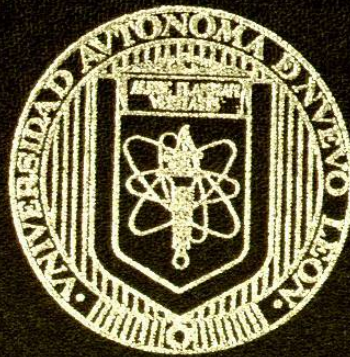


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**"CONEXION A TIERRA EN SISTEMAS ELECTRICOS
DE DISTRIBUCION EN CORRIENTE ALTERNA
Y CONTINUA"**

POR

ING. JOSEFAT GAMEZ GOMEZ

TESIS

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE
LA INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD
EN POTENCIA**

CD. UNIVERSITARIA DICIEMBRE DE 2000

TM
TK3001
.G35
2000
c.1

**“CONEXION A TIERRA EN SISTEMAS ELECTRICOS
CONEXION A TIERRA EN SISTEMAS ELECTRICOS
DE DISTRIBUCION EN CORRIENTE ALTERNATIVA
Y CONTINUA”**





1080111905

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"CONCEPTOS BÁSICOS EN SISTEMAS ELECTRICOS
DE DISTRIBUCION EN CORRIENTE ALTERNA
Y CONSTANTE"

FCR

ING. JOSEFAT GAMEZ GOMEZ

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE
LA INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD
EN POTENCIA

CD. UNIVERSITARIA DICIEMBRE DE 2000





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**CONEXION DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS
DE DISTRIBUCION DE CORRIENTE ALTERNA
CONTINUA**

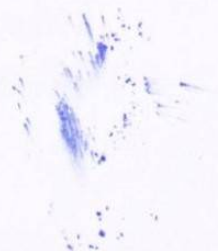
PCR

ING. JOSEFAT GAMEZ GOMEZ

TESIS

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE
LA INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD
EN POTENCIA**

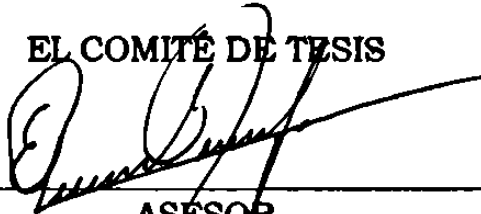
CD. UNIVERSITARIA DICIEMBRE DE 2000



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis: "CONEXIÓN A TIERRA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN EN CORRIENTE ALTERNA Y CONTINUA", realizada por el Ing. Josefát Gámez Gómez sea aceptada para su defensa como opción al Grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con Especialidad en Potencia.

EL COMITÉ DE TESIS



ASESOR

MC. EVELIO GONZALEZ FLORES



COASESOR

M.C. FÉLIX GONZALEZ ESTRADA



COASESOR

M.C. ARMANDO PÁEZ ORDOÑEZ



Vo.Bo.

M.C. ROBERTO VILLARREAL GARZA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

San Nicolás de los Garza, N.L. Diciembre de 2000

Prólogo

En las últimas décadas, el equipo de control y protección de los sistemas eléctricos, así como el equipo utilizado en el control de los procesos industriales y del equipo en general han sufrido una total transformación. Actualmente las cargas ya no son puramente lineales, sino que la gran mayoría del equipo está constituido por componentes electrónicos de estado sólido, los cuales por su operación instantánea son más sensibles a las irregularidades en la alimentación y por consecuencia hay una mayor exigencia en la pureza y estabilidad de la señal alimentada.

Por otra parte, el equipo electrónico de estado sólido que prácticamente compone el grueso de las cargas alimentadas, genera distorsiones, deformaciones y alteraciones en la señal de alimentación, haciendo más complejo el proceso de protección y operación.

La reciente y cada día más creciente aparición de equipos electrónicos de control, comunicaciones, computación, etc. ha originado nuevos factores que han de ser controlados, tales como las distorsiones armónicas, ruido eléctrico, interferencias electromagnéticas, y de radio frecuencia, que aunadas a los efectos inherentes a las condiciones geográficas como los rayos y descargas electrostáticas exigen sistemas de protección más efectivos y completos.

Como podrá observarse, los sistemas de conexión a tierra requeridos actualmente difieren de los utilizados en épocas anteriores y requieren una actualización constante tanto en su desarrollo tecnológico como de los especialistas y constructores.

Estamos conscientes de que el dominio del presente tema sólo es posible con la experiencia práctica en el campo, con la continua actualización y con la relación oportuna de datos e información proporcionadas por los fabricantes de equipos y de instituciones especializadas que se preocupan por ésta actividad.

El presente trabajo muestra en forma general los diferentes métodos de conexión a tierra en los actuales sistemas de distribución considerando el equipo eléctrico y electrónico alimentado y contiene información actualizada acerca de los mismos.

Ante el alto costo de los equipos instalados y su mantenimiento es exigible una instalación apropiada de los mismos; además, la protección al personal humano involucrado en su operación justifica sobradamente la instalación de un sistema de tierras eficiente y seguro.

Ing. Josefát Gámez Gómez

Indice

CAPÍTULO	PÁGINA
1 SÍNTESIS	10
2 INTRODUCCIÓN	14
2.1 Planteamiento del problema a resolver	14
2.2 Definición de Hipótesis	15
2.3 Justificación del trabajo	15
2.4 Objetivo buscado	15
2.5 Límites del estudio	16
2.6 Metodología a emplear	16
2.6.1 Definición de la muestra	16
2.6.2 Descripción de experimentos a realizar	16
2.6.3 Descripción de métodos estadísticos a emplear	17
2.6.4 Material utilizado	18
2.7 Revisión bibliográfica	18
2.7.1 Estudios anteriores relacionados con el tema de la tesis	18
3 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA	19
3.1 Introducción	19
3.2 Consideraciones más importantes al diseñar un Sistema de Conexión a Tierra	19
3.3 Objetivo de las Reglamentaciones del NEC	20
3.4 Conexión a Tierra a la Entrada de Servicio	21
4 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS TÉCNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	22
4.1 Sistema de Electrodo de Tierra	22
4.2 Sistema de Tierra Contra Rayos	22
4.3 Sistema de Tierra de Seguridad	22
4.4 Sistema de Neutro Conectado a Tierra	22
4.5 Sistema de Tierra Aislada	22
4.6 Sistema de Señal de Referencia de Tierra	24

5.0	Introducción	24
5.1	Componentes del sistema electrodo de tierra	24
5.2	Dimensiones del conductor del electrodo de tierra	29
5.3	Efectos de la Resistividad de suelo	30
5.4	Técnicas de conexión a tierra para el sistema electrodo De tierra	32
5.5	Prueba de resistencia de tierra	34
5.6	Prácticas comunes de violación a las estipulaciones de conexión a tierra	36
6	CONEXIÓN A TIERRA PARA PROTECCIÓN CONTRA RAYOS	
6.0	Introducción	38
6.1	Tipos de sistemas de protección contra rayos	40
6.2	Diseño e Instalación de los sistemas de protección contra rayos	42
6.3	Impedancia del Suelo a los Rayos	46
6.4	Requerimientos para las Uniones	47
7	APLICACIONES ESPECÍFICAS DE LAS TÉCNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE C. A.	
7.1	TIERRA DE SEGURIDAD o TIERRA DE EQUIPO	52
	7.1.1 Propósito	53
	7.1.2 Corrientes de Falla	55
	7.1.3 Seguridad al Contacto	56
	7.1.4 Calibre de la Tierra de Seguridad	58
	7.1.5 Color del Conductor de Conexión a Tierra	64
7.2	NEUTRO (Conductor Conectado a Tierra)	64
	7.2.1 Propósito	64
	7.2.2 Conexión a Tierra del Conductor Neutro	67
	7.2.3 Cálculo del Neutro para Cargas Lineales	68
	7.2.4 Cálculo del Neutro para Cargas No Lineales	70
	7.2.5 Color del Conductor Neutro	74
7.3	SISTEMAS EUROPEOS DE PROTECCIÓN A TIERRA / NEUTRO	74
8	TECNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE C.C.	
8.1	CONSIDERACIONES GENERALES	78
	8.1.1 Campo de Tierra de la Oficina Central	81
	8.1.2 Barra Principal de Tierra (MGB)	82

8.1.3	Zona de Tierra Aislada (IGZ)	88
8.1.4	Zona a Tierra No - Aislada	90
8.1.5	Armazón de la Distribución Principal	90
8.1.6	Cables de Entrada	91
8.1.7	Instalación del Conductor de Tierra	93
8.2	APLICACIONES ESPECÍFICAS DE LAS TÉCNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE CONTINUA	
8.2.1	TÉCNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA PARA DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS (ESD)	91
8.2.1.1	Cargas Triboeléctricas	93
8.2.1.2	Resistividad de la superficie	94
8.2.1.3	Consideraciones de Manufactura	95
8.2.1.4	Descarga y Decaimiento	96
8.2.1.5	El cuerpo Humano como Conductor A Tierra	97
8.2.1.6	Control de Humedad	99
8.2.1.7	Superficies de Trabajo	100
8.2.1.8	Pisos protegidos contra las descargas Electroestáticas	102
8.2.1.9	Agentes Tópicos contra Estática	103
8.2.2	TÉCNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA PARA INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS (EMI) Y DE RADIOFRECUENCIA (RFI)	105
8.2.2.1	Acoplamiento Inductivo	106
8.2.2.2	Malla de Referencia para Señales	107
8.2.2.3	Efecto Pelicular	110
8.2.2.4	Impedancia de los Conductores redondos	111
8.2.2.5	Unión Permanente	112
8.2.2.6	Blindaje o Apantallamiento	115
8.2.3	CONEXIÓN A TIERRA PARA LÍNEAS DE DATOS E INSTRUMENTACIÓN	118
8.2.3.1	Conexión a Tierra para Blindaje de Baja Frecuencia	119
8.2.3.2	Conexión a Tierra de Blindaje de Alta Frecuencia	121
8.2.3.3	Cables Coaxiales	122
8.2.3.4	Terminación de Cables	124
8.2.3.5	Conexiones a Tierra para cables de varios Edificios	126
8.2.3.6	Conexión correcta a Tierra para los Protectores de Sobrevoltajes Transitorios	127

8.2.3.7	Líneas Telefónicas por Línea Conmutada	127
8.2.3.8	Líneas Privadas	129
8.2.3.9	Interfaces de Datos RS-232	130
8.2.4	PROTECCIÓN CATÓDICA	133
8.2.4.1	Métodos para la aplicación de Protección Catódica	134
8.2.4.2	Ánodos Galvánicos	135
8.2.4.3	Sistemas de Cama de Suelo Rectificador	136
8.2.4.4	Corrientes Parásitas	138
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
9.1	AUDITORÍA DE SITIOS	140
9.1.1	Introducción	140
9.1.2	Resultado del estudio de Potencia	141
9.1.3	Resultados Obtenidos de la Inspección de Tierras	143
9.1.4	Resultados de Transitorios	145
9.1.5	Datos de reporte	146
9.1.5.1	Registro de la Inspección del sistema de Potencia	146
9.1.6	Resumen	158
9.1.7	Recomendaciones	150
10	BIBLIOGRAFÍA	153
11	LISTADO DE FIGURAS	156
12	LISTADO DE TABLAS	158
	APÉNDICE	159