionador

Según la Universidad Tecnológica Nacional, los seccionadores son dispositivos de protección y su función es conectar y desconectar varias partes de una red eléctrica, esto se realiza para efectuar maniobras de operación o de mantenimiento, su objetivo principal es aislar tramos de circuitos de una forma visible y deben estar libres de corriente, es decir, el seccionador trabaja en vacío.

De acuerdo con las Unidades de Propiedad los seccionadores se clasifican en:

1.2.4.1 Seccionador fusible unipolar tipo abierto

En la Figura 1.7 se muestra el seccionador fusible unipolar tipo abierto que trabaja con una tensión de 13.2 a 22.8 kV, se usa en redes de distribución y se fabrica bajo las normas IEC282-2, AS 1033.1, ANSI C37.41, C37.42.



Fig. 1.7 Seccionador fusible unipolar tipo abierto.
Fuente: Unidades de propiedad.

1.2.4.2 Seccionador cuchilla o barra unipolar tipo abierto

Este tipo de seccionador opera sin carga, se lo instala a la intemperie y soporta una tensión del sistema de 13.2 a 22.8 kV con una frecuencia de 60 Hz. En la Figura 1.8. se observa un seccionador unipolar tipo abierto que es diseñado bajo las normas ANSI C37.41, C37.42.



Fig. 1.8 Seccionador cuchilla o barra unipolar tipo abierto.
Fuente: Unidades de propiedad.

1.2.4.3 Seccionador barra unipolar tipo abierto con dispositivo rompearco

El seccionador con dispositivo rompearco es similar al seccionador de cuchillas, la diferencia a considerar es el rompearco que posee este seccionador. En la Figura 1.9 se puede apreciar en la parte superior del seccionador el dispositivo rompearco que evita que se forme un arco eléctrico al momento de cerrar el seccionador.

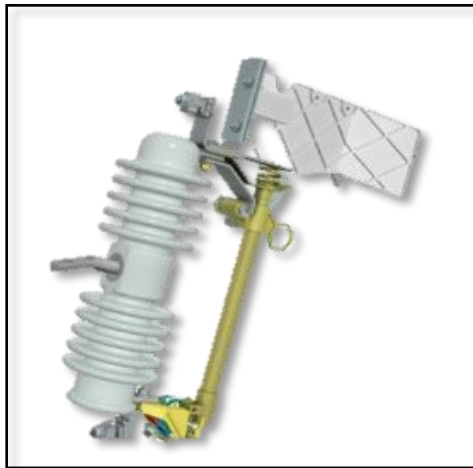


Fig. 1.9 Seccionador barra unipolar tipo abierto con dispositivo rompearco.
Fuente: Unidades de propiedad.

1.2.5 Fusibles de distribución

Es un dispositivo de protección que generalmente se usa en redes de distribución, ese elemento protege contra sobrecorriente, funciona por elevación de temperatura que se produce cuando circula una corriente superior a la corriente de fusión. (Ramírez, 2004, p. 632).

Según Yebra (2009), los fusibles poseen características de operación la cual es mediante una curva de tiempo – corriente con característica de tiempo inverso, esto significa que, a mayor corriente que atraviese por el filamento del fusible menor tiempo tardará en fundirse.

En la Figura 1.10 se observa las curvas características de operación de un fusible, donde la curva mínima de fusión representa al tiempo al cual el fusible empieza a fundirse, y, la curva máxima de despeje corresponde al tiempo total en el cual el fusible se funde completamente.

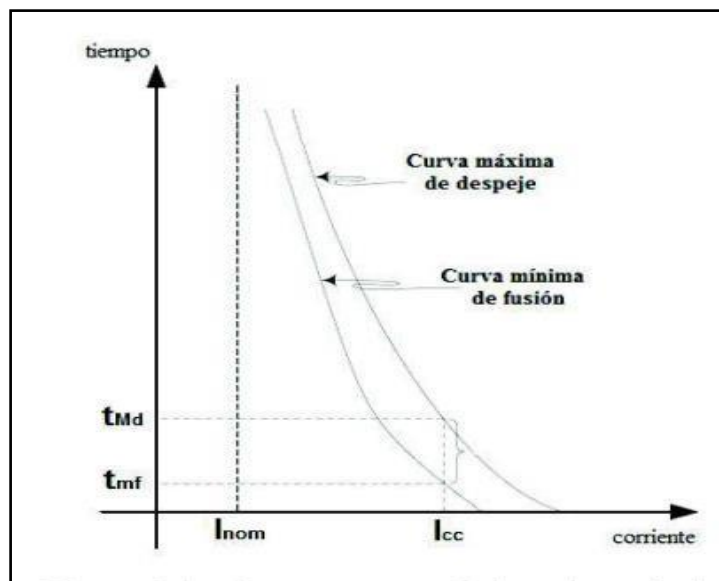


Fig. 1.10 Curva característica del fusible.
Fuente: Yebra, 2009.

1.2.5.1 Tipos de fusibles

A criterio de Fundación Universidad Nacional de San Juan (2001), existen variedad de fusibles y son fabricados según normas ANSI, IRAM, NEMA y AYEE cuyas características son las siguientes:

- a) **Fusibles tipo K:** conducen hasta 150% de su corriente nominal sin daños, con una relación de velocidad de 6 a 8.
- b) **Fusibles tipo T:** más lentos que los fusibles tipo K, su relación de velocidad es de 10 a 13.
- c) **Fusibles tipo H:** conducen hasta el 100% de su corriente nominal sin causar daños, relación de velocidad de 7 a 11.

- d) **Fusibles tipo N:** conducen hasta el 100% de su corriente nominal sin daños, comparando con los tipos H los fusibles tipo N son más rápidos.
- e) **Fusibles tipo X:** son permisivos a las fluctuaciones de la corriente, poseen una relación de velocidad de 32.
- f) **Fusibles tipo MS o KS:** tienen una respuesta muy lenta, además una mayor permisividad de corriente que los fusibles tipo T, su relación de velocidad es de 20.
- g) **Fusibles MN241 AYEE:** conducen hasta el 130% de su corriente nominal sin daños.

En la Figura 1.11 se muestra un gráfico comparativo de la relación de velocidad de los diferentes tipos de fusibles con capacidad nominal de corriente de 10 A.

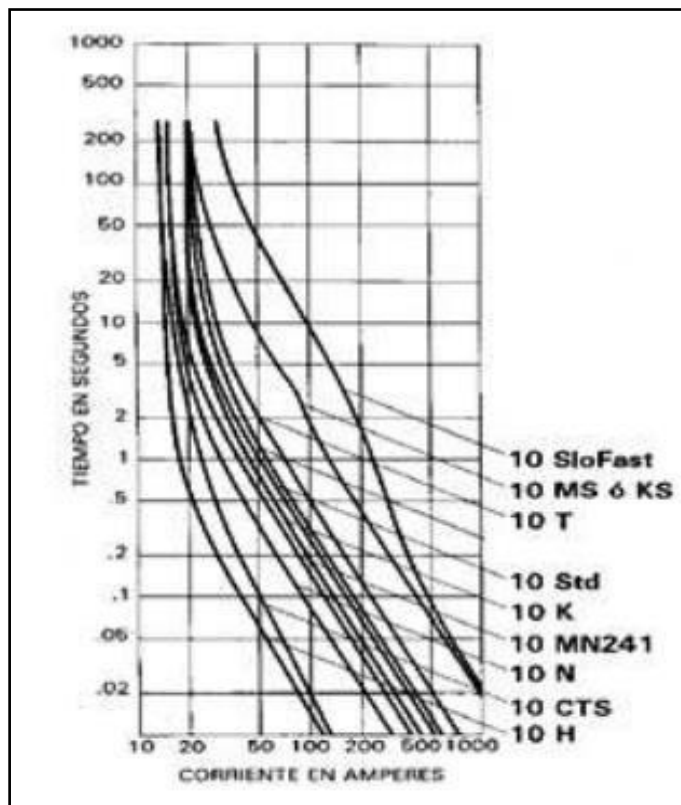


Fig. 1.11 Relación de velocidad de los fusibles.
Fuente: Fundación Universidad Nacional de San Juan, 2001.

En la Tabla 1.2 y 1.3 se muestran los valores para las corrientes de fusión y las relaciones de velocidad para los fusibles tipo K y tipo T según la norma ANSI C37.42.

TABLA 1.2 Corrientes de fusión para fusibles tipo K.
Fuente: Norma ANSI C37.42.

Corriente nominal [A]	I_f (300 s) 0 I_f (600 s)		I_f (0.1 s)		Relación de velocidad
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
1	2	2.4	-	58	-
2	4	4.8	-	58	-
3	6	7.2	-	58	-
6	12	14.4	72	86	6.0
8	15	18	97	116	6.5
10	19.5	23.4	128	154	6.6
12	25	30	166	199	6.6
15	31	37.2	215	258	6.9
20	39	47	273	328	7.0
25	50	60	350	420	7.0
30	63	76	447	546	7.1
40	80	96	565	680	7.1
50	101	121	719	862	7.1
65	128	153	918	1100	7.2
80	160	192	1180	1420	7.4
100	200	240	1520	1820	7.6
140	310	372	2470	2970	8.0
200	480	576	3880	4650	8.1

TABLA 1.3 Corrientes de fusión para fusibles tipo T.
Fuente: Norma ANSI C37.42.

Corriente nominal [A]	I_f (300 s) 0 I_f (600 s)		I_f (0.1 s)		Relación de velocidad
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
1	2	2.4	-	100	-
2	4	4.8	-	100	-
3	6	7.2	-	100	-
6	12	14.4	120	144	10.0
8	15	18	166	199	11.1
10	19.5	23.4	224	269	11.5
12	25	30	296	355	11.8

15	31	37.2	388	466	12.5
20	39	47	496	595	12.7
25	50	60	635	762	12.7
30	63	76	812	975	12.9
40	80	96	1040	1240	13.0
50	101	121	1310	1570	13.0
65	128	153	1650	1975	12.9
80	160	192	2080	2500	13.0
100	200	240	2620	3150	13.1
140	310	372	4000	4800	12.9
200	480	576	6250	7470	13.0

1.2.5.2 Fusibles Slow-Fast

Son fabricados de acuerdo a las normas ANSI C37-42, son fusibles extra lentos, están diseñados para la protección de transformadores y la red de medio voltaje ante eventos de falla y sobrecarga en transformadores. El hilo fusible es un doble elemento que utiliza una aleación de cobre, estos dos elementos fusibles combinados proveen una curva característica tiempo-corriente, como se indica en la Figura 1.12.

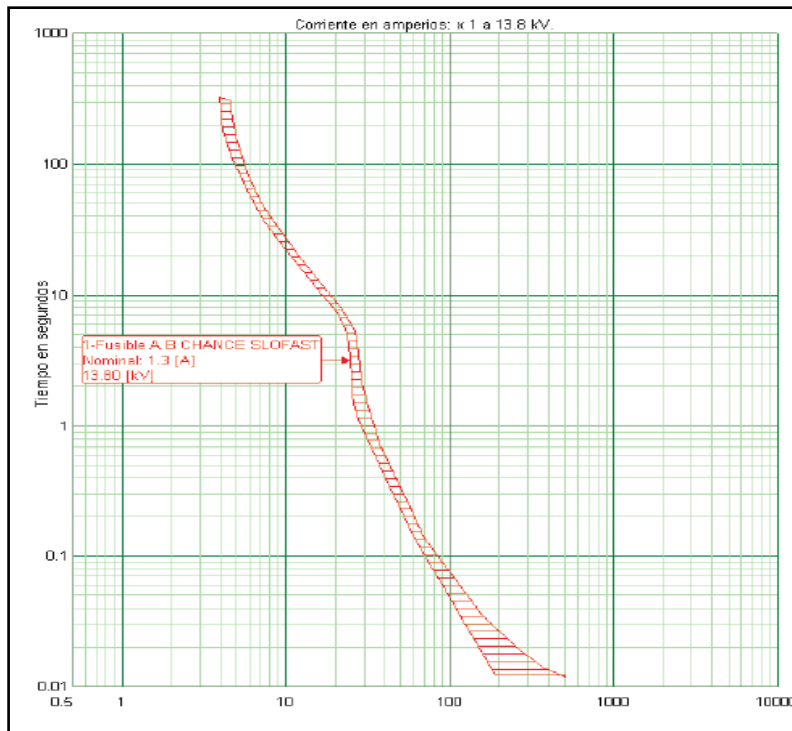


Fig. 1.12 Curva característica tiempo-corriente de fusible tipo SF 1,3A.
Fuente: Norma ANSI C37.42.

Para la protección de transformadores de distribución los fusibles que garantizan una adecuada protección son los Slow-Fast y en la TABLA 1.4 se observa que fusibles se deben instalar para la protección de transformadores monofásicos.

TABLA 1.4 Fusibles Slow-Fast para la protección de transformadores monofásicos.
Fuente: Norma ANSI C37.42.

Transformador 1F (kVA)	In (A)	Fusible SF
5	0.62	0.2
10	1.26	0.4
15	1.88	0.6
25	3.14	1.3
37.5	4.71	1.6
50	6.68	2.1

La TABLA 1.5 muestra los fusibles Slow-Fast para transformadores trifásicos.

TABLA 1.5 Fusibles Slow-Fast para la protección de transformadores trifásicos.
Fuente: Norma ANSI C37.42.

Transformador 3F (kVA)	In (A)	Fusible SF
30	1.26	0.7
45	1.88	1.3
50	2.09	1.4
75	3.14	2.1
100	4.18	2.1
112.5	4.71	3.1
120	5.02	3.5

1.3 Normativa para sistemas de protección en redes de distribución

A nivel internacional existen varias organizaciones encargadas en la elaboración de normas dirigidas a protecciones en redes de distribución, la cual sugieren la adecuada selección, ubicación y aplicación de los elementos que protegen a las redes eléctricas.

En este apartado se va a tratar sobre las normas de sistemas de protección contra descargas atmosféricas, la cual se detallan a continuación.

1.3.1 Normativa internacional para ubicación y selección de pararrayos

En la normativa para la ubicación y selección de los pararrayos se deben considerar diversos factores para su montaje, los cuales pueden ser la geografía en donde se ubican y niveles cerámicos de construcción. Para cumplir con esos requerimientos existen entes en sugerir una norma, a continuación, se hace mención a estos organismos:

- Electrical and Electronic Engineers Institute, IEEE.
- The National Electrical Manufacturers Association, NEMA.
- Internacional Electrochnical Commission, IEC.
- Lightinig Protection Institute, LPI.
- Underwriters Laboratories Inc, UL.
- Nationale Fire Protection Association, NFPA.

En el Ecuador estos dispositivos de protección están bajo la regulación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC), sin embargo, se considera las normas que siguiere la Electrical and Electronic Engineers Institute (IEEE) porque tiene una mayor acogida a nivel mundial. A continuación, se presentan normas que hacen referencia a la protección de sistemas de protección:

- IEC 60099-4 – Metal-Oxide Surge Arresters Without Gaps for A.C Systems.
- IEEE C62.1 – Standard for Gapped Silicon Carbide Surge Arresters for AC Power Circuits.
- IEEE C62.2 – Guide for the application of Gapped Silicon Carbide Surge Arresters for AC Power Circuits.
- IEEE C62.11 – Standard for Metal Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits.
- IEEE C62.22 – Guide for the Application of Metal Oxide Surge Arresters for AC Systems, Sección 6.
- IEEE 1410-2010 Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines.

1.3.1.1 Análisis de la normativa IEEE C62.22, Sección 6

La norma IEEE C62.22-2009 en la sección 6, en su primera parte realiza una introducción con conceptos básicos acerca a descargas atmosféricas y hace referencia a su objetivo principal, que es proteger las líneas eléctricas con la aplicación del pararrayo de óxido metálico.

Luego de las generalidades ya expuesta hace un análisis para la estimación de la Densidad de Descargas Atmosféricas (GFD) y el valor de cresta para condiciones normales. A continuación, se presenta el procedimiento general para la selección de un pararrayo:

Según (Valverde, 2010) se puede hacer la siguiente clasificación:

- Determinación de la máxima tensión de operación continua (MCOV) del pararrayos que se ubicará en la red de distribución.
- Determinar la capacidad del Tiempo de sobretensión (TOV) del pararrayos, en esta selección no debe ser superado en magnitud ni duración.

En la Tabla 1.6 indica las tensiones aplicadas a pararrayos de óxido metálico que se utiliza en redes de distribución, este tipo de pararrayos se les conoce como MOV.

TABLA 1.6 Tensiones comúnmente aplicadas a pararrayos del tipo MOV.
Fuente: IEEE C62.22.

Tensión del sistema (V rms)		Tensiones Nominales de pararrayos (MCOV) comúnmente aplicadas (kV rms) en sistemas de distribución		
Tensión Nominal	Tensión máxima	Cuatro hilos multiaterrizados, Estrella	Tres hilos con baja impedancia a tierra	Tres hilos con alta impedancia a tierra
2400	2540			3(2.55)
4160Y/2400	4400Y/2540	3(2.55)	6(5.1)	6(5.1)
4260	4400			6(5.1)
4800	5080			6(5.1)
6900	7260			9(7.65)
8320Y/4800	8800Y/5080	6(5.1)	9(7.65)	
12000Y/4800	12700Y/330	9(7.65)	12(10.2)	
12470Y/7200	13200Y/7620	9(7.65) o 10(8.4)	15(12.7)	
13200Y/7620	13970Y/8070	10(8.4)	15(12.7)	

13800Y/7970	14520Y/8388	10(8.4) y 12(10.2)	15(12.7)	
13800	14520			18(15.3)
20780Y/12000	22000Y/12700	15(12.7)	21(17.0)	
22860Y/12000	22000Y/12701	16(12.7)	21(17.0)	
23000	24340			30(24.4)
29940Y/14400	26400Y/15240	18(15.3)	27(22.0)	
27600Y/15935	29255Y/16890	21(17.0)	30(24.4)	
34500Y/19920	36510Y/21080	27(22.0)	36(29.0)	

La Tabla 1.7 muestra las características de protección de pararrayos de óxido metálico que se usa en redes de distribución.

TABLA 1.7 Características de protección para pararrayos.
Fuente: IEEE C62.22

Rangos de tensión (kV rms)		Niveles de Protección – Rangos de la industria					
Ciclo de trabajo (kV rms)	MCOV (kV rms)	Nivel de protección de frente de onda (FOW)			Tensión de descarga (8/20 us)		
		5 kA Normal duty	10 kA Heavy Duty	10 kA Rise pole	5 kA Normal duty	10 kA Heavy Duty	10 kA Rise pole
3	2.55	11.2 – 17	13.5 – 17	10.4	10.2 – 16	9.1 - 16	8.1
6	5.1	22.3 – 25.5	26.5 – 35.3	17.4 – 18	20.3 – 24	18.2 – 25	16.2
9	7.65	33.5 – 36	26.5 – 35.5	22.5 – 36	30.0 – 33.5	21.7 – 31.5	20.0 – 24.9
10	8.4	36.0 – 37.2	29.4 – 39.2	26.0 – 36	31.5 – 33.8	24.5 – 35	22.5 – 26.6
12	10.2	44.7 – 50	35.3 – 50	34.8 – 37.5	40.6 – 44	32.1 – 44	30.0 – 32.4
15	12.7	54.0 – 58.5	42.0 – 59	39.0 – 54	50.7 – 52	39.5 – 52	33.0 – 40.2
18	15.3	63.0 – 67	51.0 – 68	47.0 – 63	58.0 – 60.9	43.3 – 61	40.0 – 48
21	17	73.0 – 80	57.0 – 81	52.0 – 63.1	64.0 – 75	47.8 – 75	44.0 – 56.1

24	19.5	89.0 – 92	68.0 – 93	63.0 – 72.5	81.1 – 83	57.6 – 83	53.0 – 64.7
27	22.0	94.0 – 100.5	77.0 – 81.9	71.0 – 81.9	87.0 – 91.1	65.1 – 91	60.0 – 72.1
30	24.4	107 – 180	78.0 – 85.1	78.0 – 85.1	94.5 – 99	71.8 – 99	66.0 – 79.5
36	29	125	91.0 – 102.8	91.0 – 102.8	116	83.7 – 125	77.0 - 96

1.3.1.2 Análisis de la norma IEEE 1410 - 2010, Sección 8

Realizando una comparación con la anterior norma representa donde se destaca el procedimiento para la elección de un pararrayos, en cambio, esta norma realiza una evaluación del pararrayos desde un criterio de protección de aislamiento de las redes de distribución.

En la sección “consideraciones para la longitud de cable de conexión de pararrayos”, da un criterio sobre las longitudes de las conexiones de los cables que van hacia el pararrayos, se recomienda que sean lo más cortas y rectas posibles.

Cuando la descarga es indirecta sus consecuencias se pueden disminuir con la instalación de pararrayos, en la Figura 1.13 se ilustra un resultado de una estimación para un nivel de aislamiento de 150 kV con un sistema no aterrizado.

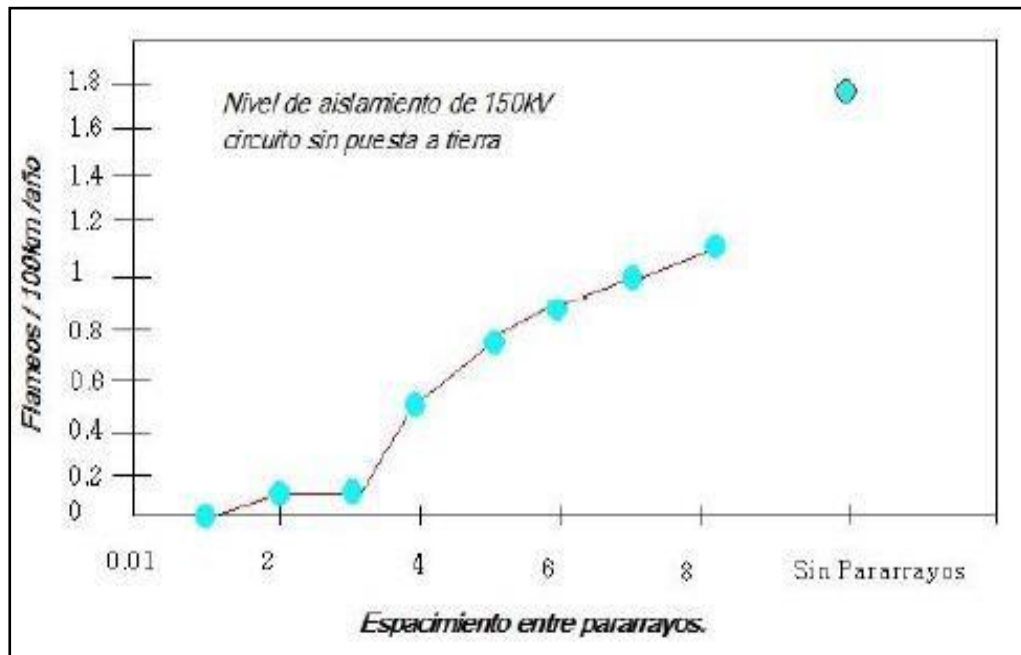


Fig. 1.13 Efecto del espaciamiento entre pararrayos contra descargas indirectas.
Fuente: Valverde, 2010.

Como muestra la Figura 1.13 se puede apreciar que es importante las distancias de ubicación de los pararrayos, donde indica que si existe distancias relativamente largas se reduce considerablemente los flameos por tensiones inducidas de descargas indirectas. Analizando la ilustración la ubicación del pararrayos se encuentra cada 4 postes y cada 8 postes se observa la reducción de flameos.

En la Tabla 1.8 se indica una comparativa con la Figura 1.14 y se muestra el espaciamiento que debería existir entre cada poste, además enseña el resultado del flameo a causa de ese distanciamiento entre postes.

TABLA 1.8 Distancia entre pararrayos y número de flameos.
Fuente: Valverde, 2010.

Distancia entre pararrayos	Número de flameos /100 km / año GFD = 1 rayo / km² / año
1	0
2	0.06
3	0.08
4	0.51
5	0.76
6	0.94
Sin pararrayos	1.79

Cuando la descarga es directa la protección se eleva a causa a los altos niveles de energía que se filtran al sistema debido a las descargas, en la Figura 1.13 se detalla la ubicación de pararrayos con distancia de separación más cortas, y a consecuencia de ello se representa mediante una curva en función del espaciamiento y la protección para los niveles de tensión crítica de flameo (CFO), como se indica el espacio entre postes es de 75 metros.

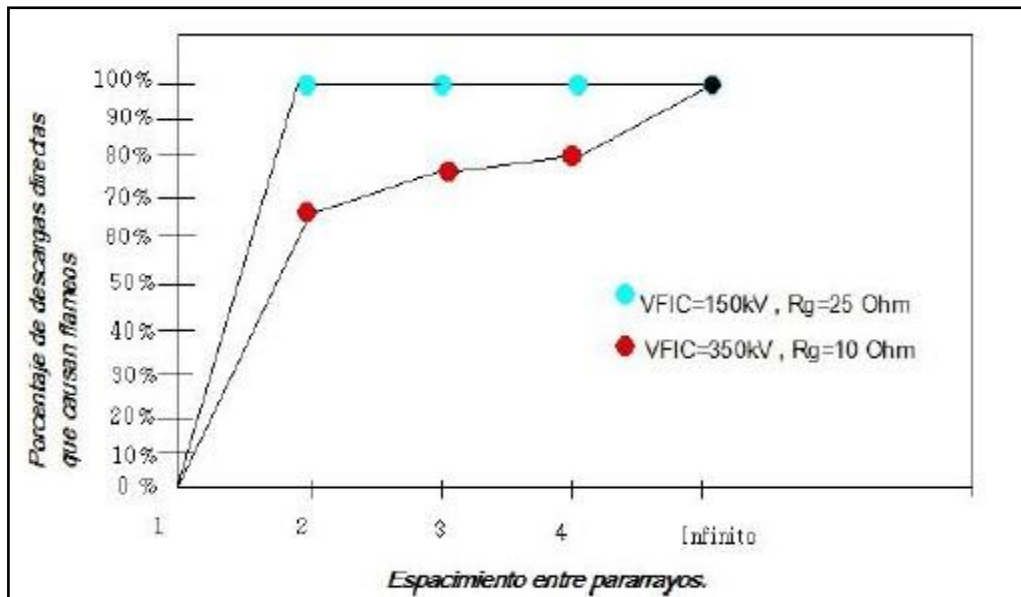


Fig. 1.14 Efecto del espaciamiento entre pararrayos contra descargas directas.
Fuente: IEEE 1410 - 2010.

De la misma manera se puede realizar un análisis a la Figura 1.14 donde se represente en una Tabla 1.9 el efecto del espaciamiento entre pararrayos para una protección contras descargas directas.

TABLA 1.9 Efecto del espaciamiento entre pararrayos contra descargas directas.
Fuente: Valverde, 2010.

Distancia entre pararrayos	Porcentaje de flameo	
	R _g = 25Ω VFI= 150 kV	R _g = 10Ω VFI= 350 kV
1	0	0
2	100	70
3	100	80
4	100	85
Infinito	100	100

1.3.2 Normativa ecuatoriana para la selección y ubicación de pararrayos

Las empresas encargadas de la distribución y comercialización de energía eléctrica en Ecuador se basan a las Unidades de Propiedad que fue emitido por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, este documento que se lo puede encontrar en digital cuenta con los materiales, procesos de montaje y especificaciones técnicas para la instalación de varios elementos de distribución.

En necesario indicar que existe dos tipos de pararrayos, para sistemas trifásicos y monofásicos; a continuación, en la Tabla 1.10 se presenta los sistemas de protección para redes de distribución y transformadores:

TABLA 1.10 Sistema de protección para transformadores y redes de distribución.
Fuente: Unidades de Propiedad.

	Trifásicos	Monofásicos
Redes de Distribución	Pararrayos 3F 22 kV	Pararrayos 1F 22 kV
	Pararrayos 3F 13kV	Pararrayos 1F 13kV
Transformadores	Pararrayos 3F 22 kV	Pararrayos 1F 22 kV
	Pararrayos 3F 13kV	Pararrayos 1F 13kV

1.3.3 Normativa para sistema de puesta a tierra

La normativa para el diseño de un sistema de puesta a tierra está basada en normas internacionales y estas son:

- IEEE Standard 80-2000.
- IEEE Standard 142-2007.
- Reglamento de seguridad NEC.

1.3.3.1 Análisis de la norma IEEE Standard 80-2000

Esta norma indica aspectos técnicos para el uso de una malla en subestaciones, además, presenta los cálculos acerca de los sistemas de puesta a tierra, el objetivo de esta norma es dar la información y procedimientos los cuales se detallan a continuación:

- Establecer los límites seguros de potencial que existe en una subestación en condiciones de falla, y el área que puede tener contacto el operador.
- Revisar las prácticas de aterrizaje de subestaciones y dar un procedimiento para el diseño de sistemas prácticos de puesta a tierra.

1.3.3.2 Análisis de la norma IEEE Standard 142-2007

Es una guía que muestra las diferentes conexiones que se deben emplear para las instalaciones industriales y comerciales, usando una varilla como sistema de protección de puesta a tierra.

La varilla Copperweld es unas de las más usadas en instalaciones industriales y comerciales, se fabrican de varias tamaños y groseros, todo eso depende de la utilización que se le pueda dar a este elemento de protección.

1.3.4 Normativa de seccionadores de distribución

Para el diseño y construcción de seccionadores se rigen a varias normas y estas son distintas para cada tipo de seccionador, en la Tabla 1.11 indica cada una de ellas.

TABLA 1.11 Normas de construcción de seccionadores.
Fuente: Unidades de Propiedad.

Tipo de seccionador	Norma de construcción
Seccionador barra unipolar tipo abierto	ANSI C37.41, C37.42
Seccionador fusible unipolar tipo abierto	IEC282-2, AS 1033.1, ANSI C37.41, C37.42

1.3.4 Normativa de fusibles

Para la construcción del tirafusible para media tensión tipo K se construye bajo la norma ANSI/IEEE C37.41 - C37.42 - C37.43. La norma habla sobre varios aspectos de construcción de elementos eléctricos en la cual explica los niveles de voltaje de operación.

En la Figura 1.15 indica el tirafusible tipo K donde la cabeza debe ser hecha de un solo segmento sometida a un tratamiento térmico que permite los procedimientos posteriores de armado de presión, esta pieza se recubre electrolíticamente con plata 1000 para un mejor contacto eléctrico en el soporte.



Fig. 1.15 Tirafusible para media tensión tipo K.
Fuente: Unidades de Propiedad.

La cabeza del fusible puede ser removible o fija, según lo solicite la empresa y debe tener 12,5 mm de diámetro y arandela estañada de 19 mm de diámetro.

1.4 Montaje de sistemas de protección atmosféricas y seguridad

En el montaje de sistemas de distribución se basan a procedimientos basados en las Unidades de Propiedad y para ello es necesario contar con los equipos adecuados para la protección del personal que realiza ese trabajo.

1.4.1 Montaje de pararrayos

Para dar a conocer los procedimientos y materiales que se usan en el montaje de un pararrayo, En la Tabla 1.12 se muestra la lista de materiales que se usa para el montaje de la siguiente nomenclatura SPT – 3P.

TABLA 1.12 Lista de materiales para el montaje de pararrayos en una red SPT-3P.
Fuente: Unidades de Propiedad.

Referencia	Cantidad	Descripción
1	3	Pararrayos clase distribución polimérico, óxido metálico, 10 kV, con desconectador
2	1	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 2 000 mm (3 x 3 x 1/4 x 79")
3	2	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 27 9/16")
4	1	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")
5	2	Perno máquina de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión, 16 x 38 mm (5/8 x 1 1/2")
6	1	Perno "U" de acero galvanizado, 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 presión, de 16 x 152 mm (5/8" x 6"), ancho dentro de la "U"
7	3	Estribo de aleación de Cu - Sn, para derivación
8	3	Grapa de aleación de Al, derivación para línea en caliente
9	9	Conductor de Cu, desnudo, sólido duro, 4 AWG
10	8	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 2 pernos, extensión escalón, 30 x 6 x 200 mm (1 3/16 x 1/4 x 7 7/8")

Cabe señalar que existe materiales sustitutos en caso de no encontrar con las especificaciones como señala la tabla anterior, por ejemplo, en la Tabla 1.13 se detallan los materiales alternativos.

TABLA 1.13 Materiales sustitutos para el montaje de pararrayos en una red SPT-3P.
Fuente: Unidades de Propiedad.

Referencia	Cantidad	Descripción
2	1	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 70 x 70 x 6 x 2 000 mm (2 3/4 x 2 3/4 x 1/4 x 79")
2	1	Cruceta de plástico reforzado con fibra de vidrio, universal, perfil "L" 75 x 75 x 9 x 2 000 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 23/64 x 79")
3	9	Cable de Al, desnudo, cableado, ACSR, 2 AWG, 7 (6/1) hilos

En la Figura 1.16 se enseña una ilustración de una red con un sistema de protección contra descargas atmosféricas, la cual en las Tablas 1.12 y 1.13 se detallan los materiales, cantidad y referencia a la que hace alusión la imagen.

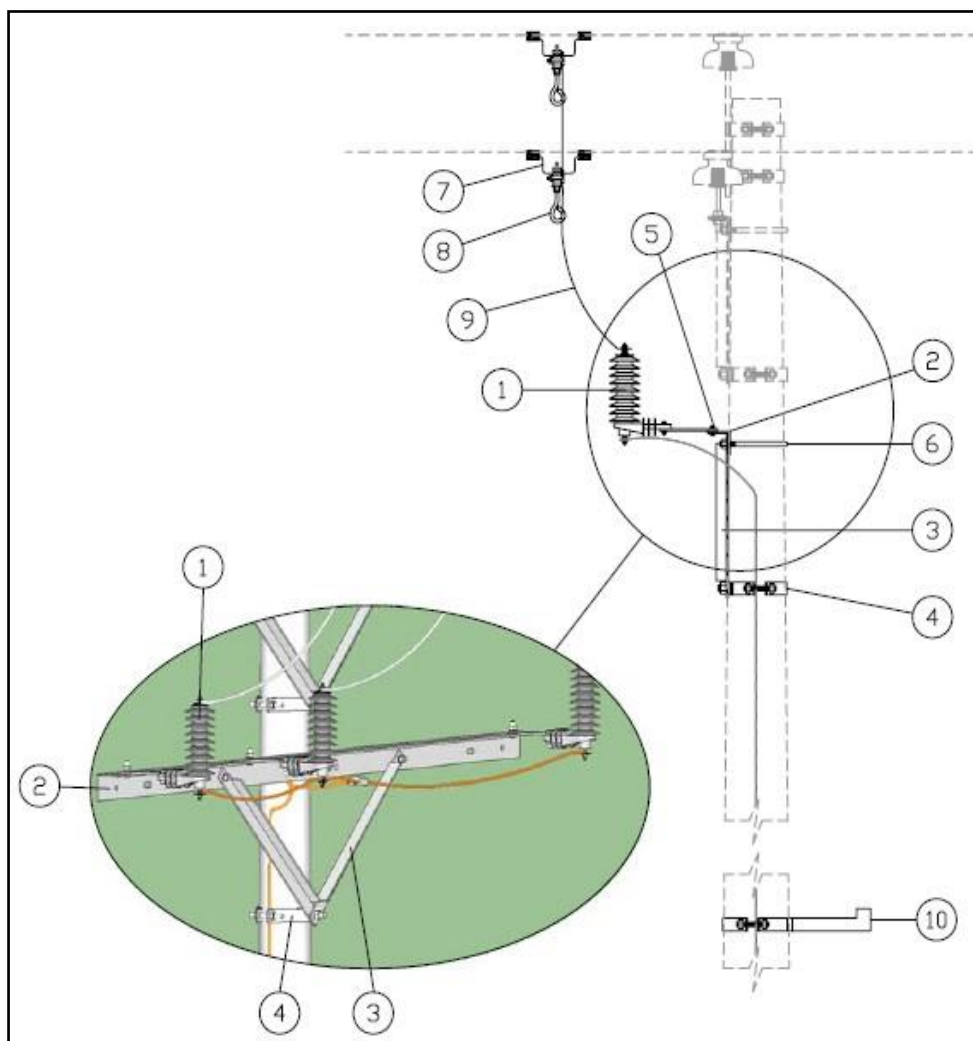


Fig. 1.16 Ilustración de una red de distribución con pararrayos.
Fuente: Unidades de Propiedad.

1.4.2 Montaje de seccionador

Es importante conocer las normas técnicas que se usan para el montaje de un seccionar, además, conocer los materiales y cantidades que se usan para ubicar estos elementos de protección, a continuación, en la Tabla 1.14 se indica el listado de materiales para la construcción de SPT – 1C.

TABLA 1.14 Lista de materiales para el montaje de un seccionar en SPT-1C.
Fuente: Unidades de Propiedad.

Referencia	Cantidad	Descripción
1	2	Estribo de aleación de Cu - Sn, para derivación
2	2	Grapa de aleación de Al, derivación para línea en caliente
3	1	Seccionador barra, 1P, abierto, 15 kV
4	1	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 1 200 mm (3 x 3 x 1/4 x 47")
5	1	Perno "U" de acero galvanizado, 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 presión, de 16 x 152 mm (5/8" x 6"), ancho dentro de la "U"
6	1	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 27 9/16")
7	1	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 160 mm (1 1/2 x 5/32 x 6 1/2")
8	1	Perno máquina de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión, 16 x 38 mm (5/8 x 1 1/2")
9	8	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 2 pernos, extensión escalón, 30 x 6 x 200 mm (1 3/16 x 1/4 x 7 7/8")

Para esta estructura también existe alternativas de materiales, las cuales se detallan en la Tabla 1.15.

TABLA 1.15 Lista de materiales sustitutos para el montaje de un seccionar en SPT-1C.
Fuente: Unidades de Propiedad.

Referencia	Cantidad	Descripción
4	1	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 70 x 70 x 6 x 1 200 mm (2 3/4 x 2 3/4 x 1/4 x 47")
4	1	Cruceta de plástico reforzado con fibra de vidrio, universal, perfil "L" 75 x 75 x 9 x 1 200 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 23/64 x 47")

Para una mejor apreciación de la estructura SPT – 1C se muestra la Figura 1.17 que indica la forma del montaje de un seccionador y en las Tablas 1.14 y 1.15 se especifica las dimensiones y cantidad de materiales para dicha estructura.

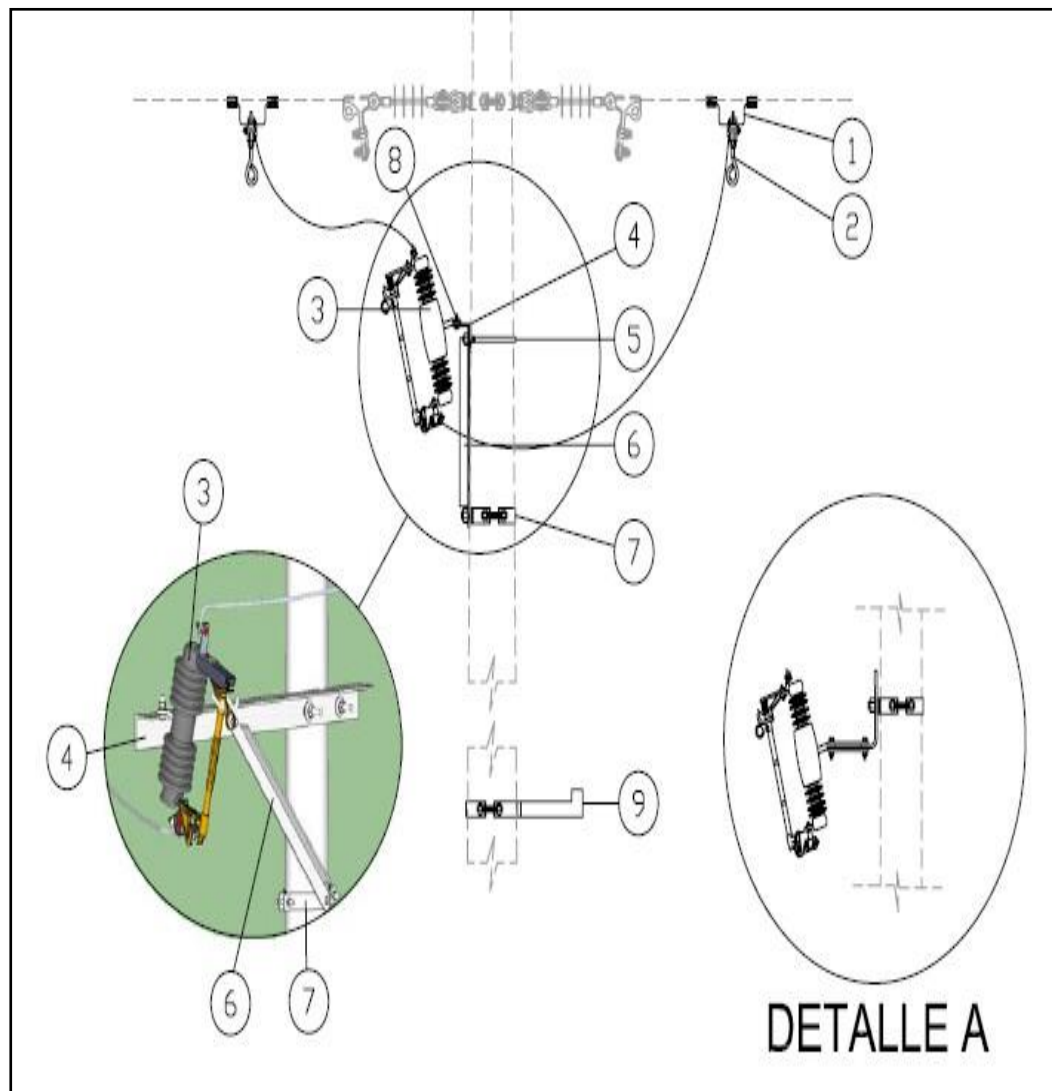


Fig. 1.17 Ilustración de una red de distribución con seccionador.
Fuente: Unidades de Propiedad.

1.4.3 Montaje de puesta a tierra del transformador

En las redes de distribución, el sistema de tierra se compone de las puestas a tierra instaladas en los pararrayos, transformadores, condensadores, reguladores, equipos de maniobra, neutros y elementos metálicos, cuyos electrodos de puesta a tierra están generalmente constituidos por varillas enterradas.

Se utiliza como electrodo para puesta a tierra una varilla cobrizada de 5/8 x 2.44 m, con su respectivo conector y como medio de conexión hasta tierra se utiliza alambre de cobre o cobrizado (copperweld) #4 AWG.

Para la instalación de puestas a tierra en redes de distribución en media y baja tensión se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- En los transformadores de distribución se deben conectar entre si el neutro y la carcasa, mediante alambre de cobre o cobrizado (copperweld) #4 AWG y desde ahí hasta la varilla de puesta a tierra. Se realiza una sola bajante para puesta a tierra de los pararrayos y del transformador.
- Para los dispositivos de protección contra sobretensión transitorias (DPS), conocidos también como pararrayos, los puntos de tierra de cada uno de ellos, se deben conectar entre si mediante alambre de cobre o cobrizado (copperweld) #4 AWG, y se lleva a tierra evitando dobleces agudos en el alambre, hasta la varilla previamente enterrada utilizando para a unión un conector apropiado.

La Figura 1.18 muestra una ilustración de la puesta a tierra del transformador y pararrayos.

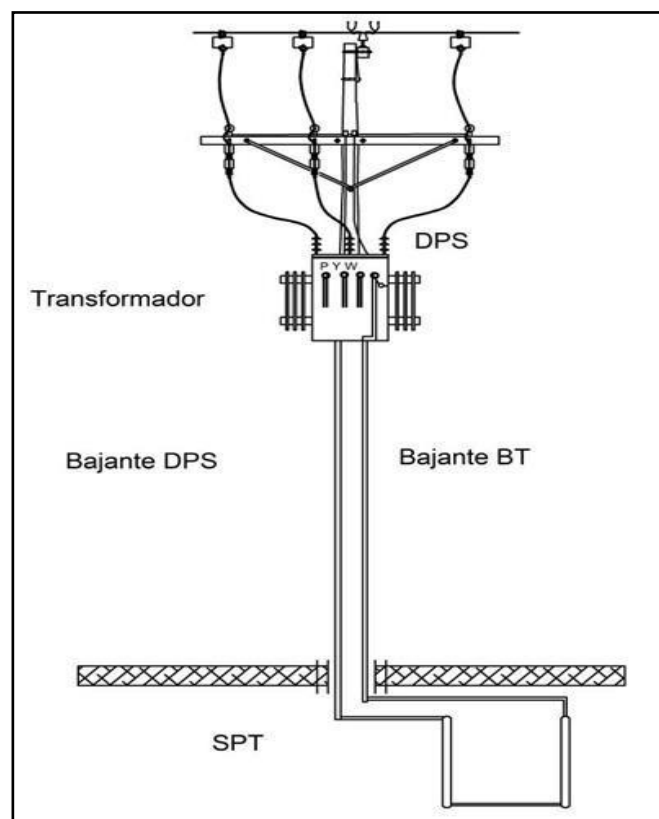


Fig. 1.17 Ilustración de puesta a tierra del transformador y pararrayos.
Fuente: ENEL-CODENSA.

1.4.3.1 Medida de resistencia de puesta a tierra

Como indica la Norma ICOTEC 2050 Sección 250-84, la resistencia de cualquier electrodo de puesta a tierra debe ser menor a 25Ω , y para subestaciones debe ser menor de 10Ω . Para determinar estos valores se debe efectuarse mediciones de tierra con el telurómetro usando el método de los tres puntos o caída de tensión.

Los bornes de los extremos marcados como J_C y J_{XC} son los terminales de corrientes y los bornes centrales J_T y J_{XT} son los terminales de tensión. Para medir la resistencia de tierra se utilizan dos varillas como electrodos auxiliares, que se entierran en el terreno, alineados con el punto de puesta a tierra a medir.

Primero se unen los bornes J_{XC} y J_{XT} y se conectan a la varilla de tierra cuya resistencia se requiere medir. La varilla más lejana conectada al borne J_C actúa como electrodo de corriente, la otra varilla conectada al borne J_T (localizada entre la varilla de corriente y la puesta a tierra a medir) actúa como electrodo de tensión.

Al circular la corriente generada por el telurómetro, se producen gradientes de potencial alrededor de los electrodos, pero existen zonas entre ellos donde el potencial es constante. Se ha determinado que a una distancia del 62% de D_1 no se producen perturbaciones y allí debe instalarse el electrodo de tensión. Para ello se realizan tres mediciones, donde D_1 es la distancia hasta la varilla de corriente y D_2 es la distancia hasta la varilla de tensión.

1. $D_1 = 25m$ $D_2 = 15m$
2. $D_1 = 30m$ $D_2 = 18m$
3. $D_1 = 36m$ $D_2 = 22m$

Si los valores no difieren en $\pm 5 \%$ del valor promedio (obtenido de la suma de las tres mediciones y dividiendo por 3) debe considerarse que este valor promedio es el valor verdadero.

Todas las medidas deben realizarse sin tensión, ni circulación de corriente, es decir, la varilla de tierra debe estar desconectada de bajantes de pararrayos, neutros, tierras de equipos en funcionamiento. Igual sucede si se miden mallas de tierra.

Según las Normas IEC 603644442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 y NTC 4552 se deben cumplir valores máximos de resistencia de puesta a tierra, así lo muestra a Tabla 1.16.

TABLA 1.16 Valores máximos de resistencia de puesta a tierra.
 Fuente: Normas IEC 603644442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050.

Aplicación	Valores máximos de resistencia de puesta a tierra
Estructuras de líneas de transmisión y metálicas o con cable de guarda de distribución	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Protecciones contra rayos	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión	25 Ω
Cualquier electrodo de puesta a tierra	25 Ω

1.4.3.2 Medida de resistividad del suelo

La resistividad del terreno varia con el tipo de terreno, temperatura, humedad, homogeneidad y acidez del terreno. El método más empleado para medir la resistividad del terreno es el de cuatro puntos (o método de Werner), para ello se instalan cuatro varillas alineadas e igualmente espaciadas a una distancia D.

Los bornes de los extremos del apartado marcados como J_C y J_{XC} son los terminales de corriente y los bornes centrales J_T y J_{XT} son los terminales de tensión, y se instalan como muestra en la Figura 1.18.

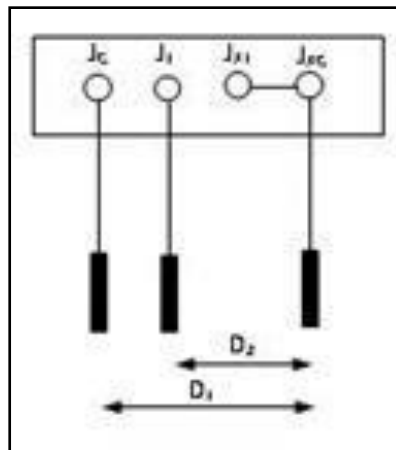


Fig. 1.18 Método de Werner.
 Fuente: Chauvin Arnoux, (s.f.)

Para obtener el valor de la resistividad se deben realizar varias medidas con diferentes distancias D . Se sugiere hacer medidas con $D = 1\text{m}$, $D = 2\text{m}$, $D = 5\text{m}$, $D = 10\text{m}$, $D = 20\text{m}$ y $D = 30\text{m}$.

Estos electrodos se aplican al suelo mediante percusión hasta que alcanzan la profundidad adecuada. En áreas rocosas y la varilla está a menos de 2.40m, estos electrodos pueden meterse en diagonal hasta con un ángulo de 45 grados de la vertical, como muestra la Figura 1.19.

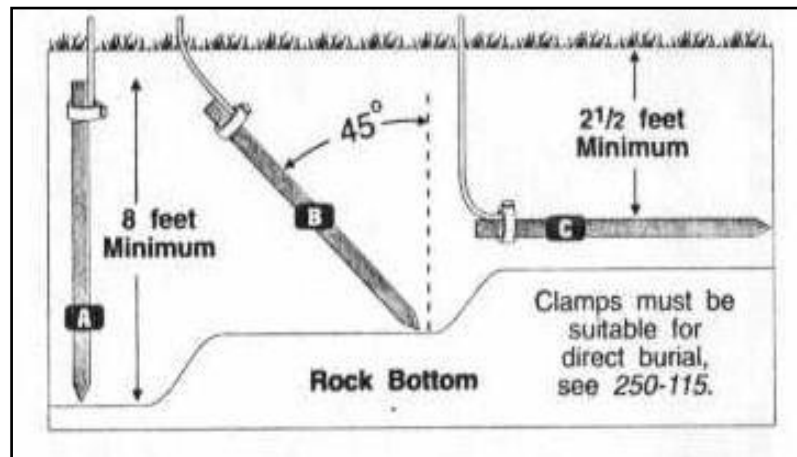


Fig. 1.19 Formas de instalar la varilla de puesta a tierra.
Fuente: Made Electrode (Group Rod).

Pero, si no es este el caso, se deben enterrar horizontales en una trinchera abierta para el caso a 800 mm de profundidad por lo menos.

1.4.4 Seguridad en el montaje

El tema de la seguridad del personal durante el montaje de sistemas de protección es importante, como lo menciona (Caldas, 2011), la seguridad industrial son todas las medidas preventivas para evitar accidentes durante alguna actividad en general.

El equipo de protección personal (EPP – Personal Protection Equipment) son fabricados bajo normas de elaboración y su función es proteger al personal en el lugar de trabajo contra peligros químicos, radiológicos, físicos, mecánicos, eléctricos u otros.

Bajo el criterio de (Díaz, 2017) las consecuencias en el ser humano tras el contacto con conductores de baja tensión son los siguientes:

- Choque eléctrico.
- Fibrilación ventricular / paro cardiaco / infarto.

- Paro respiratorio.
- Quemaduras graves.
- Tetanización (contractura muscular).
- Hemorragias internas.
- Quemadura de los órganos internos.

Para evitar y minimizar las lesiones en el personal existen equipos destinados a la protección, para ello a continuación se da a conocer los siguientes:

- Casco.
- Gafas.
- Protectores auditivos anatómicos.
- Zapatos dieléctricos
- Vestimenta de algodón
- Arnés de seguridad

CAPÍTULO 2

Implementación del emulador del patio de pruebas con un sistema de protección contra descargas atmosféricas

2.1 Localización del patio de pruebas

El estudio de la localización consiste en identificar y analizar las ubicaciones, están orientadas en dos aspectos que corresponden a la macro localización y a la micro localización con el objeto de buscar la ubicación que genere los máximos beneficios o en su defecto el menor costo.

2.1.1 Micro localización

Se efectuó la implementación del patio de pruebas en el cantón Ibarra, en la Universidad Técnica del Norte que está ubicada en la Av. 17 de Julio 5-21 y General José María Córdova, como se puede observar en la Figura 2.1.

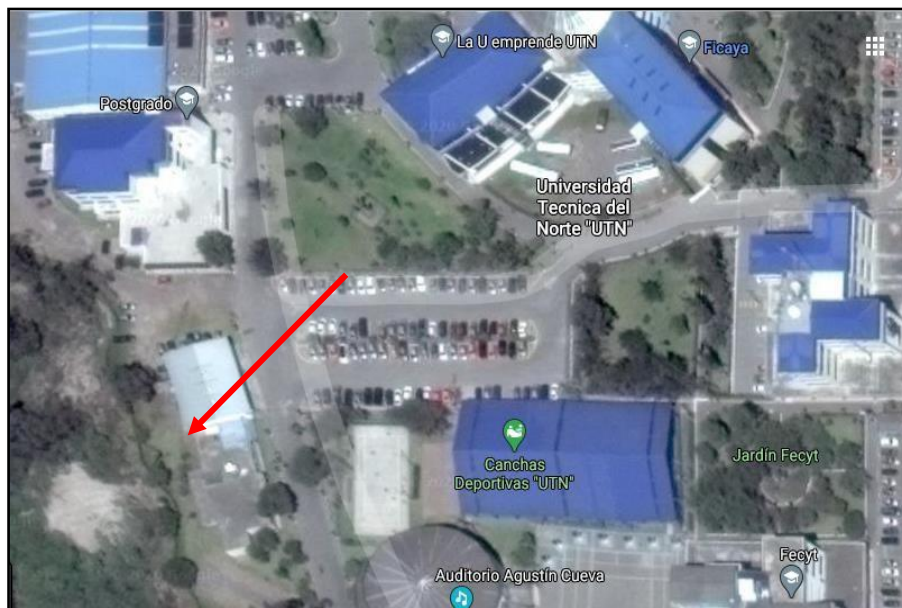


Fig. 2.1 Micro localización, UTN.

Fuente: Google Maps.

2.1.2 Ubicación

El patio de pruebas se implementó en la parte de atrás del edificio de la Carrera de Electricidad en un área de 74.55 metros cuadrados, en la Figura 2.2 se observa en sitio donde se llevó a cabo la construcción del patio con el sistema de protecciones atmosféricas.



Fig. 2.2 Ubicación del patio de pruebas.
Fuente: Autor.

2.2 Ingeniería del proyecto

Los aspectos relacionados con la ingeniería del proyecto son probablemente los que tienen mayor incidencia sobre la implementación del patio de pruebas, este análisis tiene como objetivo determinar las características del proceso de los materiales, equipos requeridos, y costo de inversión.

2.2.1 Diseño del patio de pruebas

El diseño fue realizado de acuerdo a las medidas reales y el plano fue diseñado en AutoCAD, el cual permitió la implementación y montaje correcto de cada uno de los materiales que se utilizaron, en la Figura 2.3 se muestra el plano que se usó para la implementación del patio de pruebas. En el Anexo A se puede observar el diseño en 2D y 3D.

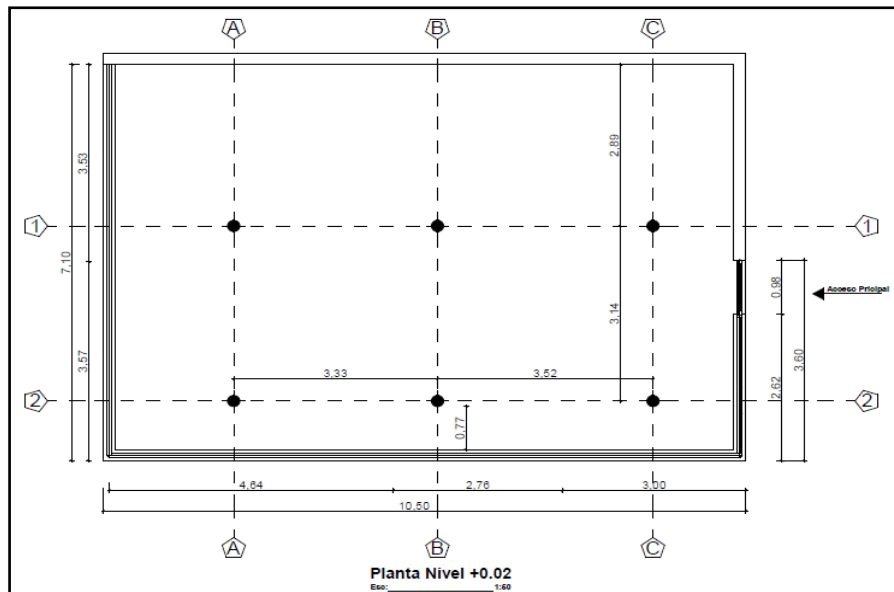


Fig. 2.3 Plano del patio de pruebas.

Fuente: Autor.

2.2.2 Implementación del emulador del patio

La implementación del patio consiste en una serie de trabajos los cuales se detallan a continuación:

2.2.2.1 Limpieza del terreno

Lo primero que se realizó fue la limpieza de la maleza existente en el terreno, con esa labor se dio inicio a la implementación del patio, como se mira en la Figura 2.4.



Fig. 2.4 Limpieza del terreno.

Fuente: Autor.

2.2.2.2 Excavación de los huecos para los postes

En la Figura 2.5 muestra el trabajo que se realizó para excavar y el resultado de los huecos para la parada de los tres postes de hormigón armado, se hizo un hueco de 1.5 m de profundidad para izar postes de hormigón armado de 5 m de altura.



Fig. 2.5 Excavación y resultado de los huecos para los postes de hormigón.

Fuente: Autor.

2.2.2.3 Transporte y parado de los postes

Este trabajo se realizó con la ayuda de la retroexcavadora de la Universidad Técnica del Norte, con esa maquinaria se trasladó y se colocó en su sitio a los postes, como se puede observar en la Figura 2.6.



Fig. 2.6 Transporte de los postes de hormigón.

Fuente: Autor.

En la Figura 2.7 se muestra el procedimiento para la fijación de los tres postes de hormigón



Fig. 2.7 Fijación de los postes de hormigón.
Fuente: Autor.

Finalmente, en la Figura 2.8 se mira una fotografía donde se muestra la culminación del izado de los tres postes de hormigón armado con una altura de 3.50 metros.



Fig. 2.8 Parada de los postes de hormigón.
Fuente: Autor.

Se utilizó 3 postes de hormigón armado circular de 11 m con una carga de ruptura horizontal de 400 kg, que posteriormente se cortaron a una altura de 5 m.

2.2.2.4 Cerramiento del patio de pruebas

El trabajo del cerramiento del patio de pruebas consistió en varias labores, las cuales son: excavación y cimiento de la zanja, retirada de la malla anterior y colocación de la malla electrosoldada, y construcción y enlucido del muro.

A continuación, se detalla el trabajo realizado de cada una de ella:

- **Excavación y cimiento de la zanja**

Esta labor inicia con la toma de nivel del terreno, con la ayuda de una manguera, cabe señalar que el solar tenía un desnivel de 60 cm. Luego, se procedió a excavar la zanja con una profundidad de 40 cm, como se muestra en la Figura 2.9.



Fig. 2.9 Zanja para el cerramiento.

Fuente: Autor.

La Figura 2.9 muestra el procedimiento que se realizó para el cimiento, aquí se usó piedras y concreto para una mayor fijación de los tubos galvanizados. Finalmente, en la Figura 2.10 se observa la zanja termina con los tubos galvanizados ya colocados.



Fig. 2.10 Cimiento de la zanja y tubos fijados.

Fuente: Autor.

Se compró 8 tubos galvanizados redondos de 2 x 1.5 mm de 6 m de largo que posteriormente se cortaron a 3 m de largo. Se enterraron 40 cm con piedra y concreto para una mayor fijación. Se colocaron 7 tubos horizontales, 5 tubos para soporte y 7 tubos en la parte superior del cerramiento.

- **Retirada de la malla anterior y colocación de la malla electrosoldada**

En la figura 2.11 se observa la retirada de la antigua malla y la colocación de la nueva malla que se soldó en cada tubo para una mejor fijación.



Fig. 2.11 Retirada y colocación de la malla.

Fuente: Autor.

Para el cerramiento del patio de pruebas se utilizó 4 mallas electrosoldada de 10 x 10 x 4 mm que tiene un largo de 6 m y una altura de 2.40 m.

- **Construcción y enlucido del muro**

El muro se construyó de bloque con una altura de 30 cm, como se observa en la Figura 2.12, además, se mira que ya está enlucido para darle una forma visual más agradable.



Fig. 2.12 Construcción y enlucido del muro.

Fuente: Autor.

2.2.2.5 Adecuación del patio de pruebas

En esta parte se habla sobre los siguientes aspectos: colocación del glifosato y aceite quemado, colocación de la chispa, y pintado.

- **Colocación del glifosato y aceite quemado**

En la Figura 2.13 se observa que el suelo está siendo fumigado con glifosato, esto es para matar las semillas restantes de maleza. Luego de ello se procedió a botar aceite quemado por todo el terreno para que no crezca ningún tipo de yerba en el patio.



Fig. 2.13 Colocación del aceite quemado.

Fuente: Autor.

- **Colocación de la chispa**

La Figura 2.14 indica el resultado del regado de la chispa por todo el suelo, consiguiendo una capa de piedra pequeña uniforme que posee una altura aproximada de 15 cm.



Fig. 2.14 Colocación de la chispa.

Fuente: Autor.

- **Pintado del patio de pruebas**

Se pintó la malla electrosoldada, el muro, y los 6 postes; como se observa en la Figura 2.15.



Fig. 2.15 Pintado del patio.

Fuente: Autor.

Finalmente, en la Figura 2.16 se observa el patio culminado en una vista lateral.



Fig. 2.16 Patio de pruebas.

Fuente: Autor.

2.3 Selección de materiales

En este apartado se muestra la selección de materiales que se decidió usar para la implementación del emulador del patio de pruebas.

2.3.1 Materiales en general

Para la construcción del patio de pruebas se usó varios materiales que en la Tabla 2.1 se detallan.

TABLA 2.1 Materiales usados para la construcción.
Fuente: Autor.

Cantidad	Descripción
5	Cemento armado
4	Discos para amoladora
45	Bloques
4 carretillas	Arena fina
10 carretillas	Arena gruesa
7 carretillas	Ripio
8 m ³	Chispa
2 galones	Pintura anticorrosiva gris mate
2 litros	Pintura negra

2.3.2 Materiales para protecciones atmosféricas

Para la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas se usó: pararrayos, seccionador, fusible, y varilla de puesta a tierra. A continuación, se da a conocer las características de cada uno de ellas:

2.3.2.1 Pararrayos

La Figura 2.17 indica el pararrayos polimérico PBP 10 kV 10 kA de marca Balestro que se usó para el montaje del sistema de protección.

Los pararrayos de distribución poliméricos serie PBP de Balestro están equipados con un apagador automático cuidadosamente desarrollado para coordinación con la protección de sobrecorriente de las líneas de distribución.



Fig. 2.17 Pararrayos polimérico Balestro 10 kV.
Fuente: Autor.

La Tabla 2.2 indica las especificaciones técnicas del pararrayos la cual muestra los niveles de voltaje nominal y voltajes máximos en la que opera el pararrayos utilizado.

TABLA 2.2 Especificaciones técnicas del pararrayos.
Fuente: Autor.

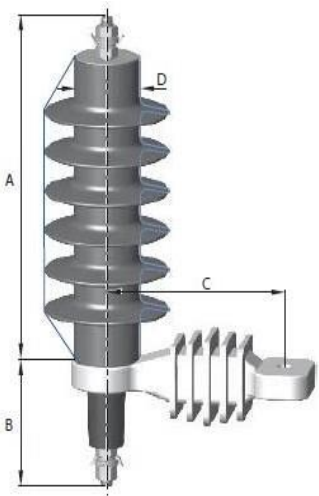
Modelo	Voltaje nominal Ur (kV rms)	Voltaje continuo U_c (kV rms)	Voltaje máximo de descarga de corriente íngromo kV peak (kV pico)	Voltaje máximo de descarga de corriente de maniobra en 500 A kV peak (kV pico)	Voltaje máximo de descarga de 8/20 µs (kV pico)
PBP 10 / 10	10.0	8.40	36.6	27.0	33.0

Cuenta con un terminal de línea y puesta a tierra con capacidad de soportar cables de cobre o de aluminio de 6 a 35 mm², posee una cubierta aislante utilizada para la protección del terminal de línea del pararrayo contra contacto accidentales; es fabricada en goma de silicona.

Tiene un desconectador automático con soporte aislante que proporciona aislamiento entre el pararrayo y la tierra, con el fin de ser posible el uso del desligador automático.

A continuación, en la Tabla 2.3 se detalla las dimensiones del pararrayos PBP 10/10.

TABLA 2.3 Dimensiones del pararrayos.
Fuente: Autor.

Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Distancia del arco (mm)	Distancia de fuga (mm)	Peso (lb)
	208	98	115	58	180	335	3.10

2.3.2.2 Seccionador

La Figura 2.18 indica un seccionador portafusible unipolar, abierto, 100 A, 15 kV, BIL 110 kV.



Fig. 2.18 Seccionador portafusible unipolar, abierto, 100 A, 15 kV, BIL 110 kV.

Fuente: Autor.

La Tabla 2.4 indica las especificaciones técnicas que posee el seccionador.

TABLA 2.4 Especificaciones técnicas del seccionador.
Fuente: Autor.

Fabricación	Corriente nominal (A)	Tensión máxima (kV)	Capacidad de interrupción asimétrica (kA)	Nivel básico de aislamiento BIL (kV)
Caucho siliconado o polímero o alternativa en porcelana	100	15	10	110 a 1000 msnm

2.3.2.3 Fusible

En la Tabla 2.5 se observa las especificaciones técnicas del fusible que se usó en el montaje.

TABLA 2.5 Especificaciones técnicas del fusible.
Fuente: Autor.

Descripción	Especificación
Cuerpo	Cerámica aislante (IEC 60269-1 ed4.1)
Cuchillas de contacto	Cobre estañado
Relleno	Arena de cuarzo (IEC 60269-1 ed4.1)
Elemento fusible	Plata de alta pureza (IEC 60269-1 ed4.1)
Norma de fabricación y ensayo	IEC 60269-1 ed4.1, IEC 60269-1 ed4.0, DIN 43620
Voltaje nominal de la red	220/127 – 240/120 V
Capacidad de corriente de cortocircuito simétrico	120 kA Vca / 8 kA Vcc
Temperatura mínima	-5 °C
Temperatura máxima	40 °C
Tipo de servicio	Interior o encapsulado

2.3.2.4 Varilla de puesta a tierra

Es una varilla Copperweld de acero recubierta de cobre de 16 x 1829 mm (5/8 x 72") como muestra la Figura 2.19.



Fig. 2.19 Varilla Copperweld de acero recubierta de cobre de 5/8 x 72".
Fuente: Autor.

La resistencia a la tracción debe soportar un doblado de 60 grados sin dar muestras de fisuras o desprendimiento de la capa de cobre, deberá venir marcado en alto relieve el espesor del recubrimiento en mm o MILS. En la Tabla 2.6 se observa las características técnicas de la varilla de puesta a tierra.

TABLA 2.6 Especificaciones técnicas de la varilla de puesta a tierra.
Fuente: Autor.

Descripción	Especificación
Revestimiento	Cobre electrolítico
Grado de pureza	> 99.9% sin trazas Zinc
Normas de fabricación	ANSI C33.8, UL -467, NTC 2206
Resistencia a la tracción	> 50 Kg/mm ²
Soporte al doblado	60 grados
Diámetro	5/8" (15.87 mm)
Revestimiento de cobre de alta camada	Mínimo 254 micras

CAPÍTULO 3

Manual de procedimientos para el montaje de protecciones atmosféricas

3.1 Manual de procedimientos para el montaje del pararrayos de 10 kV

A continuación, se detallan los procedimientos que se deben seguir para realizar el montaje de un pararrayo de 10 kV.

3.1.1 Identificación de riesgos

- Contacto eléctrico.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Cortes y golpes.

3.1.2 Personal necesario

Dos trabajadores con certificado en trabajos en altura y con licencia en riesgos eléctricos.

3.1.3 Protecciones individuales

- Casco de polietileno de protección.
- Gafas inactivas.
- Ropa de trabajo ignífuga.
- Guantes de protección eléctrica.
- Botas contra riesgo eléctrico.
- Arnés de seguridad.
- Cinturón de electricista.

3.1.4 Herramientas y accesorios

- Trepadoras para postes de hormigón armado.
- Herramientas manuales aisladas.
- Equipos de señalización y delimitación del lugar de trabajo.
- Escalera aislante.

3.1.5 Operaciones previas al trabajo

- Identificar la instalación donde se va a realizar el trabajo.
- Comprobar que las condiciones atmosféricas permitan el trabajo.
- Colocar la señalización vial si fuera el caso.
- Inspeccionar la instalación donde se va a trabajar,
- Delimitar y señalar el lugar de trabajo.
- Verificar el estado de los equipos de protección personal, equipos de protección colectiva y herramientas que se va a utilizar.
- Desprenderse de los objetos metálicos personales.
- Utilizar los equipos de protección individual y colectivos, necesarios en cada fase del trabajo.

3.1.6 Procedimientos en ejecución

A continuación, se describen los procedimientos para el montaje de un pararrayo polimérico de 10 kV ubicado en un transformador monofásico tipo poste.

- Colocado y fijado el transformador, subir al poste con la ayuda de las trepadoras o una escalera aislada, así lo muestra la Figura 3.1.



Fig. 3.1 Subida al poste con trepadoras para colocar el pararrayo.
Fuente: Autor.

- La Figura 3.2 muestra el soporte donde va montado el pararrayo.

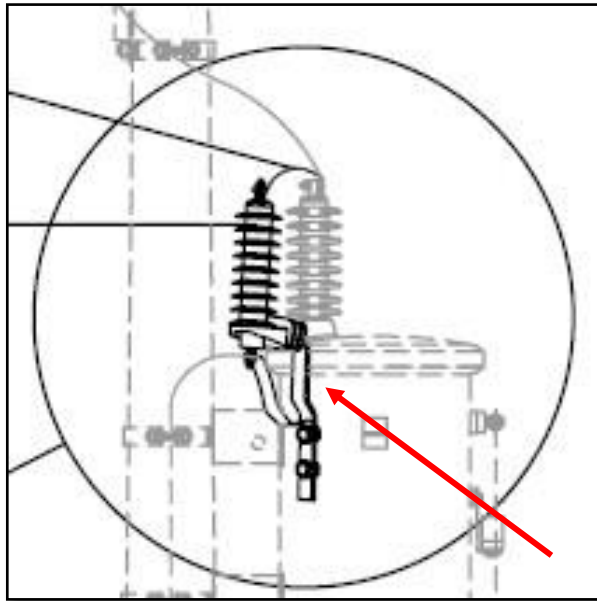


Fig. 3.2 Soporte para montar el pararrayo.
Fuente: Autor.

- Con la ayuda de una sogá (cabo) el trabajador que está realizando el montaje sube el pararrayo hasta el lugar adecuado para proceder a instalar en el transformador.
- Para la fijación del pararrayo se utiliza un perno de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión 5/8 x 1 1/2", con la ayuda de la llave 7/8 (22 mm) se ajusta la tuerca hasta que el pararrayo quede seguro, en la Figura 3.3 se puede observar el procedimiento.



Fig. 3.3 Ajuste de la tuerca para el montaje del pararrayo.
Fuente: Autor.

- Para la conexión del pararrayo, la parte superior se conecta al bushing de alta del transformador con un conductor de cobre 4 AWG desnudo o cable de aluminio desnudo ACSR, 2 AWG; y, la parte inferior se conecta a tierra, como muestra la Figura 3.4.



Fig. 3.4 Conexión del pararrayo.
Fuente: Autor.

La Tabla 3.1 muestra los tiempos empleados para desarrollar el procedimiento de montaje del pararrayo, el cumplimiento de las instrucciones citadas da como resultado un ensamble óptimo y mejora el tiempo del montaje.

TABLA 3.1 Tiempos empleados para el montaje del pararrayo.
Fuente: Autor.

Ítem	Actividad	Tiempo (minutos)
1	Informar y solicitar autorización al docente a cargo	3
2	Revisión de los equipos de protección personal y herramientas a utilizar	5
3	Traslado de los materiales desde la bodega hasta el patio de pruebas	5
4	Ascenso al poste utilizando trepadoras, cinturón de electricista y EPP	2
5	Subida del pararrayo con la ayuda del cabo de servicio y montaje	10
6	Descenso del poste	2
TOTAL		27

3.2 Manual de procedimientos para el montaje del seccionador portafusible unipolar

En este apartado se puntualizan los procedimientos que se deben seguir para realizar el montaje de un seccionador portafusible unipolar, abierto, 100 A, 15 kV, BIL 110 kV.

3.2.1 Identificación de riesgos

- Contacto eléctrico.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Cortes y golpes.

3.2.2 Personal necesario

Dos trabajadores con certificado en trabajos en altura y con licencia en riesgos eléctricos.

3.2.3 Protecciones individuales

- Casco de polietileno de protección.
- Gafas inactínicas.
- Ropa de trabajo ignífuga.
- Guantes de protección eléctrica.
- Botas contra riesgo eléctrico.
- Arnés de seguridad.
- Cinturón de electricista.

3.2.4 Herramientas y accesorios

- Trepadoras para postes de hormigón armado.
- Herramientas manuales aisladas.
- Equipos de señalización y delimitación del lugar de trabajo.
- Escalera aislante.

3.2.5 Operaciones previas al trabajo

- Identificar la instalación donde se va a realizar el trabajo.
- Comprobar que las condiciones atmosféricas permitan el trabajo.
- Colocar la señalización vial si fuera el caso.
- Inspeccionar la instalación donde se va a trabajar,
- Delimitar y señalar el lugar de trabajo.
- Verificar el estado de los equipos de protección personal, equipos de protección colectiva y herramientas que se va a utilizar.

- Desprenderse de los objetos metálicos personales.
- Utilizar los equipos de protección individual y colectivos, necesarios en cada fase del trabajo.

3.1.6 Procedimientos para el montaje

Se representan los procedimientos para el montaje de un seccionador portafusible unipolar, abierto, 100 A, 15 kV, BIL 110 kV ubicado en una cruceta de acero galvanizado perfil L de 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 27 9/16”.

- Ya instalada la estructura en donde se va a proceder a colocar el seccionador portafusible, el trabajador encargado de realizar el montaje debe subir al poste con la ayuda de las trepadoras o escalera asilada, como lo muestra la Figura 3.5.



Fig. 3.5 Subida al poste con trepadoras para montar el seccionador.
Fuente: Autor.

- El trabajador que realiza el montaje sube el seccionador con la ayuda del cabo de servicio, el seccionador debe ser subido sin el portafusible y va instalado en la cruceta perfil L de acero galvanizado a un costado del aislador ANSI 55-5 como lo muestra la Figura 3.6; se lo puede colocar en la parte derecha o izquierda según lo requiera el caso.

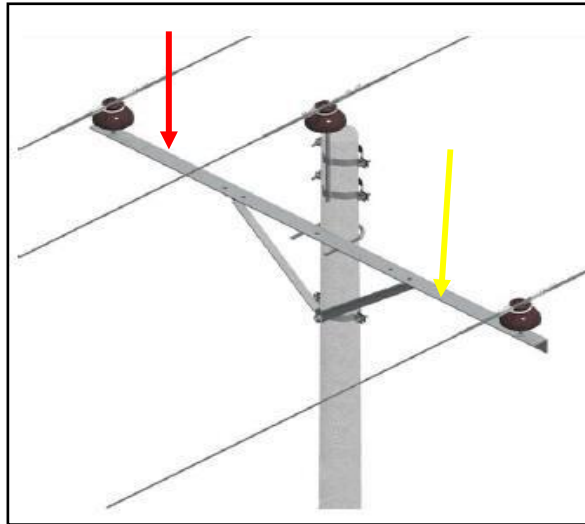


Fig. 3.6 Lugar en donde va instalado el seccionador.
Fuente: Autor.

- Una vez decidido el lugar donde va montado el seccionador se procede a instalarlo con un perno de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión 5/8 x 1 1/2", la tuerca se aprieta con una llave de 22 mm (7/8"), como lo indica la Figura 3.7.



Fig. 3.7 Ajuste de la tuerca para el montaje del seccionador.
Fuente: Autor.

- En la Figura 3.8 se observa la conexión del seccionador, en ella muestra que la parte superior se conecta a la línea de alta de la red, y la parte inferior (carga) se conecta al bushing de alta del transformador, esta conexión se la realiza con un conductor de cobre desnudo solido duro número 4 AWG, o su sustituto un cable de aluminio desnudo ACSR, 2 AWG de 7(6/1) hilos.



Fig. 3.8 Conexión del seccionador.
Fuente: Autor.

La Tabla 3.2 muestra los tiempos empleados para desarrollar el procedimiento de montaje del seccionador, el cumplimiento de las instrucciones citadas da como resultado un ensamble óptimo y mejora el tiempo del montaje.

TABLA 3.2 Tiempos empleados para el montaje del seccionador.
Fuente: Autor.

Ítem	Actividad	Tiempo (minutos)
1	Informar y solicitar autorización al docente a cargo	3
2	Revisión de los equipos de protección personal y herramientas a utilizar	5
3	Traslado de los materiales desde la bodega hasta el patio de pruebas	5
4	Ascenso al poste utilizando trepadoras, cinturón de electricista y EPP	2

5	Subida del seccionador con la ayuda del cabo de servicio y montaje	10
6	Descenso del poste	2
TOTAL		27

3.3 Manual de procedimientos para el montaje del portafusible

A continuación, se puntualizan los procedimientos que se deben realizar para montar un portafusible en un seccionador.

3.3.1 Identificación de riesgos

- Contacto eléctrico.
- Arco eléctrico.
- Caídas de objetos.
- Cortes y golpes.

3.3.2 Personal necesario

Dos trabajadores con certificado en trabajos en altura y con licencia en riesgos eléctricos.

3.3.3 Protecciones individuales

- Casco de polietileno de protección.
- Gafas inactivas.
- Ropa de trabajo ignífuga.
- Guantes de protección eléctrica.
- Botas contra riesgo eléctrico.
- Arnés
- Cinturón de electricista.

3.3.4 Herramientas y accesorios

- Trepadoras para postes de hormigón armado.
- Herramientas manuales aisladas.
- Equipos de señalización y delimitación del lugar de trabajo.
- Escalera aislante.
- Pértiga telescópica.

3.3.5 Operaciones previas al trabajo

- Identificar la instalación donde se va a realizar el trabajo.
- Comprobar que las condiciones atmosféricas permitan el trabajo.
- Colocar la señalización vial si fuera el caso.
- Inspeccionar la instalación donde se va a trabajar,
- Delimitar y señalar el lugar de trabajo.
- Verificar el estado de los equipos de protección personal, equipos de protección colectiva y herramientas que se va a utilizar.
- Desprenderse de los objetos metálicos personales.
- Utilizar los equipos de protección individual y colectivos, necesarios en cada fase del trabajo.

3.3.6 Procedimientos en ejecución

Se presentan los procedimientos para el montaje de un portafusible desde el suelo.

- El operario debe colocar el portafusible en el gancho de la pértiga para posteriormente desplazar y colocar en el seccionador como lo muestra la Figura 3.9, el trabajador tiene dos opciones, colocarlo por el enganche lateral, o por el enganche del centro.



Fig. 3.9 Enganche del portafusible con la pértiga.
Fuente: Autor.

- La pértiga cuenta con unos pines que van saliendo progresivamente mientras se desplaza hasta llegar al seccionador.
- Una vez que se llega a la altura deseada se procede a montar el portafusible en la parte inferior del seccionador, como lo muestra la Figura 3.10, ya colocado el portafusible este debe quedar con un ligero oscilamiento que demuestra que está fijo.



Fig. 3.10 Montaje en la parte inferior.
Fuente: Autor.

- Finalmente se realiza la maniobra de cierre, la pértiga se engancha en el ojo de maniobra del portafusible y se eleva la pértiga de manera perpendicular hasta la parte de los ganchos de sujeción del seccionador, se escucha un golpe muy seco lo cual significa que la maniobra se hizo correctamente, en la Figura 3.11 se observa dicho procedimiento. Recuerde que el operario debe estar parado firmemente para evitar que se mueva el portafusible.



Fig. 3.11 Maniobra de cierre del portafusible.
Fuente: Autor.

La Tabla 3.3 muestra los tiempos empleados para desarrollar el procedimiento de montaje del portafusible, el cumplimiento de las instrucciones citadas da como resultado un ensamble óptimo y mejora el tiempo del montaje.

TABLA 3.3 Tiempos empleados para el montaje del portafusible.
Fuente: Autor.

Ítem	Actividad	Tiempo (minutos)
1	Informar y solicitar autorización al docente a cargo	3
2	Revisión de los equipos de protección personal y herramientas a utilizar	5
3	Traslado de los materiales desde la bodega hasta el patio de pruebas	5
4	Montaje del fusible en el portafusible	3
5	Montaje del portafusible con la ayuda de la pértiga	5
TOTAL		21

3.4 Manual de procedimientos para el montaje de la varilla de puesta a tierra del transformador

En este manual se especifican los procedimientos que se deben realizar para instalar la varilla de puesta a tierra para un transformador monofásico tipo poste de 10 kVA.

3.3.1 Identificación de riesgos

- Contacto eléctrico.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Cortes y golpes.

3.3.2 Personal necesario

Dos trabajadores con certificado en trabajos en altura y con licencia en riesgos eléctricos.

3.3.3 Protecciones individuales

- Casco de polietileno de protección.
- Gafas inactínicas.
- Ropa de trabajo ignífuga.
- Guantes de protección eléctrica.
- Botas contra riesgo eléctrico.
- Arnés
- Cinturón de electricista.

3.3.4 Herramientas y accesorios

- Trepadoras para postes de hormigón armado.
- Herramientas manuales aisladas.
- Equipos de señalización y delimitación del lugar de trabajo.
- Escalera aislante.
- Combo industrial o martillo.
- Megóhmetro.

3.3.5 Operaciones previas al trabajo

- Identificar la instalación donde se va a realizar el trabajo.
- Comprobar que las condiciones atmosféricas permitan el trabajo.
- Colocar la señalización vial si fuera el caso.
- Inspeccionar la instalación donde se va a trabajar,
- Delimitar y señalar el lugar de trabajo.

- Verificar el estado de los equipos de protección personal, equipos de protección colectiva y herramientas que se va a utilizar.
- Desprenderse de los objetos metálicos personales.
- Utilizar los equipos de protección individual y colectivos, necesarios en cada fase del trabajo.

3.3.6 Procedimientos en ejecución

Se muestran los procedimientos para la instalación de la varilla de puesta a tierra del transformador.

- El primer paso que se debe realizar es la medición de la resistividad del suelo con la ayuda de un Megóhmetro, en la Figura 3.12 se puede observar el instrumento que se hace mención. Cuenta con sus cuatro varillas y conectores.



Fig. 3.12 Megóhmetro 7 DY300B.
Fuente: Autor.

- Se realizan varias mediciones con separaciones distintas entre sí, la Figura 3.13 muestra la instalación de las varillas que tienen una separación de 2 m y una profundidad de 21 cm.

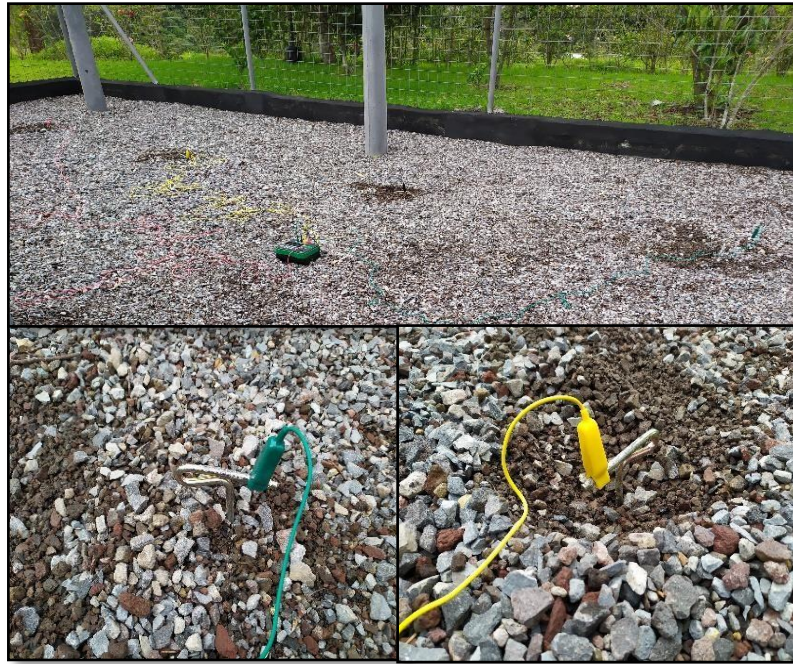


Fig. 3.13 Conexión de los conectores con las varillas.
Fuente: Autor.

- Una vez que se tienen todos los conectores enganchados a las varillas se procede a conectar en el Megóhmetro cada uno de los conectores respectivamente con sus colores como lo indica la Figura 3.14.

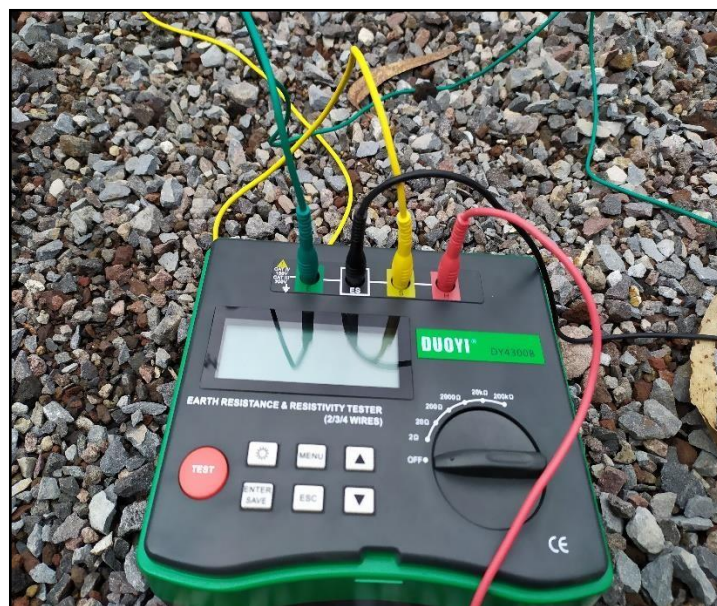


Fig. 3.14 Conexión del Megóhmetro.
Fuente: Autor.

- El encendido del equipo de medición se realiza moviendo la perilla y se le coloca a una calibración adecuada, luego se presiona el botón de “TEST” que es el encargado

de realizar la medición de resistividad del terreno, en la Figura 3.15 se observa el procedimiento mencionado.

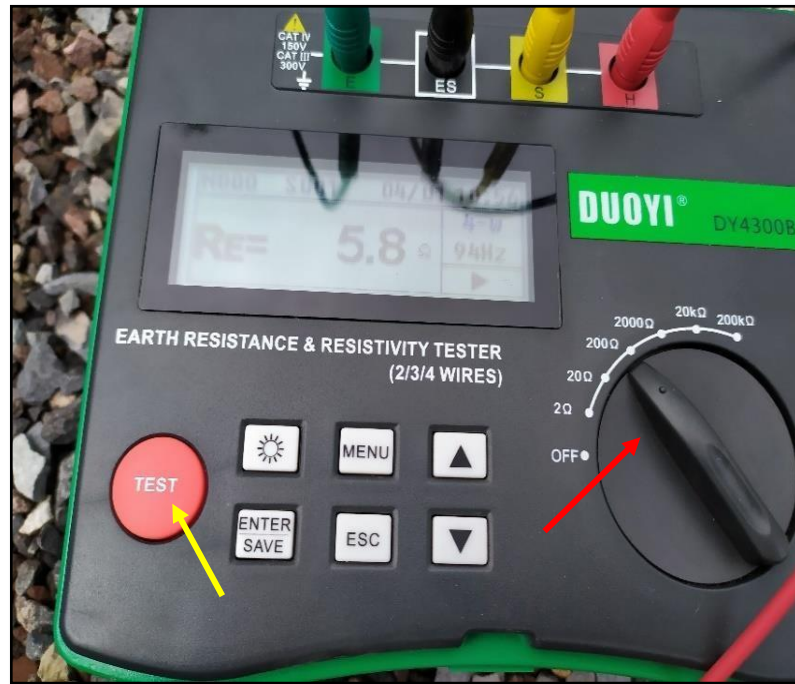
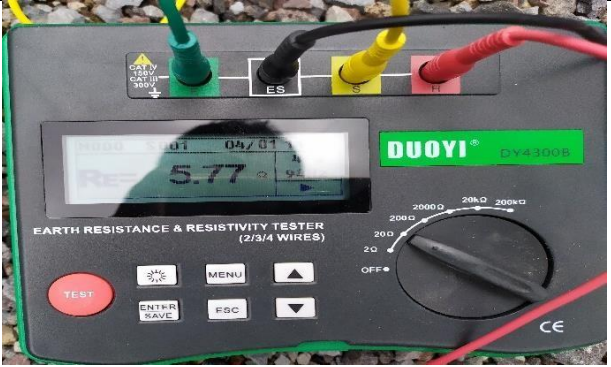
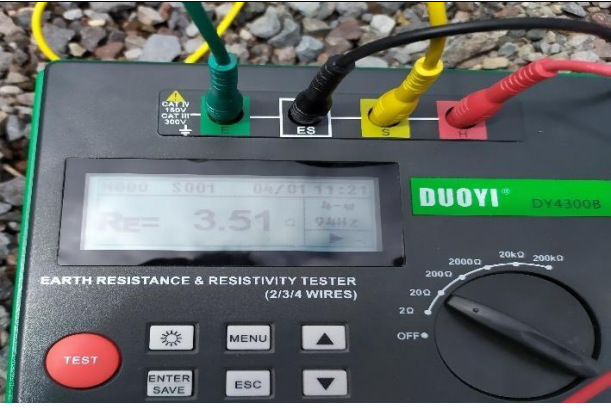
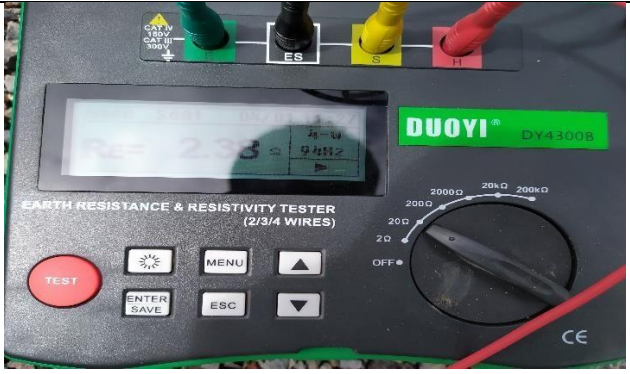


Fig. 3.15 Encendido del equipo de medición.
Fuente: Autor.

- La Tabla 3.4 muestra las diferentes mediciones que se realizó con separaciones distintas de las varillas entre sí. Se puede observar que mientras más grande sea la separación entre las varillas el valor de la resistencia es menor.

TABLA 3.4 Mediciones realizadas con diferentes separaciones.
Fuente: Autor.

a (m)	Resistencia (Ω)	Gráfico
1	6.68	

1.5	5.77	
2	3.51	
2.5	2.38	

- Luego de realizar la medición del suelo se procede a instalar el cableado que inicia en la parte inferior del pararrayo que se encuentra instalado a un lado del transformador, con la ayuda de una llave de 22 mm se ajusta la tuerca hasta que quede el conductor fijo; en la Figura 3.16 se puede observar dicha conexión que se realiza con un conductor de cobre desnudo solido duro número 2 AWG.

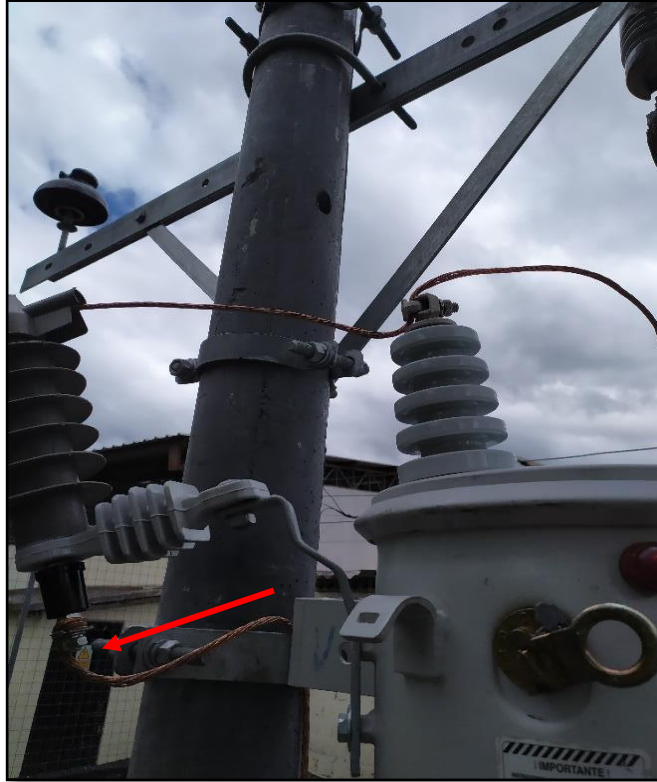


Fig. 3.16 Conexión del pararrayo para la puesta a tierra.
Fuente: Autor.

- La Figura 3.17 indica el recorrido del conductor de cobre, el cual es por dentro de las abrazaderas que sostiene al transformador.



Fig. 3.17 Recorrido de conductor para la puesta a tierra.
Fuente: Autor.

- El conductor de cobre sigue bajando y se conecta con la carcasa del transformador, luego sigue su ruta por el poste, la Figura 3.18 muestra de manera gráfica el procedimiento que se puntualiza.



Fig. 3.18 Conexión de la puesta a tierra con la carcasa del transformador.
Fuente: Autor.

- Con la ayuda de un combo industrial hasta se entierra la varilla de puesta a tierra en su totalidad, para este procedimiento se requiere varios golpes en la varilla como lo indica la Figura 3.19.



Fig. 3.19 Enterrado de la varilla de puesta a tierra.
Fuente: Autor.

- Una vez ya enterrada la varilla se procede a unir la varilla con el conductor de cobre con la ayuda de un conector de bronce, como lo muestra la Figura 3.20.



Fig. 3.20 Conexión del conductor y varilla de puesta a tierra.
Fuente: Autor.

La Tabla 3.5 muestra los tiempos empleados para desarrollar el procedimiento de montaje de la varilla del puesta a tierra, el cumplimiento de las instrucciones citadas da como resultado un ensamble óptimo y mejora el tiempo del montaje.

TABLA 3.5 Tiempos empleados para el montaje de la varilla de puesta a tierra.
Fuente: Autor.

Ítem	Actividad	Tiempo (minutos)
1	Informar y solicitar autorización al docente a cargo	3
2	Revisión de los equipos de protección personal y herramientas a utilizar	5
3	Traslado de los materiales desde la bodega hasta el patio de pruebas	5
4	Medición de la resistividad del suelo	15
5	Enterrado de la varilla de puesta a tierra y conexión del conductor de cobre	6
TOTAL		34

CONCLUSIONES

Las normativas que rigen para la selección de equipos de protección contra descargas eléctricas son elaboradas por varias organizaciones encargadas en protecciones en redes de distribución, la cual sugieren la adecuada selección, ubicación y aplicación de los elementos que protegen a las redes eléctricas. Ecuador recopila todas estas normas internacionales y las pone en práctica en los distintos procedimientos que lo requieran, y, que en este trabajo de grado se han dado a conocer.

Durante la realización del trabajo se tuvo la oportunidad de conocer a profundidad todos los elementos relacionados con temas concernientes a construcciones e implementaciones de patios de maniobras y después de varios días de trabajo se logró implementar el emulador de patio de pruebas con un sistema de protección contra descargas atmosféricas en una red de distribución para la Carrera de Electricidad, la cual contó con un pararrayo instalado en un transformador monofásico tipo poste, un seccionador portafusible que se colocó en una cruceta de acero galvanizado y la varilla de puesta a tierra del transformador.

Se logró realizar un manual de procedimientos para el montaje de un sistema de protección contra descargas atmosféricas en una red de distribución, el cumplimiento de los procedimientos puntualizados en el manual logra mejorar la calidad y tiempos en la realización del montaje, ya que en el manual indica paso a paso las instrucciones que el trabajador debe cumplir y los requisitos que se deben tomar en cuenta para minimizar y evitar accidentes mediante el cumplimiento de las normas de seguridad.

RECOMENDACIONES

En el diseño del emulador del patio de pruebas se puede sugerir que tenga un área más extensa de la que tiene actualmente (7.1 x 10.5 metros), ya que con una expansión del terreno facilitarían realizar las maniobras de montaje de las diversas estructuras que conforma el patio de pruebas. Se sugiere que los postes de hormigón armado que se ponga sean de una altura mayor de la que se colocó en este trabajo (3.5 metros) para que el operario realice una práctica de uso de las trepadoras.

Para futuros trabajos de grado se recomienda que el emulador de patio de pruebas tenga una extensión de red ya que es necesario contar con esas líneas para que se observe y practique dichos montajes, además colocar otro sistema de protección a la red, puede ser relés para redes de distribución; cabe señalar que para ello se necesita energizar la red.

Es necesario mencionar que si el patio cuenta con líneas energizadas es indispensable contar con manuales de procedimientos, guías de prácticas, y un programa de prevención de riesgos para prevenir cualquier eventualidad a futuro.

REFERENCIAS

Louie, H. (2018). Off-Grid Electrical Systems in Developing Countries.

Ramírez Castaño, S. (2015). Protección de sistemas eléctricos. Universidad Nacional de Colombia.

Rojas Díaz, N. (2017). ejercicios para analizar el desempeño de la coordinación de protecciones en un sistema de distribución usando el software Neplan. Universidad del Valle.

Mora García, R. T. Sanz Menchacatorre, P. I. y Carrión Jackson, E. Á. (2016). Sistemas de protección individual contra caídas: legislación, definición y equipos. Alicante, Publicacions Universitat Alacant. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/117229?page=19>.

Arturo, S. (2015). El Sistema Eléctrico. Ciclo Técnico en instalaciones eléctricas y automáticas, 24.

Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones. (12 de 05 de 2011). Smart Grids y la Evolución de la Red Eléctrica.

G Parise, L.P. (2015). Safety producers for electrical work in installations susceptible to unexpected source of energy. IEEE Electrical Safety Workshop, 1-5.

Mujal, M. (2015). Cálculo de líneas de redes eléctricas. Universidad Politécnica de Catalunya.

Somarriba Maradiaga, S. J. (2019). Retranqueo y adecuación de líneas aéreas de media y baja tensión Nejapa - Diriamba. Universidad Nacional de Ingeniería. Recinto Universitario Simón Bolívar.

Compañía Energética de Occidente (CEO). (2019). construcción de redes eléctricas de media y baja tensión, montaje de subestaciones de distribución e instalación de medida en veredas del municipio de Jambaló en el departamento del Cauca. Anexo E. Alcance de los servicios y especificaciones técnicas. Colombia, Popayan.

Pacífico, D. E. (2015). Manual de mantenimiento para redes de alta, media y baja tensión. Empresa Distribuidora.

El Ministerio de Trabajo y Derechos Humanos. (2019). Reglamento de Seguridad del Trabajador Contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica.

Juárez, J. (2016). Sistemas de distribución de energía eléctrica. Universidad Autónoma Metropolitana. México: Sans Serif.

Agencia de Control y Regulación de la Electricidad (ARCONEL) (2017). Regulación ARCONEL 005/17.

Goikoetxea, A. (2011). Integration of distributed generation using energy storage systems, Arrasate: Mondragon.

Normas Para Sistemas de Distribución Parte A. (28 de febrero de 2014). El MEER. Recuperado el lunes de enero de 2017, de Guia Para Diseño de REdes Para Distribucion: <http://ftp.eeq.com.ec/upload/informacionPublica/2014/NORMAS%20PARA%20SISTEMAS%20DE%20DISTRIBUCION%20PARTE%20A.pdf>

Ramírez, S. (2004). Redes de Distribución de Energía. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

Navas, W. (2017). Redes de distribución. República Bolivariana de Venezuela Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño" extensión Maracay.

Silva, L. (2006). Redes Eléctricas. Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del Sistema de Distribución Eléctrica.

Mora, J. Pérez, L. & Pérez, S. (2008). Evaluación comparativa de redes KBANN y sistemas ANFIS para la localización de fallas en redes de distribución de energía eléctrica. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Lazo Cárdenas, J. F. & Pucha Guayllazaca, A. F. (2015). Estudio para el mejoramiento de los índices FMIK y TTIK Aplicando Pararrayos en Redes de Distribución. Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Eléctrica. Cuenca

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Unidades de Propiedad, Sección 3 Especificaciones Técnicas de Materiales y Equipos del Sistema de Distribución. Pararrayos.

Rodríguez, A. (2010). Cables de guarda en alta tensión y rayos.

Universidad Tecnológica Nacional. Protecciones contra sobretensiones por descargas atmosféricas. Cátedra: Transmisión y Distribución de la Energía.

Valverde, A. (2010). Determinación de la localización y la selección óptima de pararrayos para un sistema de distribución eléctrica de media tensión. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica. Universidad Rodrigo Facio.

Sinchi, F. (2017). Diseño y determinación de sistemas de puesta a tierra mediante pruebas de campo con elementos comunes en la región, incluyendo gem y electrodo químico. Universidad Politécnica Salesiana, Tesis Ingeniería Eléctrica. Ecuador.

Guzmán, R. Gómez, J. & Peña, Y. (2012). Diseño del sistema de puesta a tierra de la Universidad de la Costa aplicando las reglamentaciones vigentes. Universidad de la Costa, Tesis de Grado. Colombia.

Ramírez, E. (2003). Sistemas de puesta a tierra para edificios inteligentes. Instituto Politécnico Nacional.

Blancas, N. (2010). Minimización del efecto de acoplamiento. Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Perú.

Ospina, F. (2006). Tierras, Soporte de la seguridad Eléctrica, Tercera ed. Bogotá: ICINTEC.

Yebra, J. (2009). Sistemas eléctricos de distribución. Barcelona: Reverte.

Fundación Universidad Nacional de San Juan. (2001). Protección de sistemas eléctricos de potencia y automatismos. Cursos de posgrado. Quito: Corporación CENACE.

Universidad Tecnológica Nacional, UTN FRLP. Módulo II - 4 Seccionadores y cuchillas de tierra.

IEEE, Surge Protective Devices Committee, Standards C62.22-1997, "Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current Systems", USA, December 1997.

IEEE, Transmission and Distribution Committee, Standards 1410 – 2010, "Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines", NY 10016-5997, USA, New York, 2011.

Caldas, E. (2009). Formación y orientación laboral. Madrid. Editex.

Diaz, M. (2017). Prevención de riesgos en trabajos con corriente eléctrica.

Chauvin Arnoux. (s.f.). Guía de la medición de tierra. Barcelona: CHAUVIN ARNOUX.

IEEE-80. (2013). Guide for safety in AC Substation Grounding. New York: IEEE

IEEE-81. (2012). Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System. New York: IEEE.

Anexo A: Diseño del emulador de patio de pruebas

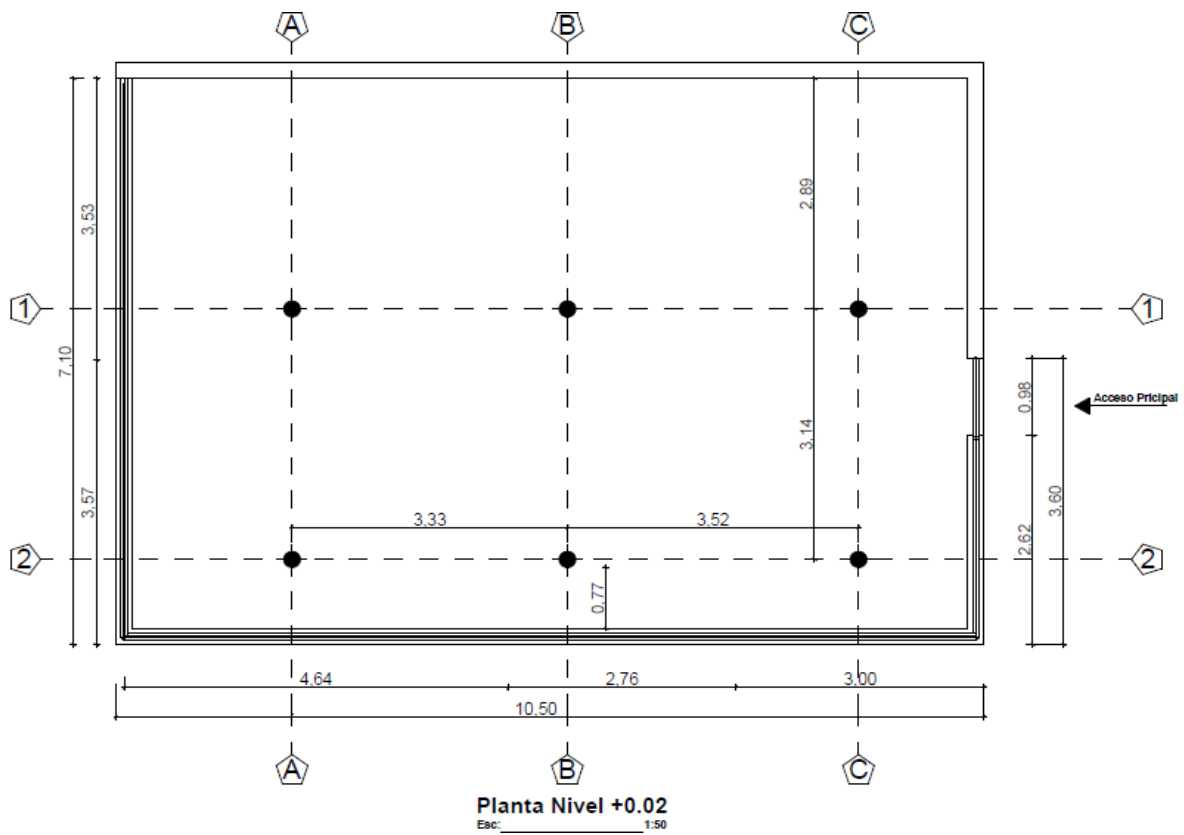


Fig. A.1 Plano del patio de pruebas en 2D.
Fuente: Autor.



Fig. A.2 Plano en 3D del patio de pruebas (vista lateral).
Fuente: Autor.



Fig. A.3 Plano en 3D del patio de pruebas (vista acceso principal).
Fuente: Autor.

Anexo B: Implementación del emulador de patio de pruebas



Fig. B.1 Corte de postes de hormigón armado.
Fuente: Autor.



Fig. B.2 Llevado de los postes de hormigón armado con la retroexcavadora.
Fuente: Autor.



Fig. B.3 Colocado de los postes de hormigón armado con la retroexcavadora.
Fuente: Autor.



Fig. B.4 Cimiento para el cerramiento del patio de pruebas.
Fuente: Autor.

Anexo C: Referencias para el montaje de protecciones

		 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable		<small>Av. Eloy Alfaro No. 29-60 y 9 de Octubre Edificio Correos del Ecuador 2do piso PEX: 593-2-3976000 FAX: 593-2-3-976000 ext. 1200 RUC: 176915690001 www.mesr.gov.ec Quito - Ecuador</small>	
REVISIÓN: 04 FECHA: 2013-01-04		SECCIÓN 2: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONTRUCCIÓN (UC)			
HOJA 1 DE 2		HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)			
IDENTIFICADOR UP-UC SPT-1P(1)		SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRDy / 7,96 kV - 13,2 kV GRDy / 7,62 kV			
IDENTIFICADOR UC 1P(1)		PARA UNA FASE- CON DESCARGADOR O PARARRAYOS - NOTA 1			
LISTA DE MATERIALES					
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	NOTAS	CANTIDAD	
1	c/u	Pararrayos clase distribución polimérico, óxido metálico, 10 kV, con desconectador		1	
2*	m	Conductor de Cu, desnudo, sólido duro, 4 AWG		3	
SUSTITUTIVOS					
2*	m	Cable de Al, desnudo, cableado, ACSR, 2 AWG, 7 (6/1)hilos		3	
NOTA: Tanto en la identificación como en la descripción de la unidad de construcción, la numeración entre paréntesis corresponde a la respectiva nota. 1.- El quinto campo está conformado por: voltaje máximo de servicio continuo (10 = 10 kV) y nivel básico de aislamiento BIL (95 = 95 kV, 125 = 125 kV, 150 = 150 kV), para protección de equipo (transformador, reconector, etc) = E. El voltaje y el BIL van separados por un guión bajo.					

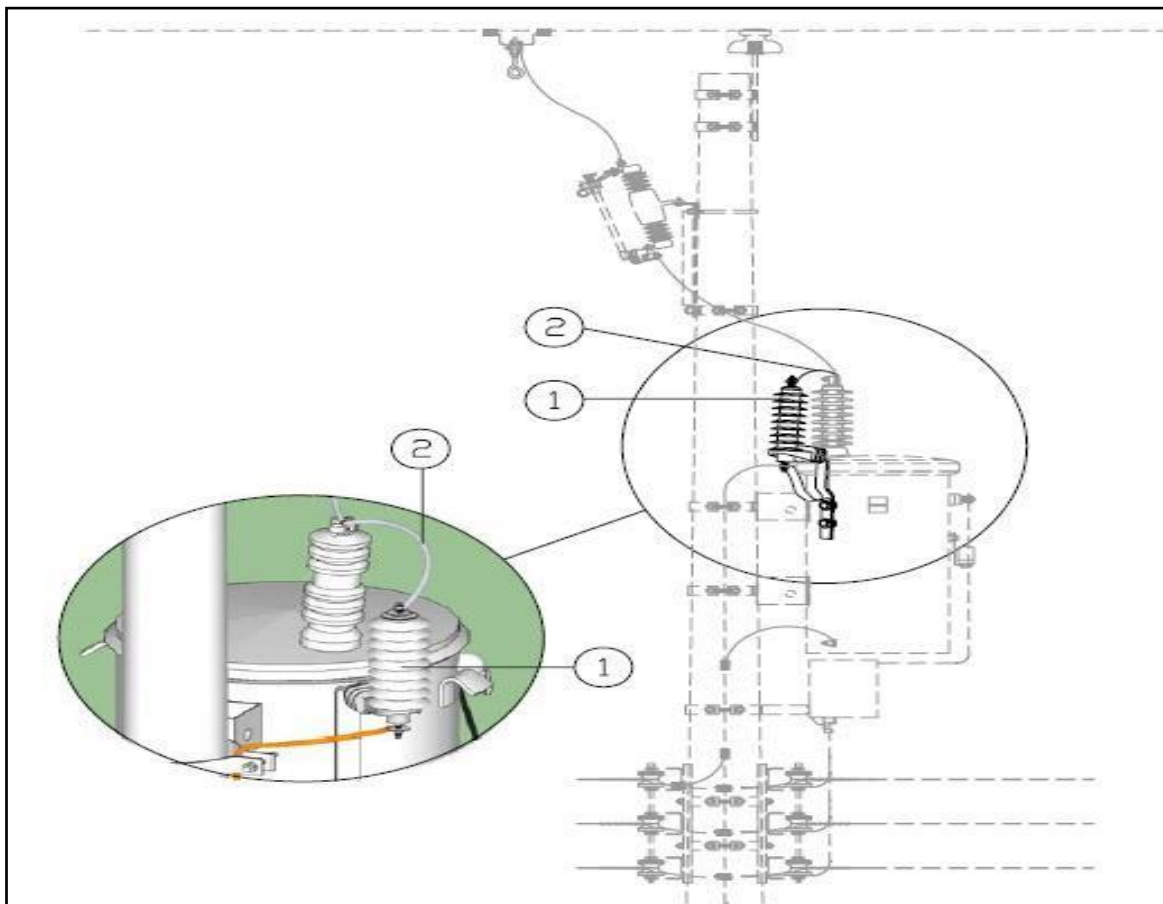


Fig. C.1 Referencias para el montaje del pararrayo.
Fuente: Unidades de Propiedad.



REVISIÓN: 04	SECCIÓN 2: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONTRUCCIÓN (UC)			
FECHA: 2013-01-04	HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)			
HOJA 1 DE 2	SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRDy / 7,96 kV - 13,2 kV GRDy / 7,62 kV			
IDENTIFICADOR UP-UC SPT-1S(1)	PARA UNA FASE- CON SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR TIPO ABIERTO - (NOTA 1)			
IDENTIFICADOR UC 1S(1)				
LISTA DE MATERIALES				
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	NOTAS	CANTIDAD
1	c/u	Estribo de aleación de Cu - Sn, para derivación		1
2	c/u	Grapa de aleación de Al, derivación para línea en caliente		1
3	c/u	Seccionador portafusible, 1P, abierto, 15 kV		1
4*	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 1 200 mm (3 x 3 x 1/4 x 47")	NOTA 2	1
5	c/u	Perno "U" de acero galvanizado, 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 presión, de 16 x 152 mm (5/8" x 6"), ancho dentro de la "U"		1
6	c/u	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 27 9/16")		1
7	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 160 mm (1 1/2 x 5/32 x 6 1/2")		1
8*	m	Conductor de Cu, desnudo, sólido duro, 4 AWG		3
9	c/u	Perno máquina de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión, 16 x 38 mm (5/8 x 1 1/2")		1
SUSTITUTIVOS				
4	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 70 x 70 x 6 x 1 200 mm (2 3/4 x 2 3/4 x 1/4 x 47")	NOTA 2	1
4	c/u	Cruceta de plástico reforzado con fibra de vidrio, universal, perfil "L" 75 x 75 x 9 x 1 200 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 23/64 x 47")		1
8	m	Cable de Al, desnudo, cableado, ACSR, 2 AWG, 7 (6/1)hilos		3
8	m	Cable de Cu, cableado 15 kV, XLPE	NOTA 3	3

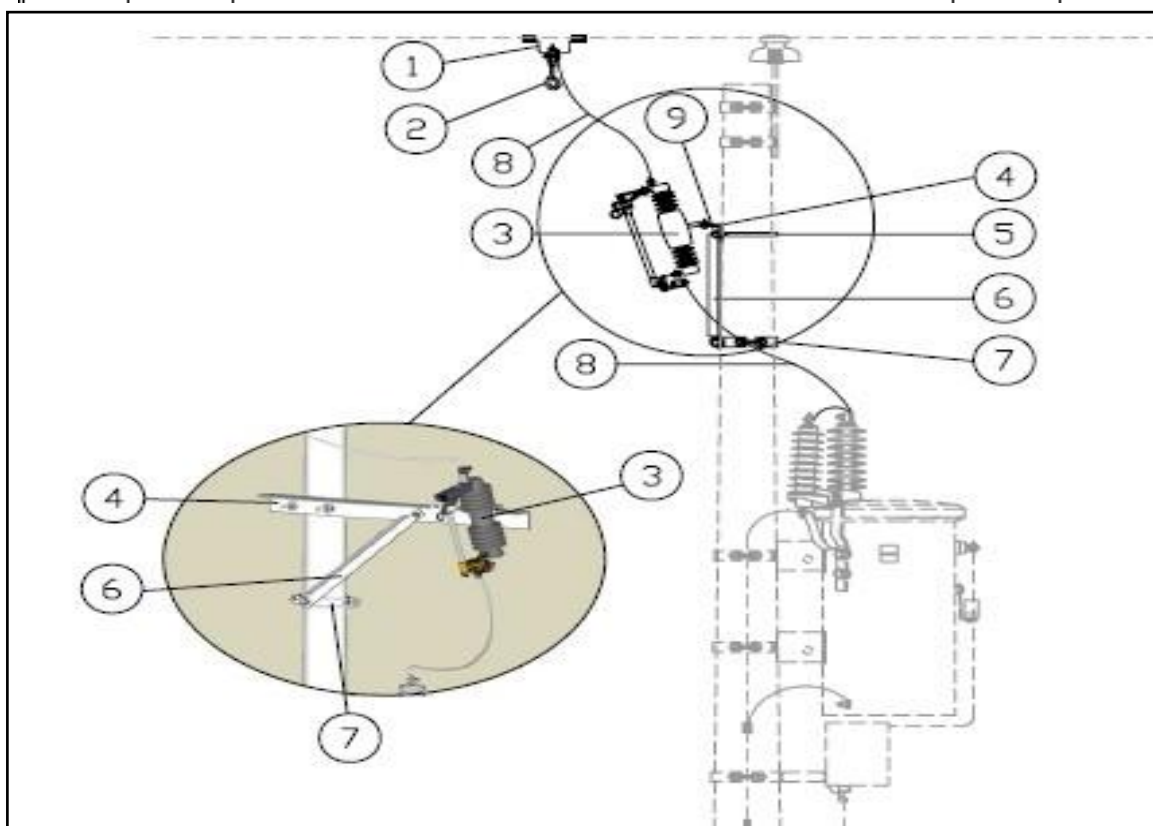


Fig. C.2 Referencias para el montaje del seccionador.
Fuente: Unidades de Propiedad.



Ministerio de Electricidad
y Energía Renovable

Av. Eloy Alfaro No. 29-50 y 9 de Octubre
Edificio Correos del Ecuador 2do piso
PEBX: 593-2-3976000
FAX: 593-2-3 976000 ext. 1235
RUC: 1768135980001
www.meer.gov.ec
Quito - Ecuador

REVISIÓN: 04	SECCIÓN 2: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONTRUCCIÓN (UC)			
FECHA: 2013-01-04	HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)			
HOJA 1 DE 2	SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRDy / 7,96 kV - 13,2 kV GRDy / 7,62 kV			
IDENTIFICADOR UP-UC SPT-1F(1)	PARA UNA FASE - SECCIONAMIENTO CON FUSIBLES - (NOTA 1)			
IDENTIFICADOR UC 1F(1)	LISTA DE MATERIALES			
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	NOTAS	CANTIDAD
1	c/u	Tirafusible, cabeza removible		1

NOTAS:

Tanto en la identificación como en la descripción de la unidad de construcción, la numeración entre paréntesis corresponde a la respectiva nota.

1.- El quinto campo está conformado por su tipo (ver literal 3.3.3 h de la sección 01).

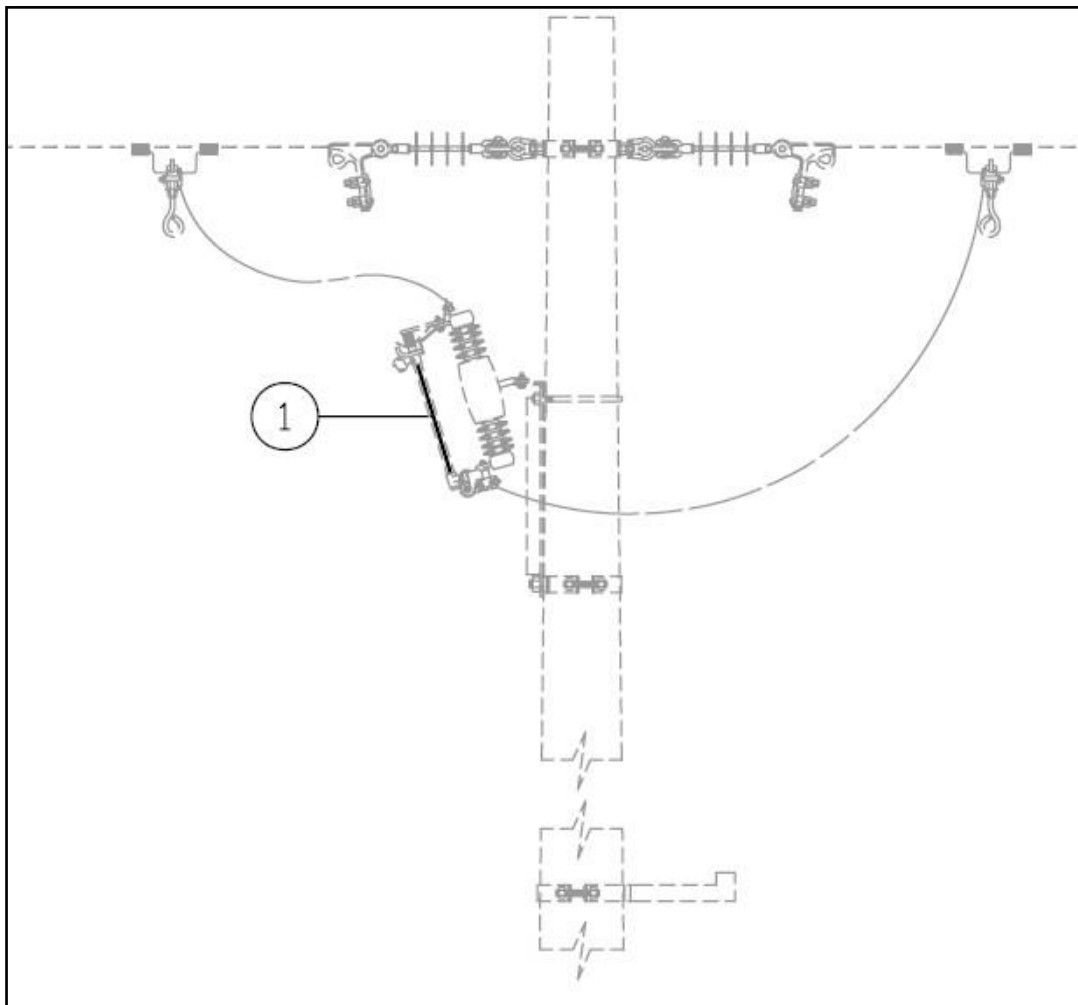




Fig. C.3 Referencias para el montaje del portafusible.
Fuente: Unidades de Propiedad.

		 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable		Av. Eloy Alfaro No. 29-60 y 9 de Octubre Edificio Correos del Ecuador 2do piso PBX: 593-2-3976000 FAX: 593-2-3 976000 ext. 1235 RUC: 1709135960001 www.meer.gov.ec Quito - Ecuador	
REVISIÓN: 04		HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)			
FECHA: 2013-01-04		COMISIÓN DE HOMOLOGACIÓN DE LAS UP			
HOJA 1 DE 2		PUESTA A TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN			
IDENTIFICADOR UP-UC PTD-ODC(2)_(1)		EN RED SECUNDARIA DESNUDA - CONDUCTOR DE COBRE - (NOTA 2) - (NOTA 1)			
IDENTIFICADOR UC ODC(2)_(1)					
LISTA DE MATERIALES					
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	NOTAS	CANTIDAD	
1	c/u	Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").	NOTA 1		
2	c/u	Suelda exotérmica	NOTA 1		
3*	c/u	Conector de aleación de Al, compresión tipo "H"		3	
4	m	Cable de Cu, desnudo, cableado suave	NOTA 3		
SUSTITUTIVO					
3	c/u	Conector de aleación de Cu - Al, ranuras paralelas, con separador, dos pernos laterales		3	
NOTAS					
Tanto en el identificador como en la descripción de la unidad de construcción, la numeración entre paréntesis corresponde a la respectiva nota.					
1.- El tercer parámetro del quinto campo está conformado por la cantidad de varillas (1 = 1 varilla, 2 = 2 varillas, 3 = 3 varillas, 4 = 4 varillas)					
2.- El segundo parámetro del quinto campo está conformado por el calibre del conductor (2 = 2 AWG, 1/0 = 1/0 AWG, 2/0 = 2/0 AWG, 4/0 = 4/0 AWG)					
3.- La cantidad de conductor está dada por $13+(n-1) \times 2$, donde (n) es el número de varillas					

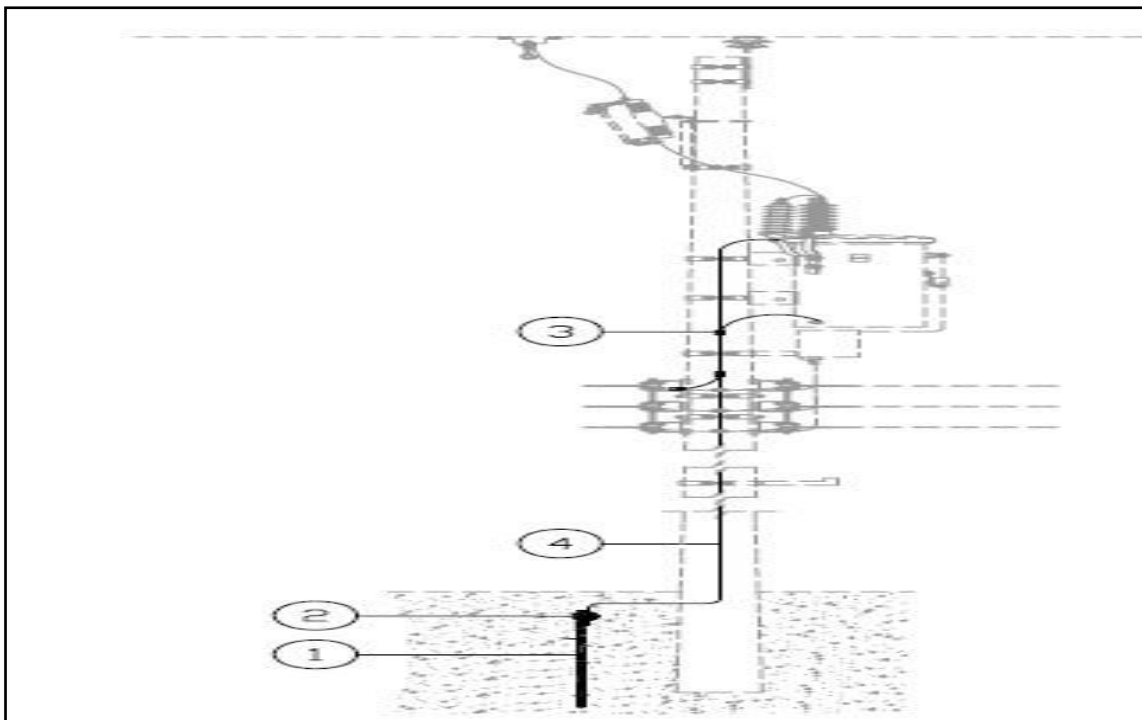


Fig. C.4 Referencias para el montaje de la varilla de puesta a tierra.
Fuente: Unidades de Propiedad.

Anexo D: Especificaciones técnicas de los equipos de maniobras





	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA							
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES								
INFORME TÉCNICO LAEV – JUN.17								
Quito, 10 de junio de 2013								
TRABAJO SOLICITADO POR:	SR. MANUEL PACHECO							
ORDEN DE TRABAJO N° 0000845								
Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en una muestra de arnés perteneciente al Sr. Manuel Pacheco. La muestra fue entregada en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.								
RESULTADOS								
1. MUESTRA: Un (1) arnés de electricista para ensayo de tracción.								
2. ENSAYO DE CARGA EN ARNÉS								
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">Carga máxima registrada</th></tr><tr><th>lbf</th><th>kgf</th></tr></thead><tbody><tr><td>5.275</td><td>2.397</td></tr></tbody></table>			Carga máxima registrada		lbf	kgf	5.275	2.397
Carga máxima registrada								
lbf	kgf							
5.275	2.397							
Observaciones:								
El montaje de la muestra a la máquina universal de ensayos se indica en la fotografía 1 del anexo.								
Luego del ensayo, se produjo la falla en la unión del gancho con la cuerda a la carga máxima registrada, como se muestra en la fotografía 2 del anexo.								
 Victor Hugo Guerrero, Ph.D. JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES								
								
LAEV-EPN Orden N°: 0000845	Página 1 de 2							

Fig. D.1 Características técnicas del cinturón de electricista.
Fuente: Escuela Politécnica Nacional.



Base soporte fabricada en plancha de acero laminada en frio ASTM A36 donde se apoya el pie del operario la misma que contiene además los hojales guías hechas con platina de 6 mm de espesor lo que garantiza estabilidad y es donde se desliza el brazo para la sujeción al poste, además esta provista de ranuras troqueladas donde se ubican la talonera y las correas.

Brazo tipo horquilla para sujeción a poste fabricada en eje de acero de transmisión de diámetro 3/4" con rosca tipo cuadrada en la parte recta lo que permite la regulación para los diferentes diámetros de poste que va entre 16 y 40 centímetros.

Correas y taloneras en fibra de algodón sujetas al soporte metálico con tornillos y remaches.

Apoyo fabricado en 3/8" en forma U en los cuales se sostiene en los topes de caucho hechos con neumáticos caucho lona.

Fig. D.2 Características técnicas de las trepadoras.
Fuente: Escuela Politécnica Nacional.