



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE**

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA

“ANÁLISIS CALCULO Y DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE PROTECCIONES CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS Y SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA EN EL LABORATORIO DE LA ULEAM EXTENSIÓN CHONE Y SU INCIDENCIA EN LA SEGURIDAD DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE MEDIA Y BAJA TENSION”.

AUTORES

CEDEÑO CORNEJO GILBERTO LUDOVICO
MUÑOZ CEDEÑO JOHNNY XAVIER

TUTOR

ING. JOSÉ LOOR MARCILLO

CHONE – MANABÍ – ECUADOR

2014



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Ing. José Loor Marcillo, Docente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí Campus Chone, en calidad de Tutor de Tesis,

CERTIFICA:

Que la presente TESIS DE GRADO titulada: *“Análisis calculo y diseño de un sistema integral de protecciones contra descargas atmosféricas y sistemas de puestas a tierra en el laboratorio de la ULEAM Extensión Chone y su incidencia en la seguridad de sistemas eléctricos de media y baja tensión”*. Ha sido exhaustivamente revisada en varias sesiones de trabajo, se encuentra lista para su presentación y apta para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en esta Tesis de Grado son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de sus autores: Cedeño Cornejo Gilberto Ludovico y Muñoz Cedeño Johnny Xavier, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Ing. José Loor Marcillo,

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de las opiniones, investigaciones, presentados en el desarrollo de la Tesis de Grado, es exclusividad de sus autores.

Cedeño Cornejo Gilberto Ludovico
AUTOR

Muñoz Cedeño Johnny Xavier
AUTOR



***UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA***

INGENIERO ELÉCTRICO

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “Análisis cálculo y diseño de un sistema integral de protecciones contra descargas atmosféricas y sistemas de puestas a tierra en el laboratorio de la ULEAM Extensión Chone y su incidencia en la seguridad de sistemas eléctricos de media y baja tensión”. Elaborado por los egresados de la Escuela de Ingeniería Eléctrica: Cedeño Cornejo Gilberto Ludovico y Muñoz Cedeño Johnny Xavier.

Dr. Víctor Jama Zambrano. Mgs

DECANO

Ing. José Loor Marcillo,

DIRECTOR DE TESIS

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Le dedicamos este trabajo a Dios, el que nos ha dado fortaleza para continuar en el proceso de investigación en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes y habernos puesto en el camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecemos hoy y siempre a nuestras familias por el esfuerzo realizado. Por el apoyo que brindan, la alegría y fortaleza necesaria para seguir adelante.

Un agradecimiento especial a los catedráticos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone y en especial al Ingeniero José Loor Marcillo, tutor de este proyecto, por la sabiduría transmitida en el desarrollo de nuestra formación profesional. La colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por esa gran amistad, por escucharnos y aconsejarnos siempre.

A todos ellos el desarrollo de este trabajo y llegar a la culminación del mismo.

Gilberto y Jhonny

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que han enseñado a valorarlo cada día más.

De igual forma, dedico esta tesis a mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mis demás familiares quienes han velado por mí durante este arduo camino para convertirme en una profesional.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Gilberto Ludovico

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación.

De igual forma, dedico esta tesis a mis padres por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil hasta convertirme en un profesional.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Jhonny Xavier

ÍNDICE GENERAL

Contenidos	Pág.
Página de título o portada.	I
Página de aprobación del tutor	II
Página de autoría de la tesis	III
Página de aprobación del tribunal de grado	IV
Página de dedicatoria	V
Página de agradecimiento	VI
Índice general de los contenidos	VII
1. Introducción.	1
2. Planteamiento del problema	2
2.1. Contextos	2
2.1.1. Contexto Macro	2
2.1.2. Contexto Meso	2
2.1.3. Contexto Micro	2
2.2. Formulación del problema	3
2.3. Delimitación del problema	3
2.4. Interrogantes de la investigación	4
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo General	7
4.2. Objetivo Específicos.	7
CAPITULO I	
5. MARCO TEÓRICO	8
5.1. Consideraciones generales	8
5.1.1. Sistemas integral de protecciones	8
5.1.2. Factibilidad	8
5.1.3. Seguridad	8
5.1.4. Descargas atmosféricas	9
5.1.5. Campos eléctricos	14

5.1.5.1.	Campo eléctrico en el núcleo de las nubes	15
5.1.5.2.	Formación y producción de la descarga	15
5.1.5.3.	Estructura eléctrica de la tormenta eléctrica	17
5.1.5.4.	Diferencia de potencial	17
5.1.5.5.	Longitud de la descarga atmosférica	18
5.1.5.6.	Efectos de la descarga atmosférica	18
5.1.5.7.	Térmicos térmicos.	18
5.1.5.8.	Efectos Dinámicos	20
5.1.5.9.	Efectos Químicos	20
5.1.6.	Pararrayos	20
5.1.7.	Tipos de pararrayos	22
5.1.7.1.	Componentes	24
5.1.8.	Partes de la puesta a tierra	27
5.1.9.	Electrodo o varilla	40
5.1.10.	Geometría y dimensiones	41
5.1.11.	Características eléctricas	42
5.1.12.	Normalidad de los sistemas de pararrayos	44
5.2.	Dispositivo de captación	44
5.2.1.	Principios generales	44
5.2.2.	Equipotencialidad de las masas	48
5.2.3.	Disposiciones complementarias	49
5.2.4.	Condiciones de proximidad	49
5.2.5.	Protección contra la corrosión	50
5.2.5.1.	Precauciones y medidas a adoptar	50
5.2.6.	Mantenimiento de los sistemas	51
5.2.7.	Construcción de la unidad de descarga	52
5.2.8.	Ubicación del electrodo	52
5.2.9.	Construcción del foso	53
5.2.10.	Instalación	54
5.2.11.	Instalación del acoplador	55
5.2.12.	Descripción del acoplador	55

5.2.13.	Conexiones en el acoplador y el registro	55
5.2.14.	Instalación del cableado	56
5.2.15.	Tipos de Cableado	56
5.2.16.	Tubería a utilizarse en el proyecto	57
5.2.17.	Pararrayos	57
5.2.18.	Montaje de punta pararrayos	57
5.2.19.	Polaridad del suelo y medición	58
5.2.20.	Método de Caída de Potencial	58
5.2.21.	Materiales utilizados	59
5.2.22.	Compuesto para mejoramiento de suelo	59
5.2.23.	Intensificador de tierra	60
5.2.24.	Preparación	60
5.2.25.	Conductores eléctricos	61
5.2.26.	Pararrayos a usarse	61
5.2.27.	Características	62
5.2.28.	Capacidad de Ruptura	62
CAPÍTULO II		
6.	Sistema de hipótesis y variables	63
6.1.	Hipótesis	63
6.2.	Variables	63
6.2.1.	Variable independiente	63
6.2.2.	Variable dependiente	63
6.2.3.	Termino de relación	63
CAPÍTULO III		
7.	Metodología	64
7.1.	Tipos de investigación	64
7.2.	Diseño de investigación	64
7.3.	Métodos	64
7.4.	Técnica de recolección de información	65
7.4.1.	Obtención de la información	65
7.5.	Población y muestra	66

8. Marco administrativo	66
8.1. Recursos	66
9. Análisis de resultados	68
9.1. Resultados obtenidos y análisis de datos	69
10. Comprobación de hipótesis	75
11. Conclusión	76
12. Recomendación	77
13. Bibliografía	78
14. Anexos	79

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las descargas atmosféricas causan muertes de personas, por la no prevención de sistemas de estas descargas de miles de Amperios que circulan por un rayo y estas lo hacen en forma directa hacia la superficie terrestre. El presente trabajo está dirigido a la prevención de los sistemas eléctricos de media y baja tensión de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, contra descargas atmosféricas que se presenten dentro de los predios.

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, está ubicada en la zona norte de Manabí, rodeada de sistemas montañosos; ubicación adecuada para las descargas atmosféricas. Los efectos producidos por las descargas atmosféricas, tienden a destruir los sistemas eléctricos, debido a las grandes cantidades de corriente que se presentan; estas son producidas por el intercambio de electrones cuando existe frotamiento entre nubes y se descargan a tierra firme en forma de rayo.

En este proyecto se analiza cada uno de los efectos, componentes, descargas y formas de proteger los sistemas eléctricos y electrónicos de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone. Además se analizará la calidad del suelo que cuenta la universidad y se mejorara con componentes químicos, a fin de obtener una resistividad baja para una buena descarga a tierra.

Con la realización del presente trabajo la Escuela de Ingeniería Eléctrica contará con un sistema capaz de proteger su área de prácticas, así como también servirá como material de apoyo práctico para la realización del proceso enseñanza aprendizaje de los futuros profesionales de la Ingeniería Eléctrica. En el capítulo I, contiene toda la información de la investigación a realizarse. Por otra parte, en el capítulo II, tenemos la hipótesis y variables, además en el capítulo III, está compuesto de la metodología a utilizarse en la investigación.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. CONTEXTOS MACRO.

La atmósfera desprende grandes cantidades de corriente que ocasionan grandes pérdidas por daños en equipos, dispositivos eléctricos y electrónicos. Así como también múltiples pérdidas de vidas humanas, lo que impulsó a nivel mundial encontrar soluciones a estos efectos que nos permita una mejor forma de vida, que a través de este diseño nos permita evolucionar en el desarrollo científico y tecnológico a nivel Global sobre técnicas actuales protección de sistemas eléctricos.

2.1.1. CONTEXTO MESO.

La Republica del Ecuador por su ubicación geográfica está sujeta a constantes tipos de descargas eléctricas, esto hace que dedicamos nuestro esfuerzo a proteger todos los sistemas eléctricos de media y baja tensión, así como también los sistemas electrónicos como los utilizados en radio, televisión y telecomunicaciones,

2.1.2. CONTEXTO MICRO.

Una vez realizado el análisis en nuestra Universidad, se determinó que se hace necesaria la construcción de un sistema de protecciones contra descargas atmosféricas para seguridad de equipos y comunidad universitaria. Chone por estar ubicado en la región costa tiene aproximadamente seis meses de constantes lluvias acompañadas de descargas eléctricas, hace que la ejecución del presente trabajo de cálculo y diseño de sistema de protecciones contra descargas atmosféricas va a contribuir con el desarrollo académico y científico de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone, lo que ayudara al desarrollo de nuestro Cantón.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo favorece el análisis, cálculo y diseño de un sistema integral de protecciones contra descargas atmosféricas y sistemas de puestas a tierra en el Laboratorio de la ULEAM Extensión Chone y su incidencia en la seguridad de sistemas eléctricos de media y baja tensión?

2.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

Campo: Eléctrico

Área: Seguridad Industrial

Aspecto: a) Diseño de un sistema integral de protecciones.

b) Descargas atmosféricas y sistemas de puestas a tierra

Problema:

Falta de un sistema de protección para descargas atmosféricas.

Delimitación temporal:

Segundo semestre de 2013

Delimitación especial:

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone

2.4. INTERROGANTES DE LA INVESTIGACIÓN

- a)** ¿Qué es un sistema de integral de protección?
- b)** ¿Cuáles son los dispositivos que constituyen en un sistema de protección?
- c)** ¿Qué son las descargas atmosféricas?
- d)** ¿Cuándo suceden las descargas atmosféricas?

3. JUSTIFICACIÓN.

Las descargas atmosféricas ocasionan daños tanto en equipos eléctricos como electrónicos y comunidad en general, esto hace que los egresados de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y como futuros profesionales nos comprometamos en buscar soluciones, el presente trabajo de investigación se justifica desde los siguientes puntos de vista:

Es interesante, porque mediante la ejecución de esta investigación se conocerá a profundidad sobre la importancia del análisis y diseño de un sistema integral de protecciones contra descargas atmosféricas sería de gran aporte económico en la seguridad de los sistemas eléctricos para la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone en el segundo semestre de 2013.

Es importante, porque permitirá presentar el diseño de un pararrayo para los predios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone y con ello tener una imagen institucional que fortalezca la actividad práctica del laboratorio eléctrico. Es factible este proyecto, porque los autores tienen los recursos necesarios para su análisis y diseño, también se realiza en vista de mejorar la calidad de la educación en el entorno institucional y social, además se cuenta con el apoyo de los directivos.

Es de utilidad, porque la presente investigación servirá como material de consulta para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica. La característica innovadora de este trabajo de investigación, pretende atender el área social económica, concediéndole la importancia que merece; está orientada y planificada especialmente como una estrategia metodológica que busca solución a problemas posteriores por la calidad de energía eléctrica y dará realce a nuestra universidad.

Los motivos expuestos conllevan a señalar la relevancia de la propuesta presentada en este proyecto que permite proteger los sistemas eléctricos y que representa una economía a la

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone. Además de cumplir con la Misión por generar el Bienestar regional y nacional, así impartiendo una enseñanza académica, científica y tecnológica, además se apoya en la Visión ya que está formando profesionales especializados, por esta y otra razones el presente trabajo lo certifica.

La investigación es factible su desarrollo por cuanto los investigadores tienen los conocimientos básicos, existe la predisposición de las autoridades, docentes y estudiantes de la Extensión Chone, además se cuenta con los recursos necesarios.

4. OBJETIVOS.

4.1. OBJETIVO GENERAL.

Establecer el análisis, cálculo y diseño de un sistema integrado de protecciones contra descargas atmosféricas y puestas a tierra en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y su incidencia en la seguridad de los sistemas eléctricos de media y baja tensión en el segundo semestre del 2013

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Investigar que es un sistema integral de protección.
- Enumerar cuales son los dispositivos que constituyen el sistema de protección.
- Analizar que son las descargas atmosféricas.
- Determinar cuando suceden las descargas atmosféricas.

CAPITULO I

5. MARCO TEÓRICO.

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES.

En este capítulo se desarrollará el proceso por el cual se determina la factibilidad y su instalación de un sistema integral de protecciones para descargas atmosféricas, su incidencia en el suelo y el modelo que será instalado para su estudio y sobre todo para las protecciones que requiera el laboratorio de la carrera de ingeniería excéntrica.

5.1.1. Sistemas integral de protecciones.- Se denomina de esta manera a aquellos equipos que de alguna manera sirven para proteger otros equipos instalados en un sistema proporcional el cual realizan un trabajo de baja tolerancia y que por referencias técnicas es exigido llevar los dispositivos agregados para su protección.

Un sistema integral de protecciones se desarrolla mediante el cálculo y necesidades específicas que los equipos requieran, como por ejemplo: protecciones y seccionadores de media y baja tensión, corrector de factor de potencia, detector de error de fases, puestas a tierra, pararrayos atmosféricos entre otros.

5.1.2. Factibilidad.- El desarrollo del trabajo de investigación se ha pensado en la factibilidad por cuanto, se ha analizado parámetros que exigen las puestas a tierra y pararrayos, área disponible para ejecución, recursos humanos y económicos, la predisposición de las autoridades de la Universidad y sobre todo en la utilidad a prestar el sistema.

5.1.3. Seguridad.- Cómo seguridad, no solo nos referimos a la seguridad del personal expuesto a una descarga eléctrica, sino también a quienes limitan con el lugar donde está

ubicada la sistema integrado contra descargas eléctricas. Respecto a la seguridad personal tenemos que saber que la protección de la vida debe ser la idea más alta en la mente de quien diseña, que implica estar consciente de los peligros de trabajar sin el sistema de seguridad contra descargas atmosféricas, además se tiene que tomar en cuenta todas las normas que exigen los reglamentos para el montaje de pararrayos.

5.1.4. Descarga atmosférica.- Las descargas atmosféricas son momentos y sucesos aleatorio, que pueden ocurrir durante una tormenta o cuando la carga eléctrica acumulada en la nube no es suficiente, así observaremos tormentas con descargas atmosféricas con y sin rayos: sin que se tenga una frecuencia determinada existen descargas con varias configuraciones e inclusive invertido el orden de signos.

Analizando los de diferentes tipos de pararrayos, notaremos que al analizar su funcionamiento antes, durante y después de una descarga atmosférica, que es aplicada a lo que nos vamos a proteger, la descarga se repite por lo menos de dos a tres veces en el mismo lugar, siguiendo la ruta de gases ionizados que dejó la primera descarga.

No todos los lugares tienen la misma probabilidad de que ocurra una descarga, dependiendo del lugar, ubicación geográfica y se lo realiza siguiendo mapas oceánicos, es decir, mapas que nos muestran regiones con igual probabilidad de descarga atmosférica, por esta razón los diseños de los sistemas de protección contra descargas atmosféricas también, deben de ser diferentes.

La cantidad de corriente de descarga que tiene un rayo, es de miles de amperios, tiene variación de valores desde 100 hasta 1000000 kilovoltios, aunque, es más importante para la instalación de pararrayos la tensión que pueda surgir entre el sistema a tierra y el sistema

contra la descarga que se encuentre a mayor altura, porque de ello depende la disipación de la carga en el terreno, para evitar la incidencia del rayo.¹

La carga liberada por un rayo, es pequeña por el tiempo tan corto de descarga que es de microsegundos, así los valores de carga de una sola descarga es de 7 coulombios y aún con las descargas sucesivas, ésta no sobrepasa los 200 coulombios. Este fenómeno ocurre en promedio 100 veces por segundo, sobre la tierra y la magnitud del mismo cuando toca una persona o instalación no protegida, causa daños, pero las pérdidas ocasionadas, sobre todo en interrupciones de energía eléctrica, hacen que sean dañino, aunque proporcione muchos beneficios, por ser el principal abastecedor de nitrógeno para la tierra y de ozono para la atmósfera, sin embargo, los daños existen y tiene probabilidad de causar muchos más.

Los cambios de dirección de un conductor de pararrayos no deben ser bruscos, por lo que se deben seguir ciertas normas porque la tensión al circular por un conductor, genera ondas. Una descarga eléctrica en el aire de la atmósfera puede ocurrir dentro de una misma nube, o de una nube a otra, en este caso la identificamos como intra nube. Si la descarga tiene lugar entre la nube y el suelo toma el nombre de rayo.

Existe la posibilidad que la descarga ocurra en un sentido o en el otro y que la carga migrante pueda ser positiva o negativa. Sin embargo, por opinión concordante de distintos autores, entre las descargas nube a suelo, hay prevalencia de las que transportan carga negativa. Se considera que sólo 10 % de los rayos son del tipo positivo es decir transportan carga eléctrica positiva. A los fines de lograr protección contra los efectos destructivos o dañinos para las instalaciones, conviene orientar los estudios a los rayos antes que a otros tipos de descargas.

¹At3w.com/pararrayos/conductores

Las tensiones que se ponen en juego en las descargas atmosféricas son enormes y se pueden evaluar, sólo aproximadamente entre (5 y 10) KV por cm de distancia entre nube y nube o entre nube o tierra los valores inferiores corresponden a la descarga entre w nube y nube que es siempre menos intensa¹

Así, si la distancia entre nube y tierra es de 300 metros, y adoptamos los valores mayores (10kw por cm.), la tensión del rayo será:

$$10 * 300 * 100 = 300.000 \text{ KV}$$

Las intensidades de corriente de las descargas atmosféricas son también bastantes levadas y oscilan entre 10 KA y 200 KA aunque este último valor puede considerarse excepcional; los valores normales pueden considerarse de 10 KA hasta 50 KA. El tiempo de descarga es muy pequeño y comprendido, según los caso, entre 20 y 200 millonésimas de segundo.

www.monografia.com Por todas estas razones, puede deducirse que la. Potencia del rayo es muy grande, ya que viene dada por la expresión.

$$P = U * I$$

Dónde:

P: Potencia

U: Voltaje

I: Corriente

Mientras que la energía total de la descarga en comparación es muy pequeña:

$$E = U * It$$

Dónde:

E: Energía

U: Voltaje

It: Corriente Total

Dada la elevada magnitud de la potencia instantánea desarrollada por un rayo, los efectos y consecuencias de la descarga son muy grandes pero suceden en brevísimo tiempo. En general, se puede decir que la magnitud de los daños producidos depende de la conductividad eléctrica de los cuerpos conductores que reciben la descarga; si se trata de cuerpos conductores los daños son mínimos y casi siempre limitados a los puntos de entrada y salida de la descarga, si los cuerpos son malos conductores (árboles, edificios, etc.), el destrozo es siempre grande seguido muchas veces de incendios que acrecientan aun, más los perjuicios y peligros. Una vez calculada la energía que el pararrayos debe ser capaz de absorber, se debe calcular la energía específica, dividiendo la energía a ser absorbida para el valor eficaz de la tensión nominal.

Diseñado el sistema de protecciones, su funcionamiento debe estar correctamente coordinado. El ajuste y la coordinación de las protecciones, tienen por objetivo asegurar que se cuenta con un sistema de protección principal y de respaldo de tal manera que la protección principal debe proteger totalmente el sistema eléctrico y eliminar cualquier falta en el menor tiempo posible, las protecciones de respaldo que constituyen la segunda instancia de actuación de la protección y deberán tener un retraso en el tiempo, de manera que permitan la actuación de la protección principal en primera instancia, cuando el rompimiento creó una columna de plasma en el aire, la descarga eléctrica surgirá inmediatamente dentro de un hemisferio de unos 50 m de radio del punto de potencial más alto. Y, cualquier objeto puede ser el foco de esta descarga hacia arriba de partículas positivas, aún desde una parte metálica debajo de una torre.

Usualmente las nubes están cargadas negativamente en su base y positivamente en su parte superior. Por inducción electrostática la tierra resultará positiva inmediatamente debajo de tal nube. Se establece así una diferencia de potencial enorme, produciéndose el rayo cuando se vence la rigidez dieléctrica del medio (aire o vapor de agua). Simultáneamente con el rayo se produce la luz (relámpago) y sonido (trueno).

Tratándose de personas, en la casi totalidad de los casos el efecto de la descarga es la muerte instantánea, ya que la conmoción sufrida por el organismo es enorme y muy lenta produciéndose quemaduras totales o parciales.

Los desperfectos y destrucciones que ocasionan los rayos en los edificios se producen sobre todo cuando la descarga atraviesa partes aislantes, como madera, ladrillo, piedra, etc. De tal manera que para proteger edificios, hay que prever elementos y dispositivos para que la descarga pase a tierra sin atravesar dichas partes aislantes, es decir, ofrecer al rayo un camino más fácil que cualquier otro. Canalizando de esta forma la descarga se evitan los perjuicios que de otra manera, ocasionaría. Los dispositivos utilizados para la protección de los edificios contra las descargas atmosféricas se denominan pararrayos.²

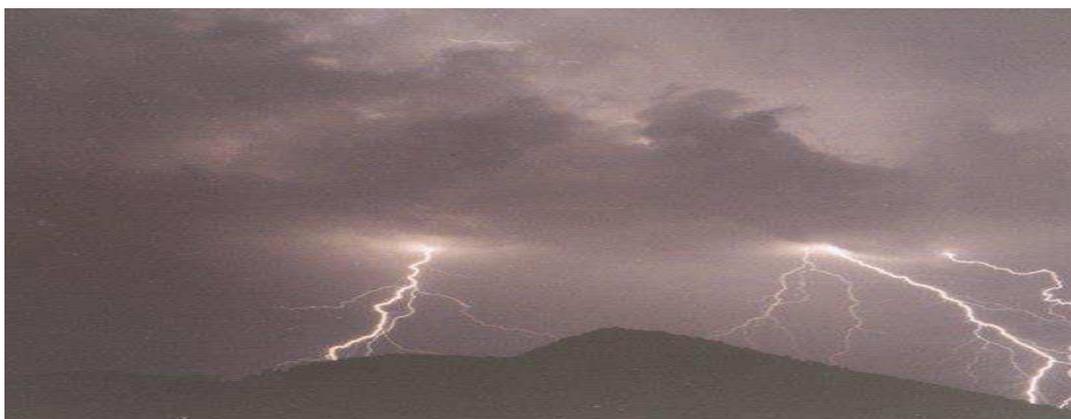


FIG.1 En esta imagen se puede apreciar los dos tipos de descargas atmosféricas, NN y NT.

NN: NUBE – NUBE

NT: NUBE – TIERRA

² MANUAL DE PUESTAS A TIERRA .Edición CEAC Pag. 15, 4

5.1.5. Campos eléctricos.

Alrededor de la tierra, las condiciones atmosféricas son normales de buen tiempo. Un campo eléctrico permanente con superficies equipotenciales concéntricas, cuyo centro coincide con el de la tierra, siendo por lo tanto vertical el vector de intensidad de campo (E) en cada punto. Siendo tal este valor que se dirige hacia el centro de la tierra, lo que indica que posea una carga negativa, mientras que capas de la atmósfera son positivas cuanto más alejadas están de la superficie terrestre de tal forma que el gradiente eléctrico decrece con la altura.

Como consecuencia de este campo eléctrico permanente, los iones negativos se dirigen hacia arriba, mientras que los positivos caen hacia la tierra, la resultante de estos dos desplazamientos iónicos es llamada corriente de conducción, dirigida hacia abajo; lo que representa una corriente total entre atmósfera y tierra.

Esta corriente de conducción es permanente como el campo que la produce, variando poco tanto con la ubicación geográfica. Además de la corriente de conducción, existen corrientes de precipitación, producida por las precipitaciones atmosféricas; dichas corrientes de precipitación son del mismo sentido que la de conducción, aportando también cargas positivas a la tierra, o sea superior a la de conducción. Al contrario que esta última variable con las condiciones de tiempo y lugar, su valor resulta inferior, estimándose en unos 400 amperes.

Si consideramos la acción de estas dos corrientes, resulta que la carga negativa que posee la tierra permanezca constante. Este es un hecho incuestionable, que obliga a admitir la existencia de otros fenómenos compensatorios sobre las cuales destacan las siguientes:

Por efecto de las altas temperaturas existentes en el núcleo de la tierra, escapa aire ionizado positivo producido por los intersticios capilares de la corteza terrestre, que es elevado por corrientes convectivas a considerables alturas.

La radiación procedente de la tierra, del Sol y las estrellas, da lugar a la ionización de las moléculas de aire. Los electrones se escapan de la atmósfera gracias a su movimiento creando una acumulación de cargas positivas, y cuando existen buenos tiempos varios factores hacen que se alteren distintos fenómenos atmosféricos, tales como la lluvia, nieve, granizo, nubes tormentosas, esto hace que se invierta el campo eléctrico, aportando carga negativa a la tierra como consecuencia de los siguientes procesos:

Descargas continuas de electricidad positiva a través de las puntas de conductores conectados a tierra y descargas de gran cantidad de electricidad positiva, lo que da como consecuencia de caídas de rayos.³

5.1.5.1. Campos Eléctricos en el núcleo de las nubes

Existen varios tipos de nubes, como los Cumulus Nimbus, que luego se convierten en nubes tormentosas que se caracterizan por crearse a base de aire húmedo y caliente que se elevan de la tierra hacia las nubes, arrastrando gotas de agua que llegan a convertirse en cristales de hielo al alcanzar la altura suficiente, hasta que se inicia su caída, es aquí que mediante frotamiento se separa gran magnitud de los iones de distinto signo, creándose en el interior de la nube el campo eléctrico, creándose el rayo.

5.1.5.2. Formación y producción de las descargas

En el interior de una nube tormentosa están los campos eléctricos, esto hace que la parte inferior y el terreno sobre el que se encuentran, actúen como un condensador, cuyo dieléctrico está constituido por el aire existente entre ambas, hace que la base de la nube sea negativa, con lo que se inducirán cargas electrostáticas positivas en el terreno, aunque el

³ At3w.com/pararrayos/conductores

10% de los casos ocurrirá todo contrario; descartando por el momento estos casos menos probables.

De la zona de la base de la nube, donde la concentración de cargas negativas es máxima. Se dirigen hacia abajo siguiendo de caminos ramificados, llamados descargas piloto. Propagándose intermitentemente con tiempos de (10 a 12) microsegundos entre cada dos impulsos, avanzando en forma de saltos algunas decenas de metros a velocidades de 10,000Km /s.

Tomando en cuenta los tiempos de detención antes mencionados la velocidad resultante de propagación se estima en un valor de (100 a 300) km /s. Esta descarga piloto avanza creciendo al mismo tiempo la intensidad del campo electrostático inducido en el terreno, hasta que eleva una descarga positiva llamada descarga de retorno, que va al encuentro de la descarga piloto. Esto se origina a una altura entre los (5 y 120) metros, medidos desde el punto de salida y varía según exista o no pararrayos.

Analizado el fenómeno hasta aquí, ha sido silencioso y débilmente aluminoso, pero al establecerse el contacto entre las descargas piloto y la descarga principal que se manifiesta por la aparición de una intensidad luminosa llamada relámpago acompañada de un fuerte trueno. La descarga principal está formada por una gran corriente de carga positiva, que parte del terreno circular hacia arriba y siguiendo el camino realizado por la descarga de retorno y la descarga piloto.

Los lugares de emergencia, como los pararrayos, donde se manifiesta un campo eléctrico, intenso durante la sucesión de las últimas descargas piloto es el punto donde se originara las descargas de retorno, por lo tanto de ellos que surgirán las descargas principales. La descarga principal creara un canal fuertemente ionizado entre la nube y la tierra, y al no quedar la nube completamente neutralizada después de la descarga principal, aparecerán otras secundarias que seguirán el mismo proceso establecido por la descarga principal,

produciéndose alternativamente descargas de nube a tierra y de tierra a nube, con centésimas de segundos de intervalo a fin de producir el movimiento de las cargas eléctricas en el interior de la nube.

El proceso descrito anteriormente es el más probable, pero no el único posible, en caso que la parte inferior de la nube posea una acumulación de cargas positivas se inducirá en el terreno cargas electrostáticas negativas y provocara una inversión de polarización en el capacitor nube tierra.

5.1.5.3. Estructura eléctrica de una tormenta

La atmósfera posee un campo electrostático que en buen tiempo y ausencia de nubes, es uniforme y estable, dirigido hacia abajo, porque la superficie de la tierra tiene una carga negativa y la atmósfera tiene carga eléctrica neta de signo positivo. El promedio de ese campo es de unos 120 volts / metro sobre la parte terrestre y unos 130volts /metro sobre el océano, donde la contaminación ambiental es grande, éstos pueden aumentar mucho.

El potencial eléctrico disminuye con la altura y a 10km es de 3 % de su valor en la superficie, según las mediciones realizadas, a 20 km los valores de ese gradiente son sumamente pequeños, lo que demuestra que el aire a esas alturas es conductor. La conductividad del aire se explica porque las tormentas en la troposfera pueden afectar la transmisión de las ondas cortas que se reflejan en la ionosfera, ocasionando desvanecimientos.

5.1.5.4. Diferencia de potencial en las descargas atmosféricas.

La diferencia de potencial provocada por la descarga atmosférica tiene valores extremadamente variables y depende de numerosos factores, como la altura de la nube con relación a la tierra, las características del pararrayos y la configuración de las instalaciones.

El funcionamiento del pararrayos y del sistema de tierra, toma interés, la diferencia de potencial que aparece entre el sistema de tierra y la parte más alta donde debe estar colocado el sistema contra descargas, estos valores que dependen de la Impedancia del conductor. Si consideramos que la tensión antes de la descarga es de 10 kilo volts por metro de altura, el potencial transportado será de 200 kilo volts aproximadamente.

5.1.5.5. Longitud de las descargas atmosféricas.

Por estudios realizados encontramos que los rayos varían en su longitud entre los 304.8 metros hasta los 160 kilómetros, siendo el más común el de 1609 metros. Si estamos a nivel de mar la longitud del rayo varia 500 y los 7000 metros, otras magnitudes energéticas, serían: La carga total liberada por un rayo dado el tiempo tan corto en que dura, no supera los 200 coulombios descarga.

Se ha podido almacenar la carga de un rayo, pero económicamente no obtiene resultados satisfactorios por lo poco probable de que se repita la descarga en el lugar de almacenamiento.

5.1.5.6. Efectos de la descarga atmosférica.

El rayo es un fenómeno el cual aparece únicamente en la época de lluvias y esporádicamente en la época de estiaje, pero es un evento que se repite en un promedio de 100 veces por segundo sobre la tierra, sus efectos causan daños de valor apreciable.

5.1.5.7. Efectos térmicos.

El calor que se desarrolla en la descarga del rayo depende, según la Ley de Joule, del cuadrado de la corriente y de la resistencia¹ además, naturalmente, el tiempo que dura la

descarga por lo que la expresión de la cantidad de calor producida adopta la siguiente forma:

$$t = I \times R \times W^2$$

Dónde:

t = Tiempo

W =Energía transformada en calor

I =valor instantáneo de la corriente circulante en amperes.

R=resistencia del medio por el que circula la energía en Ohms.

La resistencia del medio que encuentra el rayo en su camino para descargarse a tierra dado, que fijado el valor de la corriente, dependiente de la diferencia de potencial entre nube y tierra, la energía térmica desarrollada será más grande, cuando mayor sea la resistencia del medio por donde circula.

La descarga de un rayo a través de un material de un conductor de energía eléctrica y de sección suficiente, no desarrolla generalmente cantidades apreciables de calor, cuando tenemos malos conductores, la descarga atraviesa materiales con elevado contenido de agua, porque el calor generado provoca la evaporación instantánea del agua, la cual se evapora o se disocia de sus elementos, provocando un fenómeno de explosión, como se ha notado en árboles, postes de madera y muros húmedos que son impactados por un rayo.

Cabe notar que los rayos son de gran intensidad pero de poca duración, provocan una destrucción de materiales pero no llega a producir ignición, mientras que los de corriente pequeña pero de gran duración provocan fácilmente la ignición de los materiales. La peligrosidad del rayo materiales inflamables es alta, porque como ya se acoto, a la descarga principal suceden descargas sucesivas.⁴

⁴ MANUAL DE PUESTAS A TIERRA .Edición CEAC Pag. 15, 4

5.1.5.8. Efectos dinámicos

La energía que libera un rayo no es muy elevada, sin embargo, cuando se libera en un tiempo muy corto de (100 a 120) microsegundos, la potencia alcanza valores de miles de kilowatts, por lo que las consecuencias pueden ser importantes. Al retornar la descarga, produce en torno una columna de gases ionizados que constituyen el recorrido de la descarga; la onda de presión que se presenta es de dimensiones limitadas en las que se generan presiones elevadas y pueden destruir todo cuanto rodea al conductor principal.

El campo magnético formado por la descarga, puede deformar estructuras y ventanas metálicas, o el conductor sufre una dilatación por el campo que se forma entre hilo e hilo, por lo que se debe evitar la sujeción por empalmes únicamente.

5.1.5.9. Efectos químicos.

Como mencionamos las descargas atmosféricas son el principal abastecedor de nitrógeno para la tierra y el rayo lo acopla directamente al suelo, también se forma ozono alrededor del canal del rayo, el mismo que protege a la tierra de los rayos ultravioleta producidos por el sol, también por la intensidad de corriente, produce efectos galvánicos por donde circulan en forma unidireccional.

5.1.6. Pararrayos.

Un pararrayos es un equipo cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando el aire para excitar, llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas o construcciones. Fue inventado en 1753 por Benjamín Franklin. El primer modelo se conoce como pararrayos Franklin, en homenaje a su inventor

Una instalación de pararrayos consta de los órganos de captación de la descarga, denominados puntas, lanzas o papagayos propiamente dicho (1), los conductores o conexiones entre los órganos de captación y la tierra (2) y la toma de tierra o lugares de disipación de la descarga (3).

Un pararrayos bien instalado y conectado a tierra, protege una zona incluida dentro de un cono de protección cuyo vértice está en la punta del pararrayos y que tiene por base un círculo de radio igual al doble de la altura del pararrayos.⁵

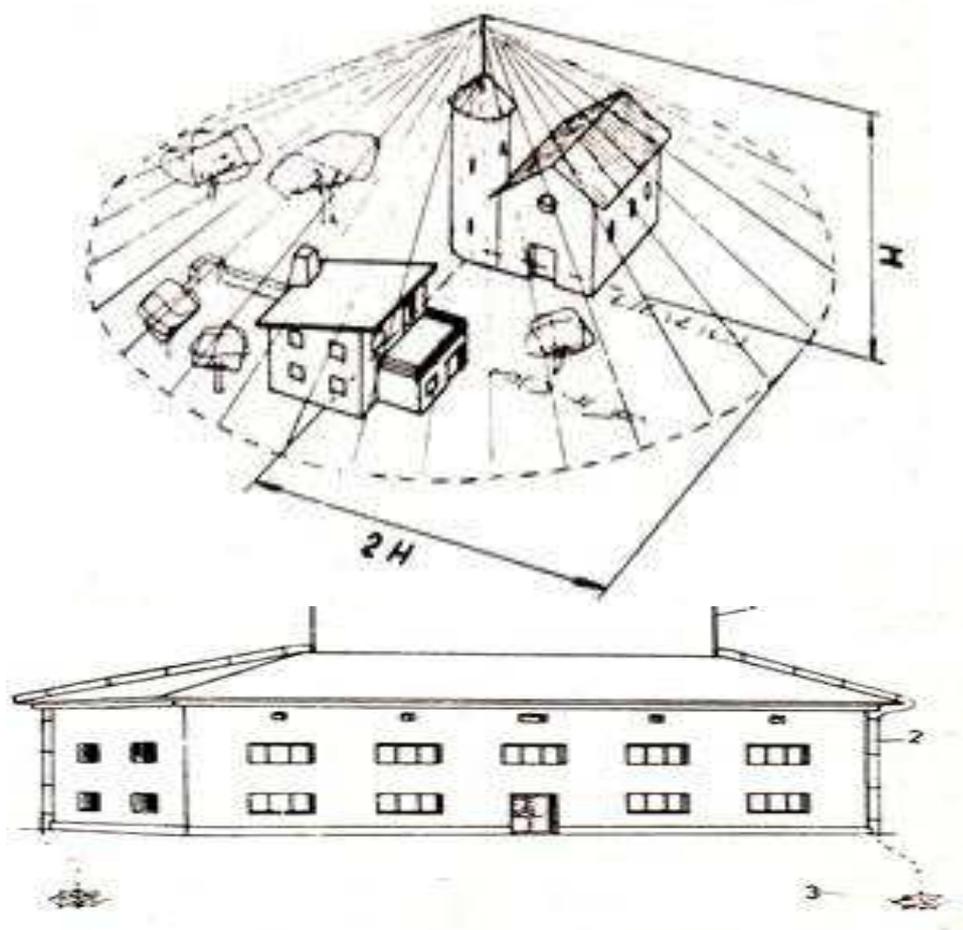


FIG.2 Radio del pararrayo

⁵ MANUAL DE PUESTAS A TIERRA .Edición CEAC Pag. 15, 4

5.1.7. Tipos de pararrayos.

En la actualidad se utilizan dos tipos de pararrayos, los de Resistencia Variable y los de Óxido de Zinc. Los primeros asocian una serie de explosores y unas resistencias no lineales capaces de limitar la corriente después del paso de la onda de choque. Se caracterizan por su tensión de extinción a frecuencia industrial más alta bajo la cual el pararrayos puede descebarse espontáneamente.

Los segundos están constituidos solo por varistancias y reemplazan a los anteriores cada vez más, ya que su característica principal es la no linealidad de las varistancias de ZnO, que facilitan que la resistencia pase de unos 1.5 Mohms a 15 Ohms entre la tensión de servicio y la tensión nominal de descarga

Existen otros tipos de pararrayo como:

a) Pararrayos desionizador de carga electrostática

Algunos autores aseguran que gracias a su diseño el pararrayos desionizador de carga electrostática anula el campo eléctrico en las estructuras, inhibiendo por tanto la formación del rayo en la zona que se protege al adelantarse al proceso de formación del rayo, para debilitar el campo eléctrico presente, en débiles corrientes que se fugan a la toma de tierra y evitan posibles impactos de rayos en las estructuras.

Otros autores afirman que su presencia no constituye una protección distinta a la otorgada por un pararrayos convencional, al respecto se ha afirmado que: no hay evidencia teórica ni experimental que sustente la posibilidad de impedir la formación del rayo ni de extender la zona de protección más allá de un captor convencional.

b) Pararrayos con dispositivo de cebado.

Un pararrayos con dispositivo de cebado es un pararrayos que incorpora un dispositivo de cebado (PDC), electrónico o no, que garantiza una mayor altura del punto de impacto del rayo, aumentando así el área de cobertura y facilitando la protección de grandes áreas, simplificando y reduciendo costos de instalación, su funcionamiento se basa en el siguiente proceso:

Cuando se dan las condiciones atmosféricas para la formación de nubes con carga eléctrica, el gradiente atmosférico aumenta de una forma rápida, creando un campo eléctrico de miles de voltios/metro entre nube y tierra. Durante este proceso, el sistema PDC capta y almacena la energía de la atmósfera en su interior. El cabezal emite un trazador ascendente en forma de impulso de alta frecuencia a partir de la energía almacenada cuando el control de carga detecta que está próxima la caída de un rayo (valor de tensión cercano al de ruptura del gradiente de la atmósfera).

Mediante el trazador ascendente, se facilita un camino ionizado de baja impedancia para la descarga hacia tierra de la energía almacenada en la nube, a través del conductor bajante de la instalación, neutralizando el potencial de tierra. El nivel de protección está relacionado con la eficiencia requerida para que un sistema de protección contra el rayo intercepte las descargas sin riesgo para las personas, para la estructura y para las instalaciones. Indica la eficacia del sistema de protección dentro del volumen a proteger.

5.1.7.1. Componentes

a) Lanza

La lanza metálica que constituye el pararrayos propiamente dicho, está destinada a la recepción del rayo. La punta del pararrayos debe construirse de material difícilmente

fusible; antes se construían estas puntas de platino, pero este material resulta demasiado caro y, actualmente, se construyen puntas de pararrayos que dan buen resultado empleando tungsteno; vea en la presente lámina dos puntas de pararrayos empleadas normalmente en este tipo de instalaciones.

El resto de la lanza del pararrayos se fabrica de hierro o de acero galvanizado. La longitud total de la lanza está comprendida entre (0,5 y 2) metros de longitud y su sección, circular o cuadrada, no debe ser inferior a 500 mm² en la base de la lanza, lo que representa un cuadrado de 70 mm de lado o un círculo de 80 mm de radio.

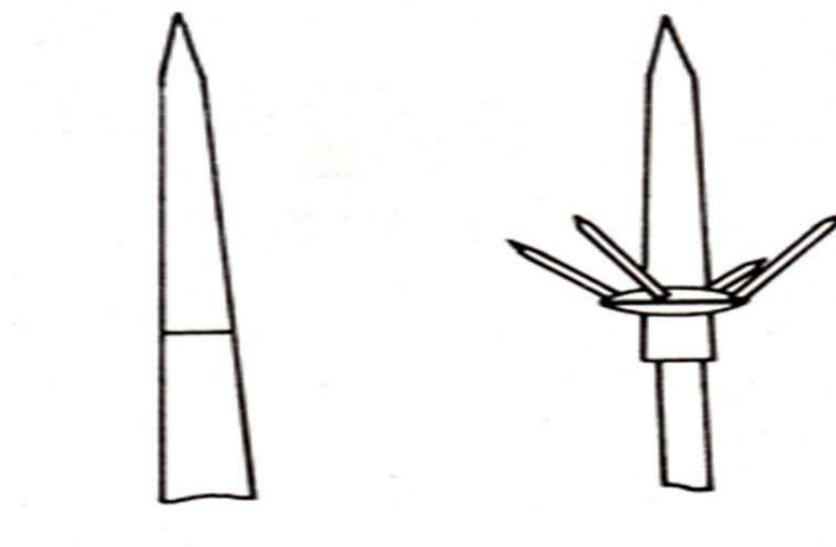


FIG.3 Lanzas de pararrayo

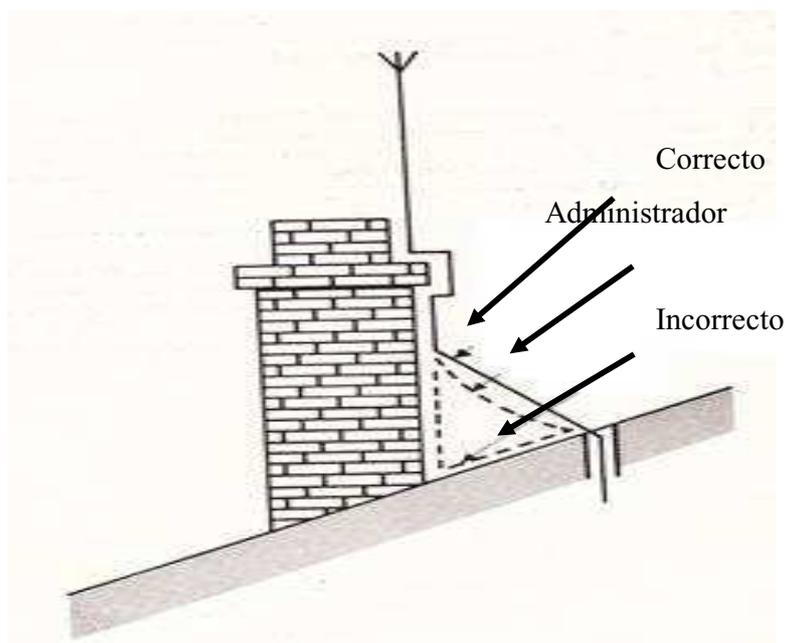
b.- Conductor

Generalmente se emplea cobre y su sección mínima debe ser de 25 mm²; también puede utilizarse el aluminio y en este caso la sección mínima ha de ser de 50 mm². El empleo del hierro o acero, recubierto de cinc y muy utilizado en otras épocas, no es recomendable. La forma de la sección es indiferente (puede ser circular, cuadrada, rectangular, etc.).

No es necesario que los conductores se aíslen del edificio que tienen que proteger; pero su fijación a la fachada debe ser muy sólida.

Las partes metálicas del edificio (ventanas, puertas, etc.) así como las grandes masas metálicas (máquinas eléctricas y mecánicas, calderas, etc.) deben empalmarse a los conductores con lo que la protección contra las descargas atmosféricas resulta mucho más eficiente; los empalmes han de hacerse muy cuidadosamente.⁶

Es preferible instalar, por lo menos, dos líneas independientes, alejadas lo más posible una de otra y con tomas de tierra independientes. Los conductores han de montarse de forma que sigan una trayectoria lo más vertical y menos sinuosa que sea posible, evitando los cambios bruscos de dirección y haciendo que sean siempre descendiente.



⁶ MANUAL DE PUESTAS A TIERRA .Edición CEAC Pag. 15, 4

c) Puesta a tierra

Esta parte de la protección contra las descargas atmosféricas es de importancia primordial ya que una mala toma de tierra no solamente hace ineficaz la instalación del pararrayos si no que en casos de tormentas la situación es más peligrosa que si no se hubiera instalado nada:

La toma de tierra está constituida por una placa que constituye la toma de tierra y se coloca en el suelo en una profundidad mínima de (1 a 2) m² de superficie y de (2 a 5)mm de espesor las formas constructivas de las tomas de tierra son muy variadas en la lámina: presente puede usted ver una de las más utilizadas la placa que constituye la toma de tierra se coloca en el suelo a una profundidad mínima de 2m; debe elegirse para su emplazamiento el lugar más húmedo por ser el más conductor la placa se rodeara de carbón triturado y humedecido; para humedecer el carbón debe disponerse un tubo para verter agua periódicamente . En todos los casos deben disponerse varias tomas de tierra para una eficiente protección de los edificios; su número depende de las dimensiones del edificio que se han de proteger y en ningún caso serán inferiores a 2m.⁷

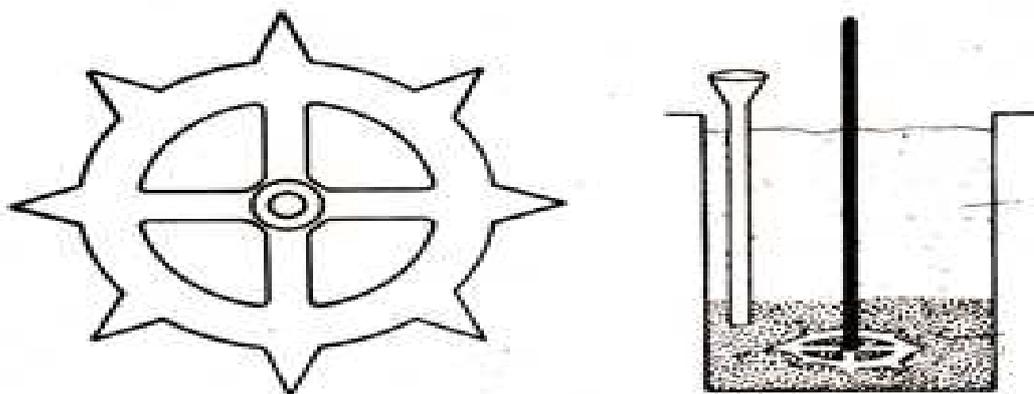


FIG.4 Preparación de puesta a tierra

⁷ MANUAL DE PUESTAS A TIERRA. Edición CEAC Pag. 15, 4

5.1.8. Partes que comprende un sistema de puesta a tierra.

Un sistema de puesta a tierra está constituido por las siguientes partes constituidas y referenciadas:

Circuito de conductores de unión; electrodo o toma de tierra; tierra propiamente dicha.

A continuación estudiaremos cada una de las dichas partes, ciñéndonos en nuestra explicación a la vigente reglamentación española.

a) Circuito de conductores de unión.

Los conductores de los circuitos de puesta a tierra han de ser de sección apropiada a la intensidad que ha de recorrerlos, de forma que no se produzcan inadmisibles calentamientos. Como mínimo, está reglamentado:

Hilo o cable de cobre estañado	35mm ²
Hierro galvanizado	100mm ²

Estas secciones se refieren al circuito de tierra propiamente dicho; los demás circuitos que, agrupados en paralelos, se conectan aquí, tendrían que ser, como mínimo, de 25 mm² si se trata de conductores de cobre o su sección equivalente si es otro el material metálico empleado.

El tendido de los circuitos de tierra ha de realizarse con conductor desnudo, sin aisladores, al descubierto, de forma visible y de tal forma que no resulte fácil su deterioro por acciones mecánicas o químicas. En la vigente reglamentación está prohibido el tendido empotrado del circuito de tierra; cuando esto no fuera posible el conductor de tierra se ha de instalar en el interior de tubo de acero, de sección suficiente y de forma que pueda comprobarse

fácilmente la existencia de posibles cortes o roturas de dicho conductor en el interior del tubo, sin más que tirar de uno de sus extremos.

Las partes metálicas en paralelo con los circuitos de tierra no se tendrán en cuenta a efectos de sección, es decir, no se tomarán en cuenta como tomas de tierra eficaz, excepto si su resistencia a tierra es prácticamente nula. A efectos de posibilidad de contactos inadvertidos, los conductores de los circuitos a tierra se considerarán sometidos a tensión.

Los conductores de puesta a tierra han de tener un contacto eléctrico, perfecto, tanto con las partes metálicas que se desea poner a tierra, como con la placa o electrodo que constituye la toma de tierra propiamente dicha; a estos efectos, está reglamentado que las conexiones de los conductores de tierra con las partes metálicas y con los electrodos, se realice con todo cuidado, por medio de. Piezas de empalme adecuadas; los contactos han de disponerse limpios, sin humedad y de tal forma que los posibles efectos electroquímicos no destruyan, con el tiempo, las conexiones efectuadas. Para ello, se pueden proteger los contactos con pasta o revestimientos, siempre que la resistencia eléctrica de los contactos no resulte elevada.

Reglamentariamente, está prohibido interrumpir los circuitos de tierra con seccionadores, fusibles o disyuntores automáticos. Pueden formar parte del circuito de tierra las armaduras metálicas fijas, siempre que estén adecuadamente conectadas, pero no así las móviles, pues al retirarlas por cualquier causa, quedaría el circuito interrumpido, lo que puede provocar graves accidentes. Para terminar, en la tabla que sigue a continuación se expresa la corriente admisible en los materiales más empleados como conductores de los circuitos de tierra.⁸

Corriente admisible en los conductores a tierra, con una temperatura final de 150°C.

⁸ MANUAL DE PUESTAS A TIERRA .Edición CEAC Pag. 15, 4

SECCION mm ²	Máxima corriente admisible en amperios		
	Conductores de acero	Conductores de aluminio	Conductores de cobre
35	-----	200	250
50	100	250	350
70	175	-----	-----
100	200	-----	-----
200	300	-----	-----

Distribución de las caídas de tensión en las tomas de tierra.

b) Puesta a tierra

Para las tomas de tierra tiene importancia fundamental la resistividad del terreno. Esta resistividad se expresa en ohmios por metro suponiendo una sección 1m² y depende de la naturaleza del terreno, de la humedad, de las sustancias acidas y básicas que contenga. En la relación que sigue, expresamos los valores de la resistividad para algunas clases de terrenos:

TERRENOS	RESISTIVIDAD
Terreno Pantanoso o húmedo	50 ohmios-metro
Tierra de labor, tierra arcillosa	100 ohmios-metro
Tierra arenosa húmeda	200 ohmios-metro
Tierra arenosa seca	1.000 ohmios-metro
Tierra guijarrosa	1.000 ohmios-metro
Suelo rocoso	3.000 ohmios-metro

Es necesario disponer, para el paso de la corriente, de una sección suficientemente grande, ya que la resistencia de paso de un conductor metálico a tierra no resulta de un efecto de resistencia de la superficie de limitación sino, más bien, de la resistencia de difusión de la corriente en el terreno. La forma de la toma de tierra, el valor de su superficie y la resistividad del terreno determinan la forma de efectuar esta difusión de corriente.

Ahora bien, la difusión de la corriente por el terreno ocasiona una caída de tensión que depende de la resistividad de éste. Se ha demostrado que esta caída de tensión es máxima en la vertical de la toma de tierra y disminuye; a unos 20m de dicha toma, resulta inapreciable. La consecuencia de esto es que se produce un embudo de tensión en la zona próxima a la zonas próxima a la toma tierra; si medimos la caída de tensión metro con un voltímetro y una sonda y llevamos a un gráfico los valores medios, se obtienen una curva de potencial que tiene efectivamente una forma de embudo y que, en proyección horizontal tiene efectivamente forma de embudo y que, en proyección horizontal tiene la forma representada en la figura 5. Cuando más profunda es la toma de la tierra, más se aplanan el embudo de tensión, lo que tiene gran importancia.⁹

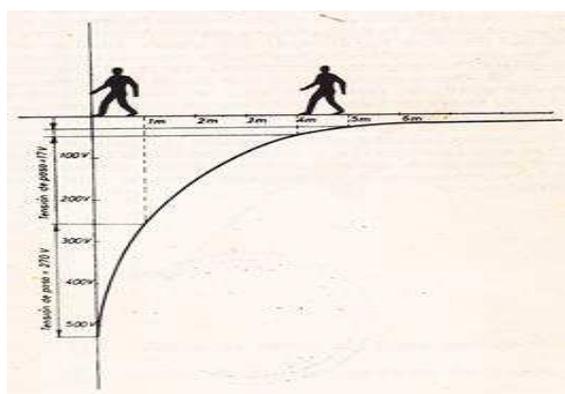


FIG.5 Paso de corriente en puestas a tierra

⁹ MANUAL DE PUESTAS A TIERRA. Edición CEAC Pag. 15, 4

Cuando una persona se encamina paso a paso hacia el lugar de la toma de tierra, está sometida a una tensión entre los dos pies que se denomina tensión de paso; esta tensión de paso se refiere a un metro de longitud de paso para hombre y a 1,5 m para los animales domésticos. La tensión de paso puede resultar peligrosa en determinadas circunstancias, sobre todo si la toma de tierra no es suficientemente profunda; el peligro es mayor para los animales domésticos porque la mayor separación entre las extremidades sirve de puente para mayores tensiones y, además, por su constitución anatómica, el corazón se encuentra en la trayectoria.

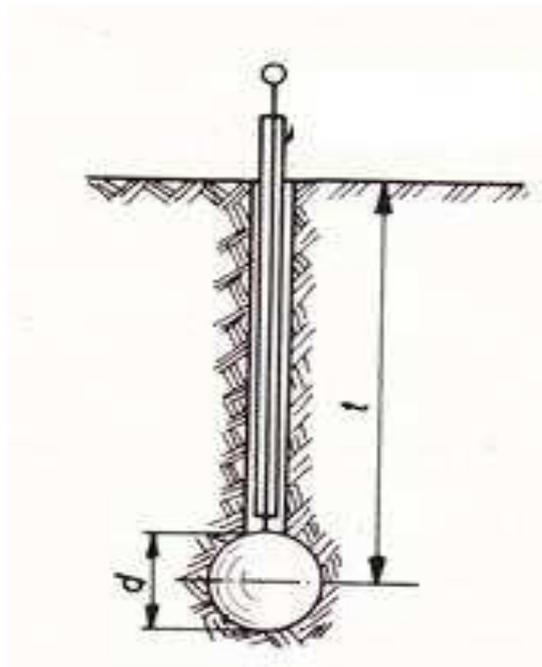


FIG. 6 Distribución de las caídas de tensión en una toma de tierra con tomas de tierra de mando.

Si se quieren evitar los peligros de la tensión de paso habrá que enterrar la toma de tierra muy profundamente; pero esto, en ocasiones, no es posible por la naturaleza rocosa o por razones económicas. Entonces ha de recurrirse a las tomas de tierra de mando que están constituidas por bucles concéntricos colocados a cierta profundidad alrededor de las tomas de tierra propiamente dichas y unidos eléctricamente en entre sí y con la tierra por medio de

conductores metálicos. Colocando estos bucles a la misma profundidad que la toma de tierra, se obtiene un embudo potencial como el representado en la presente lámina, ósea que en la proximidad de la toma de tierra la variación de potencial es prácticamente nula.

Esta variación de potencial aparecerá a partir del bucle más alejado y, además es más aplanada que la correspondiente a la toma sin toma de mando, como puede comprobarse en la misma lámina, donde también se ha representado la versión de potencial para la toma de tierra aisladamente.

Puede introducirse en el terreno un cuerpo de gran superficie, buen conductor de la electricidad, procurando que el conductor de baja tensión, conectado con el anterior, este aislado. La resistencia de la puesta a tierra viene expresada por.

$$R_r = \frac{p}{d} \times \frac{1}{t} = \text{ohmios}$$

Dónde:

R_r = Resistencia de la puesta a tierra

p = resistividad del terreno en ohmios

d = diámetro de la toma de tierra

t = la profundidad de la varilla puesta a tierra

c) Tomas de tierra en forma de placa.

Más interesante que la placa está colocada de plano sobre el suelo; este es el caso de las bases metálicas de máquinas, chapas o planchas colocadas en el suelo, etc. Si se supone una placa circular de diámetro d , la resistencia de puesta a tierra será:

$$R_r = \frac{p}{d} = \text{ohmios}$$

Más interesante es el caso de las placas enterradas utilizadas como verdaderas tomas de tierra. Es diferente que la placa se coloque horizontal o verticalmente siempre que la profundidad sea elevada respecto al diámetro de la placa.

Si se supone una placa circular de diámetro d , la resistencia de la toma de tierra es:

$$R_r = \frac{d}{4} = \text{ohmios}$$

Si la placa es rectangular o cuadrada, la fórmula anterior se sustituye por la siguiente:

$$R_r = \frac{a+b}{4} = \text{ohmios}$$

Siendo a y b las longitudes de los lados de la placa.

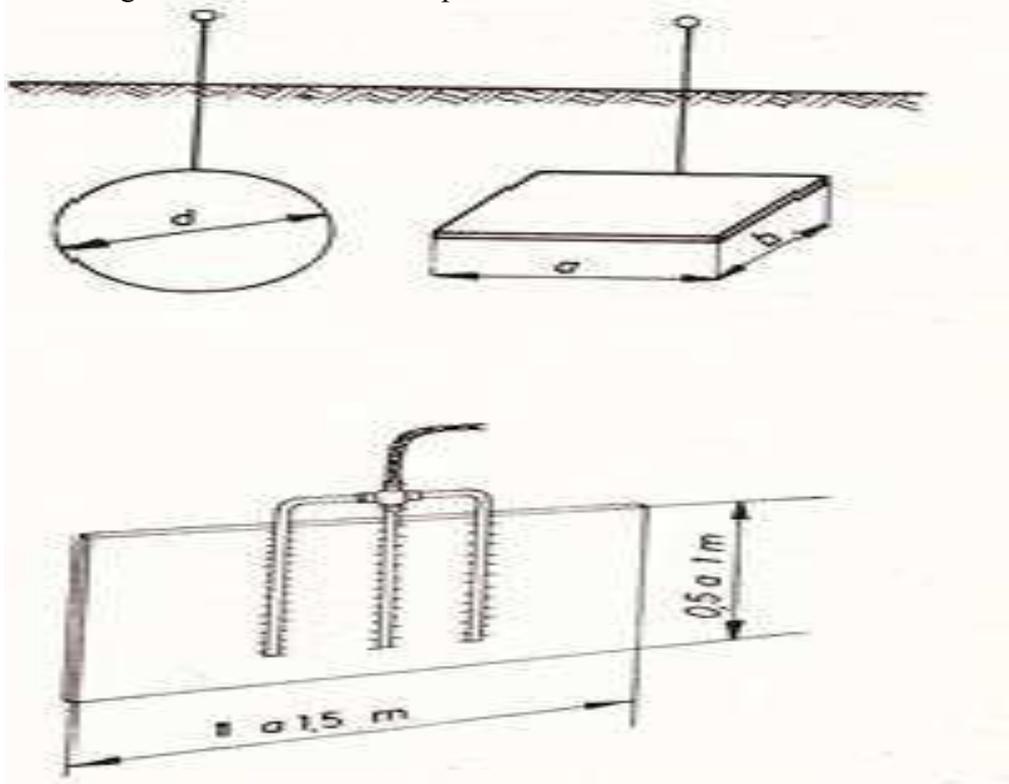


FIG. Pletinas tomas de tierra

Las placas empleadas como tomas de tierra son de palastro galvanizado, con un espesor mínimo de 3 mm y con dimensiones expresadas en la presente lámina. Se introducen en el terreno a profundidades de 2 a 3 m

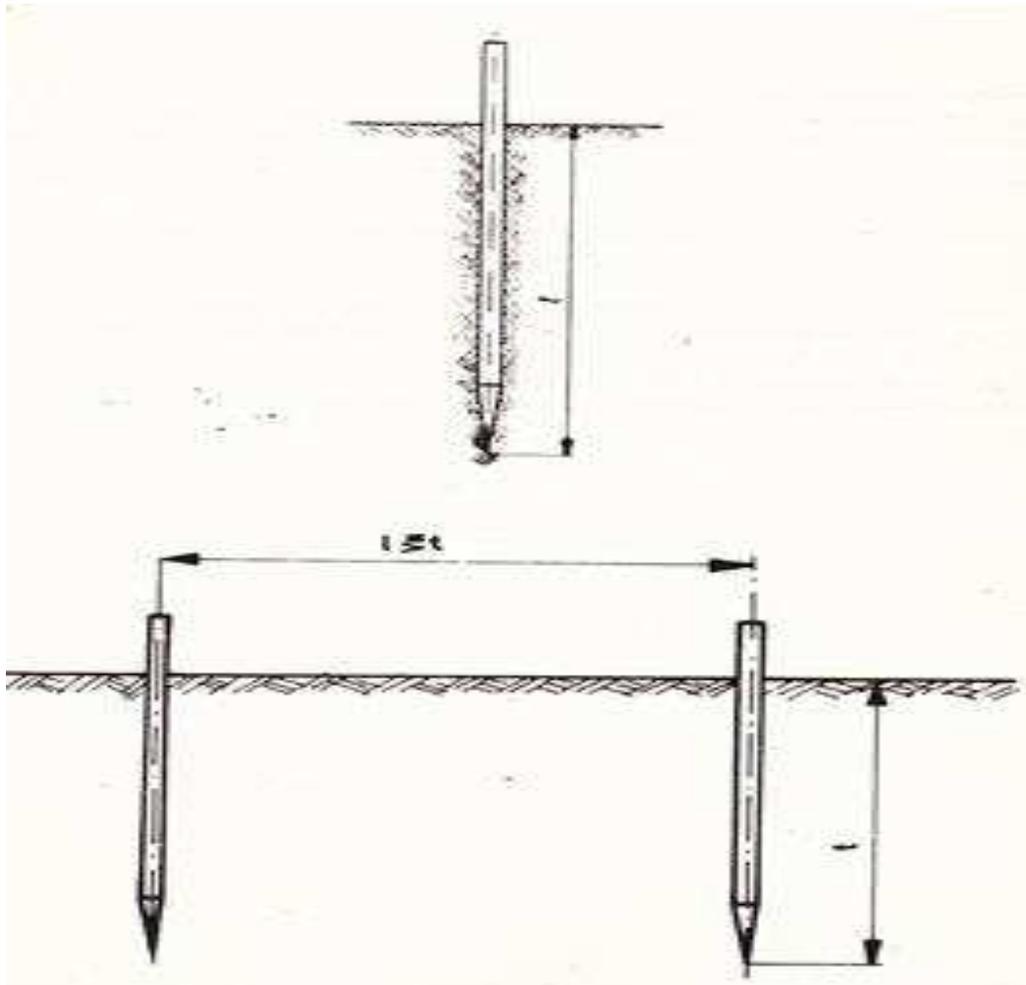


FIG. 8 Picas puestas a tierra

Este sistema es muy empleado. Consiste en clavar verticalmente en el terreno tubos de hierro galvanizado a profundidades adecuadas. El diámetro del tubo apenas influye en el valor de la resistencia eléctrica; para una profundidad t la resistencia de toma de tierra es:

$$R_r = \frac{\rho}{t} \text{ ohmios}$$

Cuando la resistencia deseada no se puede conseguir con una sola toma de tierra, se clavan otra u otras; la distancia entre las tomas de tierra ha de ser, por lo menos igual a la profundidad t a que están clavadas las picas de lo contrario la instalación de las tomas de tierra resultaría contraproducente porque el embudo de tensión obtenido sería peligroso.

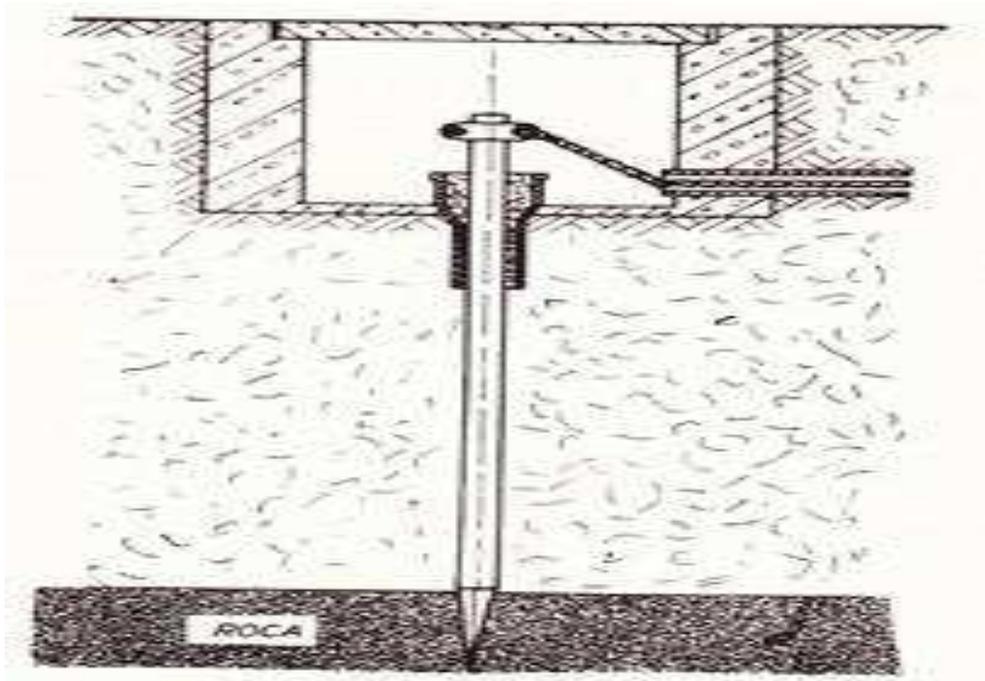


FIG. 9 Forma de conectar la varilla puesta a tierra

ene amente as t mas de tie a de i a s n de a e a ani ad en ma de t b de ”
 perfil laminado en ángulo de 36 x 65 x 7, etcétera. Con menos frecuencia, se emplea varilla redonda de acero cobreado de 15 mm de diámetro, con recubrimiento de cobre de 2,5 mm de espesor o, también, tubo de cobre de 30 X 3 mm.

Para clavar con mayor facilidad las picas en el terreno se fabrican desmontadas, en elementos de 1,5 m de longitud que se introducen en el terreno con mazas, martillos, etc. El primer elemento va provisto de una punta de acero templado; todos los elementos son montables entre sí y se van introduciendo sucesivamente en el terreno. Por lo general, se

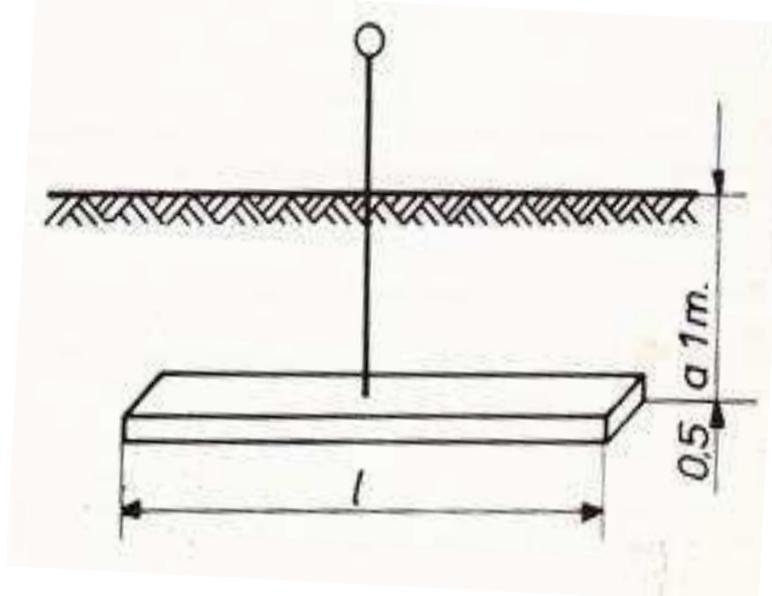
colocan trampillas de vigilancia, que a la vez, protegen la toma de tierra, tal como se expresa en la lámina.

En el caso de tomas de tierra de pletinas, éstas se colocan en el suelo, a poca profundidad y horizontalmente; se extienden en una gran superficie y son utilizadas sobre todo en instalaciones a la intemperie y, también, en aquellos casos en que no puede utilizarse otro tipo de tomas de tierra (por ejemplo en terrenos rocosos).

Si l es la longitud de la toma de tierra su resistencia eléctrica será:

$$R_t = 2\rho / l = \text{ohmios}$$

Por lo tanto, indistintamente se pueden utilizar para las tomas de tierra, conductores en forma de tubos o en forma de pletina ya que la forma de estas tomas de tierra no influyen en el valor de la resistencia. En las tomas de tierra en forma de bucle, el conductor que constituye la toma de tierra se cierra sobre sí mismo para formar un bucle (rectangular, triangular, etc...). Sin embargo, en la fórmula que no se expresa la resistencia de tierra en forma de pletina.



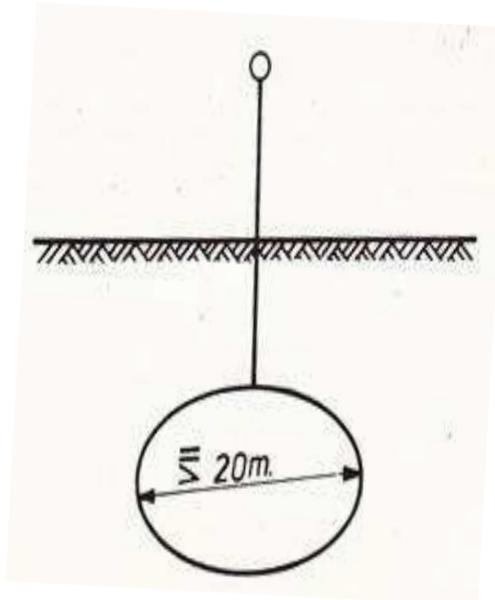


FIG. 10 Puesta a tierra en forma de bucle.

En las tomas de tierra en estrella a partir de 6 ramificaciones, el aumento de éstas contribuye poco a la disminución de resistencia, por lo que se adopta este número, como máximo; además los ángulos no deben ser inferiores a los 60° . Para calcular la resistencia de puesta a tierra, se aplica la misma fórmula que el caso de pletina pero teniendo en cuenta que se ha de considerar una longitud igual a la suma de las longitudes de los conductores radiales.

Si se unen entre sí las ramificaciones que constituyen una toma de tierra en estrella, en una red estrellada en bucle. También puede formarse una excelente toma de tierra mediante un enmallado metálico rectangular en ambos casos, la fórmula que nos expresa la resistencia de puesta a tierra es la misma que para el caso de toma de tierra en forma de placa. El diámetro, o la longitud del mayor lado en la superficie enmallada no debe sobrepasar los 20 m.

Para el montaje de tomas de tierra de pletina, bucle, estrella o en malla, se emplea alambre de acero de sección mínima 100 mm^2 y espesor mínimo de 3mm o cable galvanizado de hierro de sección mínima de 95 mm^2 . Algunas veces se emplea también el acero cabreado

con sección mínima de 50 mm² y, finalmente, conductor desnudo de cobre de 35mm² de sección mínima.¹⁰

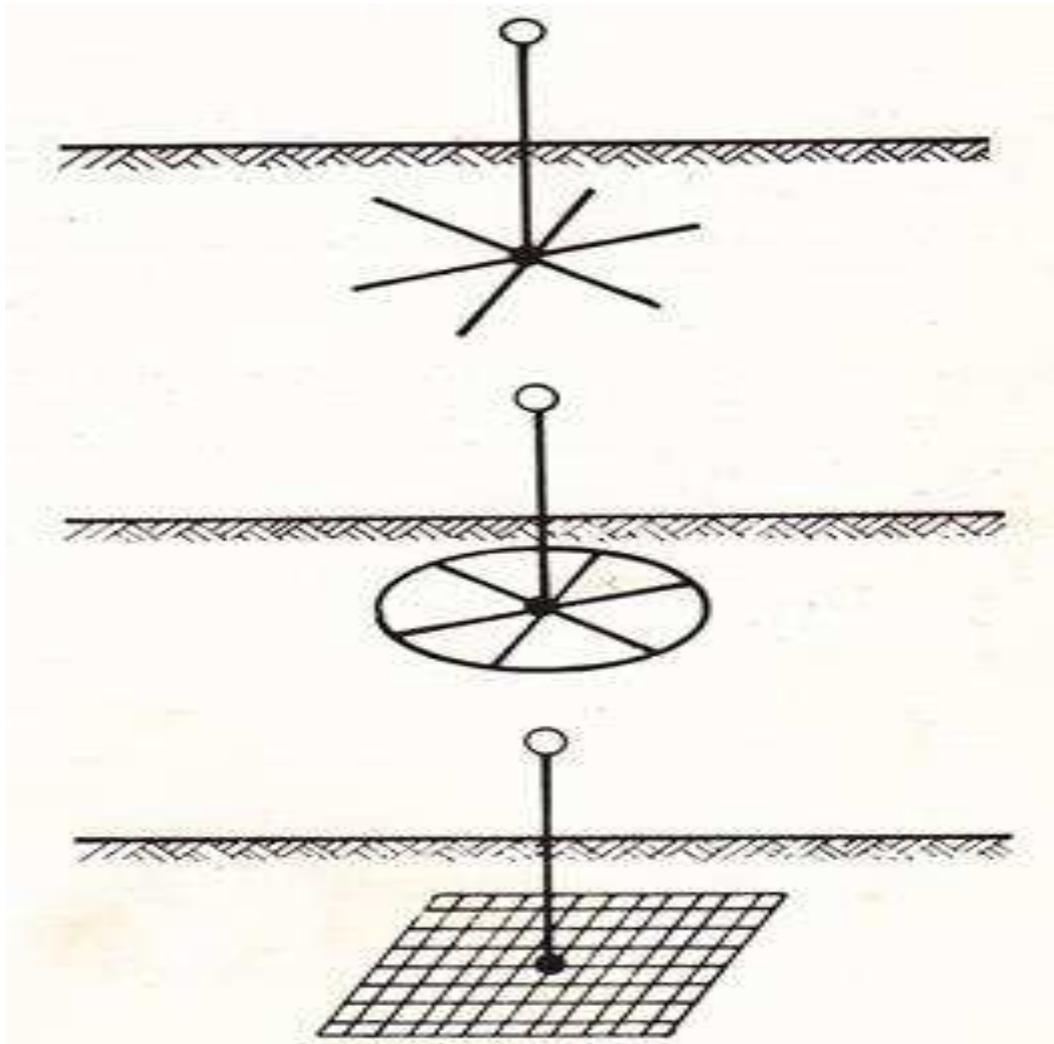


FIG. 11 Puesta a tierra en malla y estrella

Estos dispositivos facilitan la instalación de los conductores de protección, las líneas de enlace con tierra, y la conexión de las picas.

¹⁰ MANUAL DE PUESTAS A TIERRA .Edición CEAC Pag. 15, 4

En la presente lámina puede apreciar 5 modelos distintos de grapas de conexión para puestas a tierra. Están construidas de latón estampado y diseñadas para permitir La conexión vertical del cable a la pica (1), la conexión horizontal y de paso, (2 y 3) para enlace entre varias picas, y las uniones, a masa (4 y 5)

Estos dispositivos facilitan la instalación de los conductores de protección, las líneas de enlace con tierra, y la conexión de las varillas puesta a tierra.

d) Elementos.

A continuación se puede apreciar modelos distintos de grapas de conexión para puestas a tierra. Están construidas de latón estampado y diseñadas para permitir La conexión vertical del cable a la varilla enlace entre varias picas, y las uniones, a masa.¹¹



¹¹ www.procobre.org/archivos/mallas de tierra

5.1.9. Electrodo o varilla

Los tipos más conocidos dependen de varilla que será utilizada de acuerdo con las condiciones del suelo o de las características propias de la instalación. A continuación se relacionan los diferentes tipos de varillas de puesta a tierra:

Varilla de núcleo de acero recubierto de cobre, Varilla de cobre para suelos excesivamente corrosivos, Varilla de acero inoxidable o de núcleo de acero con chaqueta en acero inoxidable, Varilla de acero galvanizado en caliente.

a) Varilla de acero recubierto de cobre.

Su núcleo de acero debe ser de alta resistencia mecánica para ser hundido en la tierra. El cobre a utilizar en las varillas es de aleación con no menos del 99% de cobre. Deberá tener unión metálica por electro fusión o fusionada con núcleo de acero, en ningún momento deberá existir separación física de los dos metales. El espesor que tiene el cubrimiento de cobre no debe ser menor a 0.25 mm en cualquier punto.

b) Varilla de acero cubierto de acero inoxidable.

Debe ser austenítico no magnético y resistente a la corrosión, el recubrimiento de acero inoxidable no debe ser menor a 0.38 mm en cualquier punto.

c) Varilla de cobre.

La varilla de cobre para sistemas de puesta a tierra deberá tener buena dureza para ser introducido en el suelo. Y podrá ser tipo TF00, TD04 y TH04 según normas ASTM.

d) Varilla de acero galvanizado en caliente.

El proceso de trefilado debe ser tratado en inmersión en caliente. Se utilizará para suelos no corrosivos. El acero debe ser tal como lo establece la norma ANSI C 135.30. El roscado, la resistencia, rigidez y acoples deben ser de acuerdo con la norma ANSI C135.1.

5.1.10. Geométricas y dimensionales

Las varillas puestas a tierra serán de dos tipos de longitud: entera de 2.4 m o fraccionadas de una longitud de 1.2 m. cuando sea necesario mejorar la puesta a tierra incrementando la longitud de hincado. Cuando la varilla sea fraccionada la unión será por medio de un acople. La unión será cilíndrica y biselada en sus extremos, de bronce de alta resistencia mecánica.

El clavado de la varilla fraccionada será a través de un tornillo sufridera de cabeza hexagonal con rosca 16 x 2, de acero tipo SAE grado 5. Esta rosca no deberá tener punto donde se haga visible el acero.

La longitud mínima de clavado es de 2.4 m.

Los diámetros de las varillas de acero cubierto de cobre serán:

1/2 pulgada para suelo blando.

5/8 pulgada para suelo semiduro y 3/4 pulgada para terreno duro.

Para las varillas de acero galvanizado de inmersión en caliente, el diámetro mínimo es de 5/8 pulgada.

Para las varillas de cobre es de 3/4 pulgada y para las varillas que de acero inoxidable el diámetro es de 1/2 pulgada.

Para las varillas de cobre y de hierro galvanizado en caliente se aceptarán también perfiles no redondos pero con un perímetro no menor de 40.6 mm y espesor no mínimo de 9.5 mm la varilla será de sección circular y terminada en la punta tal como se establece en la figura.



5.1.11. Características técnicas de las varillas

a) Características Eléctricas

La conductividad del cobre utilizado en el recubrimiento debe ser de 99,5%, en el caso de que fueran de cobre puro la conductividad deberá ser la mínima exigida por la norma que se aplica.

b) Mecánicas

La varilla de acero recubierta de cobre debe tener una unión metalúrgica entre el acero y el cobre. La resistencia aplicada a la tensión del núcleo de acero debe oscilar entre 75000 y 95000 libras de presión.

El esfuerzo a la deformación debe estar entre 65000 y 85000 libras de presión con un alargamiento entre el 15% y 25%.

La varilla de acero cubierto de cobre debe ser adherente, para la varilla de acero galvanizado con inmersión caliente, la resistencia a la tensión debe oscilar entre 80.000 y 100.000 libras de presión.

Para las varillas de acero inoxidable la resistencia a la tensión debe ser de 80.000 libras de presión.

Para las varillas de cobre puro la resistencia a la tensión deberá tener como mínimo 65.000 libras de presión.

c) Químicas

Las varillas de acero recubiertas de cobre y las galvanizadas con inmersión en caliente están compuestas por:

Carbono: 0.10 - 0.38.

Manganeso: 0.03 - 0.095.

Fósforo: 0.040 máximo.

Sulfuro: 0.050 máximo.

Además de cualquier otra que cumpla la resistencia a la tensión.

El acero inoxidable 18% de cromo, 8% de níquel.

Las de acero inoxidable: carbón 0.08%, manganeso 2% máximo y silicio 1% máximo.

d) Acabado y recubrimiento

Las varillas de acero recubierto de cobre, no deben tener imperfecciones. Cuando se utiliza el proceso de electro-plateado para aplicar el cobre es recomendable ser tratado químicamente con un recubrimiento retardante de oxidación entre el metal y la atmósfera. La varilla de acero galvanizada con inmersión en caliente debe estar libre de burbujas de aire, zonas negras, escamas y materiales extraños incrustados en la varilla.

e) Resistencia a la corrosión

La puesta a tierra debe soportar como mínimo 15 años la resistencia a la corrosión desde el momento que es instalada.

5.1.12. Normalidad de los sistemas de pararrayos

Las normas que a continuación detallamos son válidas para la construcción de un pararrayos, ya que contienen disposiciones que se hace referencia. Estas están sujeta a revisión y aquellos que toman parte en los acuerdos basados en estas, están invitados a estudiar la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de los documentos indicados a en los anexos.

5.2. Dispositivos de captación

5.2.1. Principios generales. Un pararrayos con dispositivo de cebado (PDC) está constituido por una o más puntas captadoras, dispositivos de cebado y un eje sobre el que se soporta el sistema de conexión del conductor de bajada, se caracteriza por su avance en el cebado. Esto se evidencia en los ensayos de evaluación. Dichas pruebas comparan un pararrayos con dispositivo de cebado y un PR con su dispositivo de cebado anulado, de la misma geometría y en las mismas condiciones de ensayo.

- a) **Elección y posicionamiento del PDC.** En todo sistema de protección rayo, se realiza un estudio previo para determinar el nivel de protección requerido
- b) **Materiales y dimensiones.** Las partes del PDC por las que circula la corriente del rayo serán de cobre, aleación de cobre, aleación de aluminio o acero inoxidable. La punta tendrá una sección conductora superior a 120 mm^2 .
- c) **Construcción Pararrayos con dispositivo de cebado.** La punta de un PDC debe estar situada al menos 2 m por encima de la zona que protege, incluyendo antenas, torres etc.
- d) **Mástiles autónomos.** Los PDCs pueden estar ubicados sobre mástiles autónomos. En caso de sujeción mediante vientos conductores, estos estarán unidos en sus puntos de anclaje a nivel de suelo los conductores de bajada mediante conductores
- e) **Puntos de ubicación preferentes.** Cuando se diseña un sistema de protección contra el rayo, se debe tener en cuenta aquellos puntos de la arquitectura propicios para la ubicación del PDC.
- f) **Conductores de bajada principios generales.** Los conductores de bajada están destinados a conducir la corriente del rayo desde los dispositivos de captación hasta las puestas a tierra.
- g) **Número de bajantes.** Cada PDC estará unido a tierra por al menos una bajante. Serán necesarias al menos dos bajantes en los casos siguientes:
- Si la proyección horizontal del conductor es superior a su proyección vertical.
 - En el caso de realización de instalaciones sobre altura superior a 28 m.

Las dos bajantes deberán realizarse sobre dos fachadas distintas, siempre que esto sea posible

h) Trayectoria. El conductor de bajada se instalará de tal forma que su recorrido sea lo más directo posible. Su trazado tendrá en cuenta el emplazamiento de la toma de tierra y deberá ser lo más rectilíneo posible, siguiendo el camino más corto, evitando cualquier acodamiento brusco o remonte. Los radios de curvatura no serán inferiores a 20 cm. Para la desviación de los cables de bajada, se utilizarán preferentemente los codos formados por las esquinas.

Se evitara las elevaciones. Se preverán lugares de paso lo más directo posible para los conductores. En cualquier caso, se admite una variación de 40 cm para esquivar una elevación con una pendiente menor o igual a 45 grados.

i) Trayectoria por interiores. Cuando es imposible realizar una bajante exterior, el cable de bajada podrá ir dentro de un tubo, destinado especialmente a tal efecto, que recorra la pared en toda su altura o sólo en parte.

j) Revestimiento exterior. Cuando el exterior de un edificio está provisto de elementos metálicos, o de un elemento fijo de revestimiento, el conductor de bajada se puede fijar detrás del revestimiento sobre el hormigón o la estructura que lo soporta.

k) Materiales y dimensiones. Los conductores de bajada podrán ser pletinas, trenza plana, cable trenzado o redondo. La sección mínima ha de ser de 50 mm².

l) Unión de comprobación de tierras. Cada conductor de bajada estará provisto de un manguito seccionador, junta o toma de control o puente de comprobación que permita desconectar la toma de tierra a fin de efectuar la medición y estará etiquetado con la inscripción pararrayos y el símbolo .

m) Contador de impacto de rayos. Cuando la instalación esta provista de un contador de impactos de rayo, éste debe estar instalado sobre el conductor de bajada más directo, por encima de la junta de control y, en todos los casos, aproximadamente a 2 m por encima del suelo

➤ Componentes naturales. Entre los elementos conductores que componen la estructura, algunos pueden reemplazar en todo o en parte a una bajante o servir de complemento de ésta.

➤ Componentes naturales que pueden reemplazar en todo o en parte a la bajante. En general, las armaduras de acero exteriores interconectadas como estructuras metálicas pueden ser utilizadas como bajantes siempre que sean conductores y su impedancia sea menor o igual a 0.01 .

➤ Componentes naturales que pueden complementar a las bajantes. Los siguientes elementos pueden ser utilizados como complemento del sistema de protección contra el rayo y unidos al mismo:

➤ Estructuras metálicas interiores, los armazones metálicos del hormigón y las estructuras metálicas

➤ Estructuras metálicas exteriores que no abarquen toda la altura del edificio, la continuidad eléctrica entre las diferentes partes se debe realizar en forma perdurable; estas no deben estar revestidas de material aislante

5.2.2. Equipotencialidad de las masas metálicas e instalación interior de protección contra el rayo.

a) Unión equipotencial. Un sistema equipotencial se realizará mediante conductores , vías de chispas o protectores contra sobretensiones, en el punto de

mayor proximidad entre el conductor de bajada o el PDC, por el que pasa la corriente de rayo, y el elemento se pondrá al mismo potencial ubicado sobre la estructura, en sus paredes o en el interior de las mismas.

b) Distancia de seguridad. Mínima entre un conductor de bajada por el que se descarga la corriente del rayo y una masa conductora próxima unida a tierra, en la que no hay formación de chispas peligrosas

c) Equipotencialidad de las masas metálicas interiores: instalación interior de protección contra el rayo.

d) Puestas a tierra: Se montara una toma de tierra por cada conductor de bajada. Tomando en cuenta el impulso de la corriente del rayo y para asegurar el camino más fácil posible hacia tierra, minimizando siempre el riesgo de aparición de sobretensiones peligrosas en el interior del volumen a proteger, es importante ocuparse de la forma y dimensiones de la puesta a tierra, así como del valor de su resistencia.

Se deberá contar con una mínima superficie de contacto del electrodo de tierra con el terreno, a fin de facilitar la dispersión de la corriente del rayo en tierra en un espacio de tiempo muy corto.

e) Diferentes tipos de tomas de tierra; Las dimensiones de las puesta a tierra dependen de la resistividad del suelo en el que están realizadas. La resistividad puede variar considerablemente según la naturaleza del terreno como la arcilla, arena, roca.

5.2.3. Disposiciones complementarias; Cuando la resistividad elevada del terreno no permita obtener una puesta a tierra inferior a 10 ohmios, se puede realizar las siguientes medidas complementarias:

- Ubicar alrededor de los conductores de tierra un material no corrosivo mejorador de la conductividad del terreno.
- Añadir puestas a tierra en forma de pata de ganso o conectar con varillas ya existentes
- Multiplicar el número de las puestas a tierras, uniéndolas entre sí; Realizar un tratamiento que permita una disminución de la impedancia y posea un alto poder de disipación
- Si tras la aplicación de las disposiciones enunciadas no se consigue disponer de una resistencia menor a 10 ohmios.

5.2.4. Condiciones de proximidad

Los elementos que forman las puestas a tierra de los pararrayos deben distar al menos 2 m de distancia de toda canalización metálica o eléctrica enterrada siempre que estas canalizaciones no estén eléctricamente conectadas a la unión equipotencial principal del edificio.

Para los terrenos de resistividad superior a 500 ohmios la distancia mínima será de 5 m.

5.2.5. Protección contra la corrosión

5.2.5.1. Precauciones y medidas a adoptar. A fin de reducir la corrosión, es necesario:

- Se evitara el uso de metales no apropiados dentro de un ambiente agresivo;

- Evitar el par galvánico producido por la unión de metales diferentes;
- Sección adecuada de los conductores y fijaciones resistentes a la corrosión;
- Contar para casos críticos los revestimientos protectores adecuados a las influencias externas.

A fin de satisfacer las condiciones dichas anteriormente, sirven las siguientes precauciones como ejemplos:

- A. Las uniones podrán realizarse mediante protectores contra sobretensiones,
- B. El diámetro mínimo de un elemento conductor debe cumplir las disposiciones de esta norma; están enfundados de forma perdurable o adecuada;
- C. Los empalmes de cobre o aluminio deben, si es posible, ser evitados. En caso contrario, las uniones se realizarán mediante la conexión bimetálica apropiada.
- D. El cobre es apropiado para puestas a tierra, salvo en ciertas condiciones ácidas, en presencia de oxígeno y sulfatos.
- E. Los conductores de bajada necesitan un revestimiento si están sometidos a humos de naturaleza sulfúrica o amoniacal.
- F. Las fijaciones de los conductores se harán en inoxidable o en material sintético apropiado en el caso de ambiente corrosivo.

5.2.6. Mantenimiento de los sistemas.

El mantenimiento de cualquier SPCR es indispensable. Porque ciertos componentes pueden perder su eficacia con el transcurso del tiempo, debido a la corrosión, inclemencias atmosféricas, golpes mecánicos e impactos del rayo. Las características mecánicas y eléctricas de un sistema de protección contra el rayo deben ser mantenidas durante toda su vida, con el fin de satisfacer las prescripciones necesarias.

Desde el momento de su instalación de un PDC, ésta debe ser objeto de mantenimientos destinados a asegurar que está correctamente realizada de acuerdo con esta norma, y con esta verificación se basa en los siguientes puntos:

- a) Asegurar que el PDC esté al menos 2 m por encima de cualquier elemento de la zona a proteger;
- b) Naturaleza y sección de los materiales utilizados para los conductores de bajada;
- c) Trayectoria, emplazamiento y continuidad eléctrica de los conductores de bajada;
- d) Fijación mecánica de los diferentes elementos de la instalación;
- e) Respetar las distancias de seguridad y/o la presencia de uniones equipotenciales;
- f) Resistencia de las tomas de tierra;
- g) Interconexión de las tomas de tierra.

En cualquier caso, cuando la totalidad o parte de un conductor no sea visible, es aconsejable realizar una medida de su continuidad eléctrica.

➤ **Periodicidad.** La periodicidad viene recomendada por el nivel de protección. Se recomiendan las periodicidades siguientes:

➤ **Procedimiento de verificación.** Primeramente se deberá verificar que todos los componentes del SPCR cumplen esta norma. Se debe realizar una inspección visual para asegurar que:

NIVEL	PRERIODICIDAD NORMAL	PERIODICIDAD ESPECIAL
I	2 año	1 año
II	3 años	2 años
III	3 años	2 años

➤ Cualquier extensión o modificación de la estructura protegida necesita o no

la instalación de disposiciones complementarias.

➤ las distancias de seguridad deben ser respetadas y las uniones equipotenciales sean suficientes y estén en buen estado.

Por tanto, todo sucede como si el extremo del trazador descendente estuviese rodeado de una esfera ficticia, de radio D , centrada sobre el extremo, y como si esta esfera acompañase rígidamente el extremo del trazador descendente.¹²

5.2.7. Construcción de la unidad de descarga

Para la construcción de la unidad de protecciones contra descargas atmosféricas se debe seguir los siguientes pasos

5.2.8. Ubicación del electrodo.

El electrodo de puesta a tierra de un sistema para protecciones atmosféricas debe instalarse en un sitio accesible para mediciones periódicas programadas y lo más cercano posible al equipo a proteger, de preferencia en la misma área. Recordemos que en donde estemos existe tierra por debajo de lo que estamos pisando, el objetivo del sistema es la disipación eficiente de corrientes en el subsuelo por lo que el relleno de la fosa es un procedimiento importante.

5.2.9. Construcción del foso.

Las dimensiones del foso a construir deben ser acordes al modelo y altura de soporte que se va a instalar. Estas dimensiones se pueden ver a continuación:

Dimensiones del pozo en cm.

¹² www.totalground.com/manual tierra- pararrayos

ELECTRODO	DIMENSIONES
TG-45 AB-K	40 X40 X90
TG-70K	40X40X110
TG-100K	50X50X110
TG-400K	60X60X110
TG-700K	90X90X110
TG-1000K	150X150X230

En casos extremos, cuando el suelos con un nivel freático muy elevado en diferentes zonas del país por lo cual si en alguna ocasión existe el inconveniente de fosas inundadas, entonces será necesario drenar rápidamente el agua y de inmediato continuar con el procedimiento siguiente.

Concluido el foso, se retira el material excavando todo lo que tenga un tamaño mayor a 2 cm. como piedras, basura, etc. Posteriormente use este material en el electrodo para el relleno del foso. También se puede utilizar tierra negra u orgánica para este fin. Con el fin de lograr la mejor puesta a tierra con una resistencia baja y permanente, en la instalación de los sistemas de tierra se recomienda utilizar el acondicionado de suelo H2Ohm.

Se coloca el electrodo dentro del pozo nivelándolo y dándole orientación hacia el norte a una de sus aristas, se vierte una capa de aproximadamente 5 o 10 cm de H2Ohm y apisonélo, utilizando tierra que se retira del pozo, hasta llegar a 10 cm. Por debajo de la superficie de la bobina LCR del electrodo, siguiendo la siguiente tabla.

ELECTRODO	SACOS DE H2O _{hm}
TG-45 AB-K	1
TG-70K	1
TG-100K	1
TG-400K	1
TG-700K	4
TG-1000K	8

Es necesario agregar agua para obtener los beneficios del H2O_{hm} ya que éste retiene el agua manteniendo húmeda la zona. Una vez hecha la instalación se recomienda agregar; 20 litros de agua al foso por cada saco de H2O_{hm} para activar el compuesto.

5.2.10. Instalación.

El nivel del compuesto H2O_{hm} que varía según el kit y las dimensiones de la fosa, si desea aún mejores resultados se recomiendan llenar la fosa con el compuesto H2O_{hm}, se debe de realizar con cuidado de no dañar el electrodo, y para compactar el material de relleno, se recomienda utilizar un pisón con superficie de impacto preferentemente de hule o madera.

En caso de utilizar un pisón metálico se recomienda de tener cuidado, ya que este pudiera dañar el electrodo luego, para la terminación del foso se utiliza un registro que proporciona fácil acceso a la conexión del conductor con la parte superior del electrodo, facilitando la medición de la resistencia del sistema. Al terminar el vaciado del foso, independientemente del tipo de registro que se utilice, se debe poner una capa de cemento de 8 cm. aproximadamente rodeando la bobina hasta el registro para darle solidez a la misma.

5.2.11. Instalación del acoplador.

Los sistemas de los electrodos de puesta a tierra, si están disponibles en los predios en cada edificación o estructura alimentada, cada elemento siguiente: cualquier electrodo, se debe conectar equipotencialmente entre sí para formar el sistema del electrodo de puesta a tierra como lo son:

- a) Tubería metálica subterránea para agua.
- b) Armazón metálico de una edificación o estructura.
- c) Electrodo revestido en concreto
- d) Anillo de puesta a tierra.

5.2.12. Descripción del acoplador.

El Acoplador, es el complemento del electrodo y es la interfaz entre los equipos a proteger y el propio electrodo.

5.2.13. Conexiones en el acoplador y el registro.

En el momento de la conexión, es importante que se respete el orden de las conexiones en el acoplador, también es importante también que los cables de conexión con el acoplador salgan cada uno de manera perpendicular y no crucen por encima del acoplador. Así como en el acoplador, las conexiones en el registro son muy importantes. Es importante que la conexión en el registro sea directa al borne del electrodo. El cable no debe tener curvas dentro de los registros.

5.2.14. Instalación del cableado.

Por medio de los cables de conexión se obtiene la interface de la carga con la tierra, Es de suma importancia que se tomen en cuenta aspectos como el aislamiento de los conductores, el color negro o verde de estos, el calibre del conductor, las limitaciones en las longitudes máximas de conductor a utilizar.

5.2.15. Tipos de Cableado.

Cuando el sistema que se va a instalar es de tierra física, la distancia máxima vertical entre el electrodo y el acoplador de 85m. En el sistema contra descargas atmosféricas, la distancia máxima entre el electrodo y el acoplador es de 10m y la del acoplador a la punta del pararrayos de 235m. Todos los conductores empleados en la interconexión del sistema de tierras deben estar aislados. Los calibres de los conductores recomendados para sistemas de tierras se muestran en la siguiente tabla:

ELECTRODO	CALIBRE- AWG
TG-45 AB-K	4
TG-70K	4
TG-100K	2
TG-400K	1/0
TG-700K	1/0
TG-1000K	2/0 – 3/0

5.2.16. Tubería a utilizarse en el proyecto.

Para realizar el cableado, se debe de utilizar ductería Conduit de metálico que proporcione protección a los conductores. Es importante tener cuidado de que el diámetro y el tipo de la canalización conduit seleccionado sean los adecuados según las normas eléctricas, para el número de conductores y en la ubicación de empleados en la instalación como: suelo, muro, intemperie, etc. También se debe terminar las canalizaciones con las conexiones adecuadas, de tal manera que el cable no se dañe ni al momento de la instalación ni en futuros movimientos.

5.2.17. Pararrayos.

En las trayectorias de los pararrayos el ángulo de cambio de dirección del cableado, no debe ser menor a 45° , las vueltas deben tener un radio de curvatura amplio, deben ser las menos posibles y la trayectoria debe ser lo más recta posible. En el caso de estar realizando el cableado de un pararrayos, la tubería deberá ser también canalización Conduit o de PVC pesado. Se podrá realizar cambios de dirección con curva o codo Conduit, sin sobrepasar el ángulo indicado anteriormente.

Para realizar la interconexión de los elementos de los sistemas, se deberá utilizar conexiones exotérmicas, con opresor o mecánicos.

5.2.18. Montaje de punta pararrayos.

Para fijar la punta del pararrayos se debe pasar el conductor por el mástil a introducirlo, el cable en el barreno del vástago de la punta y apretar los opresores colocándolos en su posición adecuada dentro de su aislador a 3 m. sobre cualquier superficie a proteger. La punta se conecta al borne central del acoplador, estos van conectados a masas como tubería de agua, acero de refuerzo o armado de concreto y otro borne va conectado al electrodo.

5.2.19. Polaridad del suelo y medición.

La polaridad del suelo se logra en forma automática en el momento de la instalación del electrodo y consiste en un acomodo de cargas a nivel suelo en la periferia del electrodo, llevando así la polaridad hasta la punta del sistema contra descargas atmosféricas. De esta manera la punta pararrayos forma la semiesfera de protección que junto con el electrodo nos dará el diámetro de protección.

Los sistemas contra descargas atmosféricas deben proveer una resistencia a la carga menor o igual a 2 Ohms, es importante medir esta resistencia comprobando su correcto funcionamiento. Los métodos por los cuales se mide la resistencia son: Método de Wenner y Método de caída de potencial.

Para efectuar las mediciones de resistividad del terreno utilizando estos métodos es necesario contar con los siguientes materiales:

- Un Megger de cuatro terminales.
- Cuatro picas metálicas de aproximadamente 30cm. de longitud.
- Cuatro cables aislados para conectar las picas al megger

5.2.20. Método de Caída de Potencial: Este método se utiliza cuando el sistema ya se encuentra instalado. El sistema consiste en conectar el megger. Al realizar la medición con el megger, se obtendrá el valor de la resistencia del sistema respecto al suelo.

La distancia de separación entre el electrodo y la punta de corriente del megger debe ser de 10m. La medición de la resistencia del terreno se realizará a una distancia de 5m del electrodo en el punto sobre, se debe evitar en lo posible, que en la trayectoria de los puntos de prueba y el electrodo existan tuberías de metal, cuidando que los puntos de medición cumplan con los requisitos antes mencionados.

5.2.21. Materiales utilizados

a) **Poste de elevación**, para la colocación de la lanza del pararrayo se utilizó poste metálico de 12 metros de altura, con base de 3.5 pulgadas, reducido en su parte intermedia a 2.5 pulgadas y en su extremo 1.5 pulgadas; fijamente fijadas en base de hormigón armado con base metálica y pernos de 3/8 de diámetro.

b) **Puesta a tierra**: El sistema de descarga a tierra es de tipo mallado con conductor de cobre N° 2 AWG, en un área de 9 m² con compuesto mejoramiento de suelo.

c) **Descripción**: El sistema de puesta a tierra de tipo de descargas de fenómenos atmosféricos estará ubicado estratégicamente para asegurar un correcto sistema de protección de tierra para los pararrayos, constando de lo siguiente:

- a las de ... ed de . m ”
- Conductor de cobre desnudo # 2 AWG
- Puntos de suelda exotérmica para cables y varillas
- Terminales, elementos de limpieza, etc.
- Compuesto para mejoramiento de suelo. GEM

El terreno para plantar la varilla presentan las condiciones técnicas apropiadas, tanto en resistividad como en humedad.

5.2.22. Compuesto para mejoramiento de suelo.

Para el mejoramiento se utiliza una pasta homogénea que se forma utilizando agua al 70%; se vierte alrededor de los electrodos hasta el nivel superior del cuerpo mismo. Al ser mezclado con agua con un 70% de humedad se evita que tenga espacio de aire, mismo que

eleva la resistividad del suelo. El tipo utilizado es el H2O_{hm}, entra por gravedad en todas las cavidades y se tiene control del material utilizado, y teniendo unas características de:

- No es corrosivo
- No es reactivo
- No es explosivo
- No es toxico
- No es biológico infeccioso

5.2.23. Intensificador de tierra.

Sirve para el mejoramiento del suelo donde se ubica el sistema de descargas atmosféricas y tienen unas características

- Color: negro
- Densidad : 1.136 gr/cm
- Tamaño del grano : 200 Mills
- Olor característico : ligero
- % de solidos disueltos : 58.81
- Baja resistencia
- No corrosivo
- No toxico

5.2.24. Preparación.- Se verte la mezcla en un recipiente la cantidad de H2O_{hm}, que se desea preparar y se mezcla con agua hasta lograr un mezcla compacta, para luego ser rellenados los canales.

5.2.25. Conductores eléctricos

Su descripción general es: Conductor desnudo formado por varios 9 hilos de cobre en temple suave, dispuestos en pares y cuadretes cableados entre sí.

a) Especificaciones: UL 96A (Requerimientos de las instalaciones para sistemas de protección de alumbrado).

b) Principales aplicaciones: Se utilizan para la interconexión de puntas, bajadas y varillas de tierra en los sistemas de pararrayos de edificios y construcciones en general.

c) Características:

- El material de los alambres es cobre de alta pureza con un contenido mínimo de 99.9% de cobre.
- Temple suave.
- Calibre N° 2 AWG

d) Ventajas

- Por su alta conductividad fácilmente da paso a descargas atmosféricas.
- Su construcción permite un rápido enfriamiento o disipación de calor.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Su construcción flexible permite seguir el contorno de pretilas, techos y aristas durante su instalación.

5.2.26. Pararrayos a usarse: Para la construcción de nuestro sistema de protecciones contra descargas atmosféricas se utilizó el tipo de pararrayo Franklin TG-100K.

5.2.27. Características: También conocidos como puntas receptoras simples, son barras de bronce o acero inoxidable con el extremo afilado y unida entre sí con la puesta a tierra, o con agua mediante conductores metálicos colocados en los lugares a preservar. Fabricado en material de excelente conductividad, protegido en cromo, resistente a la corrosión, tipo helicoidal y pentapolar.

Se utilizó una punta receptora para mástil con conducción a tierra para descarga de la descarga atmosférica tipo Franklin TG-100K., mismos que poseen conductor desnudo de 19 mm. La base de la punta es rosca de $\frac{3}{4}$ de pulgada sus medidas son: longitud 250mm, diámetro 25mm² y peso 650g; construido bajo normas IRAM 2428.

5.2.28. Capacidad de Ruptura: La capacidad de pararrayo TG-100K, tiene una capacidad de ruptura de hasta de 15 KVA, con una protección de un radio de 24 mt., que a partir del centro del equipo integrado.¹³

¹³ [www.slidershare.net/queralescastillo/mejoramiento de suelo](http://www.slidershare.net/queralescastillo/mejoramiento%20de%20suelo)

CAPITULO II

6. HIPÓTESIS Y VARIABLE.

6.1. HIPÓTESIS.

El análisis, calculo y diseño de un sistema integral de protecciones contra descargas atmosféricas y sistemas de puestas a tierra en el laboratorio de la ULEAM Extensión Chone mejora la seguridad de sistemas eléctricos de media y baja tensión.

6.2. VARIABLE.

6.2.1. Variable Independiente (causa).

Análisis, Cálculo y diseño de un Sistema integral de protecciones

6.2.2. Variable dependiente (efecto)

Descargas Atmosféricas y sistemas de puestas a tierra

6.2.3. TERMINO DE RELACIÓN

Mejorará

CAPITULO III

7. METODOLOGÍA.

7.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN.

Para ejecución del trabajo investigativo se utilizó la investigación de campo, es decir se manejó el espacio adyacente al laboratorio de prácticas de la Escuela Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, además se utilizó fuente bibliográfico por cuanto se apoya de la información relevante de libros, revistas, páginas Web para la ejecución de la investigación.

7.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El nivel del trabajo es científico y experimental: Científico porque a través del estudio, análisis y la aplicación de las normas y técnicas observadas en el proceso, se cumple el objetivo que consiste en el análisis, calculo y diseño de un sistema integral de protecciones contra descargas atmosféricas y sistemas de puestas a tierra en el laboratorio de la ULEAM Extensión Chone y su incidencia en la seguridad de sistemas eléctricos de media y baja tensión., y experimental por cuanto el estudio y el experimento se llega a la verdad que conlleva a repercusiones positivas.

7.3. MÉTODOS.

Los métodos que se aplicará en esta investigación:

a) Hipotético Deductivo.- El método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la

propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

b) Sintético.- Es un proceso de razonamiento que tiende a reconstruir un todo, a partir de los elementos distinguidos por el análisis; se trata en consecuencia de hacer una explosión metódica y breve en resumen.

c) Inductivo.- Es aquel método científico que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares, tratándose del método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; y la contrastación.

d) Descriptivo.- Se ocupa de la descripción de datos y características de una población, siendo el objeto la adquisición de datos objetivos, precisos y sistemáticos que pueden usarse en promedios, frecuencias y cálculos estadísticos similares.

e) Estadístico.- Permite tabular y graficar la información obtenida de la muestra seleccionada, lo que nos permite realizar la validez de la Hipótesis

7.4. Técnica de recolección de información. Las técnicas que se utilizaron fueron la encuesta y la observación la misma que fue dirigida a los estudiantes de “ ” y “ ” de la escuela de Ingenieros Eléctricos de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone del periodo lectivo 2013 – 2014.

7.4.1. Obtención de la información.- Se obtuvo por medio de encuesta, observaciones, textos de ingeniería eléctrica y electrónica, revistas de colegios de profesionales y las TICs.

7.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

7.5.1. Población.- Esta formada por los docentes y estudiantes 5^{to} semestre de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí- Extensión Chone, que son 73 personas.

7.5.2. Muestra.- Se consideras al 100% de la población, que está constituida por 3 docentes y 70 estudiantes del 5^{to} semestre de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, que suma 73 personas.

8. MARCO ADMINISTRATIVOS.

8.1. RECURSOS.

a) HUMANOS:

- Investigadores: Cedeño Cornejo Gilbert Ludovico y Muñoz Cedeño Jhonny Xavier
- Tutor: Ing. José Loor Mantilla.
- Estudiantes y Docentes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica ULEAM Extensión Chone

b) TECNOLÓGICOS:

- Computadora
- Impresora
- Flash Memory
- Internet

c) TÉCNICOS:

- Encuesta
- Entrevista

d) RECURSOS FINANCIEROS.

e) PRESUPUESTO.

Los materiales y elementos utilizados con sus respectivos costos se detallan a continuación.

Elementos	Cantidad	Valor unt	Total
Poste metálico de 12 metros	1	\$ 750.00	\$ 750.00
Pararrayo tipo Franklin de 5 electrodos	1	\$ 1200.00	\$ 1200.00
Varillas puestas a tierra coopeerwell de 1.8 m	9	\$ 12.00	\$ 108.00
Conductor cobre desnudo N ^a 2 AWG	50m	\$ 8.00	\$ 400.00
Soldadura isotérmica para conductores	20	\$ 15.00	\$ 300.00
Ripio de ½ pulg	1m	\$ 40.00	\$ 40.00
Arena	2m	\$ 20.00	\$ 40.00
Cemento	2 sacos	\$ 7.00	\$ 14.00
Hierro de 12 mm	2 varillas	\$ 16.00	\$ 32.00
Alambre de amarre	2 lb	\$ 2.00	\$ 4.00
Intensificador de tierra	75 kg	\$ 4.00	\$ 300.00
<i>SUBTOTAL</i>			\$ 3188.00
<i>IMPREVISTOS 10%</i>			\$ 318.80
<i>TOTAL</i>			\$ 3506.80

SON: Tres mil quinientos seis y 80/100 dólares americanos.

f) FINANCIAMIENTO:

Los gastos generados en el proceso de la investigación y ejecución del sistema de protección, fueron por autogestión de los investigadores.

9. ANÁLISIS DE RESULTADO.

9.1. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE DATOS.

Encuesta aplicada a los estudiantes de 5^o semestre “ ” y “ ” de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión, Chone del periodo lectivo 2013 – 2014

PREGUNTA	OPCIONES		TOTAL ENCUESTA	% SI	% NO	TOTAL %
	SI	NO				
1	70	0	70	100%	0	100%
2	9	61	70	13	87	100%
3	0	70	70	0	100%	100%
4	70	0	70	100%	0	100%
5	5	65	70	7	93	100%
6	70	0	70	100%	0	100%

FUENTE: Estudiantes de 5^o semestre “ ” y “ ” de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión. Chone del periodo lectivo 2013 – 2014.

RESPONSABLE: Cedeño Cornejo Gilberto y Muñoz Cedeño Johnny Xavier

Fecha de ejecución: Mes de enero 2014

PREGUNTA #1

¿Creen Ustedes que la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone debe contar con un sistema contra descargas eléctricas?

ALTERNATIVAS	f	%
SI	70	100
NO	0	0
TOTAL	70	100%



Fuente: estudiantes de primer semestre de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

Responsable: Cedeño Cornejo Gilbert y Muñoz Cedeño Johnny Xavier

Fecha de Ejecución: 14 de Enero del 2014

ANÁLISIS:

Que el 100% de la muestra seleccionada responden que debería existir un sistema contra descargas atmosféricas en el laboratorio de la escuela de Ingeniería Eléctrica.

PREGUNTA # 2

¿Sabe Usted cómo funciona un pararrayos?

ALTERNATIVAS	f	%
SI	9	13
NO	61	87
TOTAL	70	100%



Fuente: estudiantes de semestres " " y " " de la asignatura de Ingeniería Eléctrica

Responsable: Cedeño Cornejo Gilbert y Muñoz Cedeño Johnny Xavier

Fecha de Ejecución: 14 de Enero del 2014

ANÁLISIS:

Que el 87% de la muestra seleccionada informan que desconocen cómo funciona un pararrayos.

Que el 13% de la muestra seleccionada afirma conocer su funcionamiento del pararrayo

PREGUNTA # 3

¿Conoce Usted Cuáles son los componentes que conforman un pararrayos?

ALTERNATIVAS	F	%
SI	0	0
NO	70	100
TOTAL	70	100%



Fuente: estudiantes de semestres " " y " " de la escuela de Ingeniería Eléctrica

Responsable: Cedeño Cornejo Gilbert y Muñoz Cedeño Johnny Xavier

Fecha de Ejecución: 14 de Enero del 2014

ANÁLISIS

Que el 100% de la muestra seleccionada responde que no conoce los componentes del pararrayo

PREGUNTA # 4

¿Considera Usted necesario el montaje de un sistema de puesta a tierra integral en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone?

ALTERNATIVAS	f	%
SI	70	100
NO	0	0
TOTAL	70	100%



Fuente: estudiantes de semestre " " y " " de la asignatura de Ingeniería Eléctrica

Responsable: Cedeño Cornejo Gilbert y Muñoz Cedeño Johnny Xavier

Fecha de Ejecución: 14 de Enero del 2014

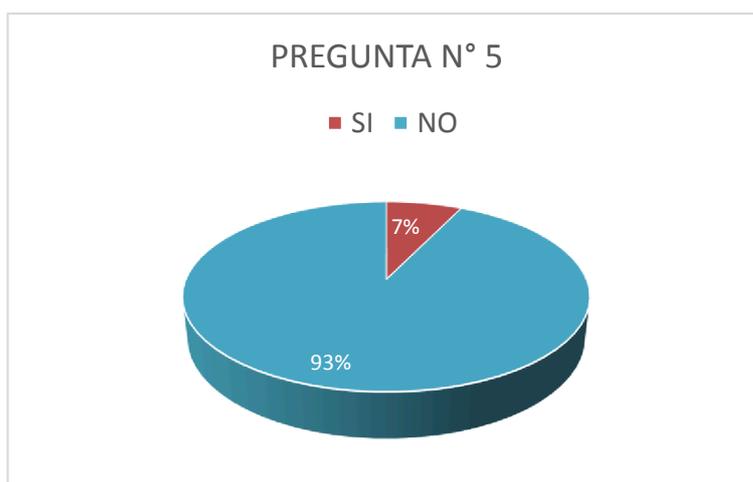
ANÁLISIS:

Que el 100% de la muestra seleccionada informa que necesario el sistema de puestas a tierra

PREGUNTA # 5

¿Conoce Usted Los efectos que produce la caída de un rayo?

ALTERNATIVAS	f	%
SI	5	7
NO	65	93
TOTAL	70	100%



Fuente: estudiantes de semestre " " y " " de la carrera de Ingeniería Eléctrica

Responsable: Cedeño Cornejo Gilbert y Muñoz Cedeño Johnny Xavier

Fecha de Ejecución: 14 de Enero del 2014

ANÁLISIS

Que el 93% de la muestra seleccionada informa que no tienen conocimiento sobre los efectos que produce un rayo.

Que el 7% de la muestra seleccionada informa que si conocen los efectos que produce un rayo

PREGUNTA # 6

¿Considera Usted que las tesis de grado prácticas de los egresados de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión. Chone, contribuyen en el desarrollo cognitivo de los futuros Ingenieros Eléctricos?

ALTERNATIVAS	f	%
SI	70	100
NO	0	0
TOTAL	70	100%



Fuente: estudiantes de semestres " " y " " de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

Responsable: Cedeño Cornejo Gilbert y Muñoz Cedeño Johnny Xavier

Fecha de Ejecución: 14 de Enero del 2014

ANÁLISIS:

Que el 100% de la muestra seleccionada consideran que las tesis de grado práctica de los egresados de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone contribuyen al desarrollo de conocimiento a los futuros Ing. Eléctricos.

10. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

La hipótesis planteada: **El análisis y diseño de un sistema integral de protecciones contra descargas atmosféricas y sistemas de puestas a tierra en el laboratorio de la ULEAM Extensión Chone mejora la seguridad de sistemas eléctricos de media y baja tensión.**

Una vez que la hipótesis ha sido formulada y evaluada se procederá a la comprobación. Por lo tanto es muy importante contar con un sistema de protección para descargas atmosférica, lo que ayudaría a la seguridad de los sistemas eléctricos en los predios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone.

En la pregunta N^a 1 todos los encuestados coinciden en manifestar que debe existir un sistema de protección de descarga atmosférica en la escuela de ingeniería eléctrica; en la pregunta N^a 2, N^o 3 y 4 desconocen que es y cómo funciona un pararrayo; además de desconocer cada uno de sus componentes; en la pregunta N^a 6 todos coinciden en afirmar que las tesis prácticas son de gran utilidad para los estudiantes; de tal manera que se lograra mejorar el conocimiento de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus. Chone.

Según la encuesta realizada a los docentes manifiestan que gracias a los distintos problemas energéticos los equipos que no se encuentran protegidos sufren desperfectos en cualquier momento, por lo que es imprescindible la instalación, de dispositivos que ayuden a la protección integral de todos los equipos que se encuentran en el radio de mitigación.

Al determinar los resultados alcanzado por el análisis de cuantitativo de las encuesta realizados a los estudiantes y docentes, utilizando los métodos de investigación y a través de la observación, se expresa la **hipótesis como positiva**, ya que los datos estadísticos

proyectados en la encuesta, sostienen que la hipótesis llevada a la práctica es correctamente aplicable, coherente y eficiente.

11. CONCLUSIONES

Una vez diseñado y construido el sistema de descargas atmosféricas propuesto, se puede llegar a establecer las siguientes conclusiones:

- a)** Los efectos producidos por las descargas eléctricas atmosféricas son destructivas tanto para los sistemas eléctricos, construcciones y seres humanos, por lo que sus efectos se pueden minimizar con un sistema de puestas a tierra.

- b)** La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, con el desarrollo de la investigación, al instalar un sistema contra descargas atmosféricas idóneo y eficiente para la protección de su sistema eléctrico, edificaciones y los dispositivos utilizados, prestará su eficiencia por un espacio de 20 años.

- c)** La Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone contará con un sistema contra descargas eléctricas propio para su proceso de enseñanza-aprendizaje, y los docentes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica podrán realizar sus enseñanzas prácticas, con los dispositivos existentes.

2. RECOMENDACIONES.

Al estructurar las conclusiones, podemos establecer que se debe:

- a) Solicitar los catálogos a las empresas y / o fabricantes donde exista la respectiva información y características de fabricación y funcionamiento de los sistemas de protección contra descargas atmosféricas.

- b) Socializar el contexto del trabajo con el personal que está involucrado en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, con la finalidad que darle el uso conveniente al sistema..

- c) Acondicionar el espacio en el patio de práctica de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, a fin de optimizar su funcionamiento; periódicamente monitoreo del estado del sistema eléctrico y puestas a tierra del pararrayo

12. BIBLIOGRAFÍA.

TEXTOS

- REVES, E.A, Vademécum de electricidad, Editorial REVETE S.A. Barcelona 6ª edición 2001.
- BETTEGA Eric Armónicos: rectificadores y compensadores activos
Enero 2000
- CALVAS Roland Perturbaciones en los sistemas electrónicos y esquemas de conexión a tierra
Junio 1998
- COLLOMBET, Christian Los armónicos en las redes perturbadas y su tratamiento
Septiembre 1999
- ENCICLOPEDIA CEAC ELECTRICIDAD, Maniobra, mando conductores y control eléctricos, Edición CEAC, Perú, 164 – 08020 Barcelona España, 5ª. Edición
- FIORINA Jean Noël Onduladores y armónicos (caso de cargas no lineales)
Junio 1992
- FERRACCI, Philippe, La calidad de la energía eléctrica, Original francés: octubre 2001 Versión español: octubre 2004
- MANUAL DE PUESTAS A TIERRA .Edición CEAC, Perú 164 – 08020 Barcelona, España, 5ª. Edición
- SCHONEK Jacques Las peculiaridades del 3^{er} armónico
Julio 2000

BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL

- At3w.com/pararrayos/conductores
- [www.slidershare.net/queralescastillo/mejoramiento de suelo](http://www.slidershare.net/queralescastillo/mejoramiento%20de%20suelo)
- Microsoft Word-normas UNE 21186
- [www.totalground.com/manual tierra- pararrayos](http://www.totalground.com/manual%20tierra-%20pararrayos)
- [www.procobre.org/archivos/mallas de tierra](http://www.procobre.org/archivos/mallas%20de%20tierra)
- [http/www.google.com/normalidad de los sistemas pararrayos](http://www.google.com/normalidad%20de%20los%20sistemas%20pararrayos)

13. ANEXOS.

ANEXOS

ANEXO 1

ENCUESTA REALIZADA A ESTUDIANTES Y CATEDRÁTICOS

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE

Encuesta dirigida a: Estudiantes de Ingeniería Eléctrica

OBJETIVO: analizar y diseñar un aerogenerador de 5kw, y su aporte económico en la generación de energía eléctrica renovable para la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone en el segundo semestre de 2013 Laica Eloy Alfaro de Manabí campus Chone en el periodo octubre 2013 – marzo 2014.

INSTRUCCIONES: Mucho agradeceré se sirva responder con sinceridad marcando con una **x** dentro del paréntesis de la alternativa de su elección.

1.- DATOS INFORMATIVOS

1.1. Lugar y fecha: Chone 06/01/2014

1.2. Ubicación: Rural () Urbana (x) Urbana marginal ()

1.3. Parroquia: Chone

1.4. Responsable: Gilberto Cedeño y Jhonny Muñoz

2.- CUESTIONARIO

1 ¿Cree Usted Que la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone debe contar con un sistema contra descargas eléctricas?

SI () NO ()

2.- ¿Sabe Usted cómo funciona un pararrayos?

SI () NO ()

3.- ¿Conoce Usted Cuáles son los componentes que conforman un pararrayos?

SI () NO ()

4.- ¿Considera Usted Necesario el montaje de un sistema de puesta a tierra integral en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone?

SI () NO ()

5.- ¿Conoce Usted Los efectos que produce la caída de un rayo?

SI () NO ()

6.-¿Considera Usted que las tesis de grado prácticas de los egresados de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, contribuyen en el desarrollo cognitivo de los futuros Ingenieros Eléctricos?

SI () NO ()

ANEXO 2
ÁREA DE TRABAJO



ANEXO 3
PREPARACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO



ANEXO 4
FORMACIÓN DE MALLA PUESTA A TIERRA



ANEXO 5

SOLDADURA DE CONDUCTORES Y VARILLAS





ANEXO 6
MEJORAMIENTO DE SUELO





ANEXO 7
BASE DE POSTE



ANEXO 8
PARARRAYO



ANEXO 9
COLOCACIÓN DE PARARRAYO



ANEXO 10
PARARRAYO ACABADO





ANEXOS 11

TERMINOLOGÍAS.

Descarga eléctrica atmosférica a tierra: Descarga de origen atmosférico entre una nube y la tierra, que puede comprender más de un rayo.

Rayo: Impacto simple o múltiple de la descarga a tierra

Punto de impacto Punto en el que el rayo incide sobre el terreno.

Zona protegida: Volumen protegido por un pararrayos.

Densidad de impactos: Número de impactos por año y km².

Densidad de arcos: Número de arcos de retorno por año y km²). Un impacto está constituido por término medio por varios arcos.

el rayo (SPCR): Sistema que permite proteger estructuras, edificaciones y zonas abiertas contra los efectos del rayo. Consta de una instalación exterior y de una instalación interior de protección contra el rayo.

Instalación exterior de protección contra el rayo (IEPR): Está formada por uno o más pararrayos con dispositivo de cebado, uno o más conductores de bajada y una o más tomas de tierra.

Instalación interior de protección contra el rayo (IIPR): Comprende todos los dispositivos que reducen los efectos electromagnéticos de la corriente de la descarga atmosférica en el interior del espacio a proteger.

Pararrayos con dispositivo de cebado (PDC): Provisto de punta/s captadora/s equipado con dispositivos de cebado que genera un avance en el cebado, evidenciado cuando es comparado con un pararrayos con dispositivo de cebado de referencia PR con su dispositivo de cebado anulado.

Proceso de cebado: Fenómeno físico comprendido entre la aparición de los efluvios del efecto corona y la propagación continua del trazador ascendente.

Avance en el cebado (t): Ganancia media en el instante de cebado del trazador ascendente de un PDC en comparación con el de un PR de la misma geometría, obtenidos mediante ensayos. Se mide en microsegundos.

Componente natural: Conductor situado en el exterior, embebido en la pared o en el interior de una estructura y que puede ser utilizado para reemplazar, en todo o en parte, una bajante, o para complementar una IEPR.

Barra equipotencial: Dispositivo que permite conectar al sistema de protección contra el rayo, las masas y las tomas de tierra, así como los blindajes y conductores de protección de las líneas eléctricas de telecomunicaciones y de otros conductores.

Unión equipotencial: Unión eléctrica que pone al mismo potencial las masas y los elementos conductores.

Conductores de equipotencialidad: Conductor que permite realizar una unión equipotencial.

Chispa peligrosa: Arco eléctrico provocado por una corriente de descarga.

Conductores de bajada: Parte de la instalación exterior de protección contra el rayo

Unión de comprobación de tierras: Dispositivo de desconexión de la puesta a tierra del resto de la instalación.

Puesta a tierra: Conductor o conductores en contacto directo con la tierra y que asegura una unión eléctrica con ésta.

Electrodo de tierra: Conductor o conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con tierra y dispersar en ella la corriente de la descarga

atmosférica.

Resistencia de la puesta a tierra: Resistencia entre un conductor puesto a tierra y un punto de potencial cero.

Protectores contra sobretensiones. Dispositivo que limita las sobretensiones y a deriva la corriente asociada a tierra. Contiene, al menos, un componente no lineal. Por ejemplo, para la protección de líneas de acometida eléctrica, de transmisión de datos, líneas telefónicas, instalaciones de TV, emisores y receptores de radiofrecuencia.

Sobretensión transitoria de origen atmosférico: Sobretensión de corta duración que no sobrepasa los milisegundos.

Nivel de protección: Instalación exterior de protección contra el rayo, según su nivel de riesgo.

Superficie de captura equivalente: Superficie de suelo plano sometido al mismo número de impactos que la estructura considerada.

Fenómenos atmosféricos y necesidad de protección contra el rayo. La necesidad de protección contra un rayo viene está definida por la densidad de caída de rayos en el entorno considerado. La probabilidad de que una estructura sea alcanzada por un rayo a lo largo de un año es el producto de la densidad de impactos por su superficie de captura equivalente.

La densidad de impactos: Son los requerimientos de proteger una estructura y el nivel de protección que se ha de aplicar.

Diseño. Previamente se debe realizar un estudio al terreno donde se va a ubicar y el área a proteger.

Estudio previo. El estudio previo comprende dos partes:

a) Estudio del riesgo de caída de rayos y elección del nivel de protección con la ayuda

de la instalación.

b) Emplazamiento de los diferentes elementos de la instalación.

Todas las informaciones formarán un documento descriptivo que contenga:

- Dimensiones de la estructura;
- Posición geográfica relativa de la estructura: aislada, situada en la cima de una colina o en medio de otras
- Frecuencia de ocupación de la estructura y si los ocupantes son personas con movilidad limitada o no;
- Riesgo de pánico;
- Dificultad de acceso;
- Continuidad de servicio;
- Contenido de la estructura: presencia de seres humanos, de animales, de materias inflamables o de equipos
- Obstáculos cercanos que puedan influir en el trayecto de la descarga.
- Puntos más vulnerables del edificio;
- Disposición de los conductos metálicos (agua, electricidad, gas...) del edificio;
- Frecuencia de ocupación de la estructura y si los ocupantes son personas con movilidad limitada o no;
- Dificultad de acceso
- Continuidad de servicio;
- Puntos más vulnerables del edificio;
- Disposición de los conductos metálicos (agua, electricidad, gas...) del edificio
- Naturaleza del ambiente, que puede ser particularmente corrosivo (ambiente salino, fábrica petroquímica),