

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN LAS INSTALACIONES
DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO, UBICADA EN LA
CIUDAD DE MEDELLÍN**



DARLINTON ESTIVEN GONZÁLEZ CIRO

JUAN PABLO TAPIAS ZAPATA

SEBASTIAN CAÑOLA VÁSQUEZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROGRAMA DE TECNOLOGIA ELECTRICA

MEDELLÍN

2017

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN LAS INSTALACIONES
DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO, UBICADA EN LA
CIUDAD DE MEDELLÍN**

DARLINTON ESTIVEN GONZÁLEZ CIRO

JUAN PABLO TAPIAS ZAPATA

SEBASTIAN CAÑOLA VÁSQUEZ

**TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE TECNÓLOGO
ELECTRICISTA**

ASESORA: BLANCA DORIS RAMIREZ SOSSA

INGENIERA ELECTRICISTA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROGRAMA DE TECNOLOGIA ELECTRICA

MEDELLÍN

2017

ABREVIATURAS

A: Unidad de medida de corriente (Ampere).
BT: Barraje de tierra.
DPS: Dispositivo de protección contra sobretensiones
DPS: Dispositivo de protección contra sobretensiones.
IEMR: Impulso electromagnético del rayo.
INT: Interruptor
Isc: Presunto pico transitorio de corriente
NPR: Nivel de protección contra el rayo.
PAT: Puesta a tierra.
PPAL: Principal
PT: Punto de tierra.
SE: Subestación
SMPI: Sistema de medidas de protección contra el IEMR.
TD: Tablero eléctrico de distribución
UPS: Sistema de potencia ininterrumpido.
Us: Micro segundos
ZPR: Zona de protección contra el rayo.

Tabla de contenido

	Pág.
1. Introducción.....	14
2. Planteamiento del problema.....	15
3. Justificación.....	16
4. Objetivos	18
4.1. Objetivo general	18
4.2. Objetivos específicos	18
5. Marco teórico	19
5.1. Definiciones y conceptos de los sistemas de puesta a tierra	19
5.1.1. Puesta a tierra del equipo electrónico	20
5.1.2. Unión de conductores eléctricos y otros equipos	20
5.1.3. Conductor de puesta a tierra.....	21
5.1.4. Conductor de electrodo de puesta a tierra	21
5.1.5. Conductor puesto a tierra.....	22
5.1.6. Electrodo de puesta a tierra	22
5.1.7. Conductor de guarda en sistemas de distribución	22
5.2. Requisitos técnicos esenciales.....	23
5.3. Revisiones técnicas especificadas por el RETIE.....	23
6. Metodología	24
7. Descripción técnica	27
7.1. Procedimiento empleado para las mediciones	27
7.1.1. Recolección de información	27
7.1.2. Mediciones de resistencia de continuidad – contacto	28
7.1.3. Método de la suma de resistencias.....	29
7.1.4. Medición de resistencia de puesta a tierra con el método de las pinzas.....	30
7.2. Selección de los equipos de protección contra sobre tensiones	30
7.3. Coordinación y selección de los DPS´s.....	33
7.4. Protección de los sistemas de potencia	35
7.4.1. Clasificación de los DPS según IEC	35

7.4.2. DPS clase I	35
7.4.3. DPS clase II	35
7.4.4. DPS clase III	36
7.5. Parámetros de selección de los DPS´s	36
7.5.1. Corriente nominal o impulso.....	36
7.5.2. Máxima tensión de operación continua.....	37
7.5.3. Nivel de protección.....	39
8. Diagnóstico del sistema de puesta a tierra.....	40
8.1. Descripción general del sistema eléctrico	40
8.2. Principales conductores de puesta a tierra	42
9. Resultados de las mediciones realizadas	45
9.1. Medición de resistencia de puesta a tierra	45
9.2. Medición de continuidad y suma de resistencias	45
10. Condiciones actuales de los sistemas de puesta a tierra y aspectos técnicos irregulares	50
10.1. Tablero eléctrico – bloque 1	50
10.2. Tableros eléctricos - bloque 2	52
10.3. Tableros eléctricos – bloque 3A	56
10.4. Tableros eléctricos – subestación bloque 3B	61
10.5. Tablero eléctrico – bloque 3C.....	61
10.6. Tablero eléctrico – bloque 4A.....	63
10.7. Tablero eléctrico – bloque 4C.....	65
10.8. Tablero eléctrico – bloque 4D.....	66
10.9. Tablero eléctrico – bloque 4E.....	68
10.10. Tablero eléctrico – bloque 4G	69
10.11. Tablero eléctrico – bloque 4J	70
10.12. Tablero eléctrico – bloque 4M	72

10.13. Tablero eléctrico – bloque 5	73
10.14. Tablero eléctrico – bloque 6	75
10.15. Tablero eléctrico – bloque 7	77
10.16. Tableros eléctricos – bloque 8.....	78
10.17. Tableros eléctricos – Subestación bloque 9.....	87
10.18. Observaciones adicionales realizadas	88
10.18.1. Señalización de seguridad	88
10.18.2. Subestación del bloque 9	91
11. Dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS).....	93
12. Conclusiones.....	95
13. Recomendaciones específicas.....	98
13.1. Dispositivos contra sobretensiones recomendados a instalar	98
13.1.1. DPS Clase I – bloque 4M.....	98
13.1.2. DPS clase II – bloque 5.....	101
13.1.3. DPS clase II – bloque 4E	103
14. Recomendaciones adicionales.....	111
15. Recomendaciones de seguridad en las subestaciones de la institución.....	111
15.1. Distancias de seguridad	112
15.2. Límites de aproximación a partes energizadas de equipos según RETIE 2013	112
15.3. Uso de elementos de protección personal de acuerdo a la identificación del riesgo	114
16. Referencias	124
17. Anexos	127
17.1. Anexo 1. Certificado de calibración del equipo de medida	127

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Ubicación de los Bloques.....	25
Figura 3. Método de resistencia de continuidad.....	28
Figura 2. Método de la suma de resistencias.....	29
Figura 4. Método de Resistencia de Puesta a tierra con pinzas	30
Figura 5. Principio general de la división en diferentes ZPR	31
Figura 6. Mecanismos de acoplamiento.....	32
Figura 7. Zonas de protección contra rayos definidas para medidas de protección internas	34
Figura 8. Selectividad por tiempo de las protecciones de Bloque 4M	100
Figura 9. Selectividad por energía de las protecciones de Bloque 4M.....	100
Figura 10. Selectividad cronométrica de las protecciones del Bloque 5.....	102
Figura 11. Selectividad cronométrica de las protecciones del Bloque 4E	104
Figura 12. Conexión con soldadura exotérmica de cables en paralelo Fuente: Ingeniería Especializada S.A. (S.f.). Catálogo de instalaciones de ingeniería.	105
Figura 13. Conexión de la estructura de un gabinete a la barra de tierra.....	107
Figura 14. Conexión de alambre rígido a terminales tipo tornillo	108
Figura 15. Esquema de conexión para los conductores de neutro y tierra.....	109
Figura 16. Distribución de conductor de puesta a tierra de equipos	109
Figura 17. Instalación del cable de acero súper GX.....	110
Figura 18. Código de colores para conductores.....	111
Figura 19. Límites de aproximación	113

Lista de fotografías

	Pág.
Fotografía 1. Circuito de media tensión Bloque 3B	41
Fotografía 2. Transformador Bloque 4M	41
Fotografía 3. Transformador de iluminación de la cancha de futbol.....	41
Fotografía 4. Circuito de media tensión Bloque 9	41
Fotografía 5. Transformador del Bloque 9.....	42
Fotografía 6. Celda del Transformador del Bloque 3B	42
Fotografía 7. Conductores de tierra en la Caja principal del circuito de media tensión R06-05	43
Fotografía 8. Puesta a tierra de la cuba del transformador de la cancha	43
Fotografía 9. Conexión entre conductor de tierra y electrodo del transformador de la cancha.....	43
Fotografía 10. Puestas a tierra de la vestida del poste	44
Fotografía 11. Entorche entre conductores de tierra	44
Fotografía 12. Puesta a tierra del transformador Bloque M.....	45
Fotografía 13. Acometida principal del Bloque M.....	45
Fotografía 14. Disposición del tablero Principal Bloque 1	51
Fotografía 15. Barra de tierra y neutro del Bloque 1	51
Fotografía 16. Disposición del tablero Principal Bloque 2, piso 1.....	53
Fotografía 17. Barra de tierra del Tablero Bloque 2, , piso 1.....	53
Fotografía 18. Disposición del tablero Principal Bloque 2, piso 2.....	55
Fotografía 19. Barra de tierra del Tablero Bloque 2, , piso 2.....	55
Fotografía 20. Disposición del tablero Principal Bloque 3A, Aula 106.....	57

Fotografía 21. Barra de tierra y neutro del Bloque 3A, Aula 106	57
Fotografía 22. Disposición del tablero Principal Bloque 3A, Aula 107	59
Fotografía 23. Barra de tierra y neutro del Bloque 3A, Aula 107	59
Fotografía 24. Subestación Bloque 3B.....	61
Fotografía 25. Subestación Bloque 3B.....	61
Fotografía 26. Disposición del tablero Principal Bloque 3C.....	62
Fotografía 27. Barra de tierra del Bloque 3C.....	62
Fotografía 28. Disposición del tablero Principal Bloque 4 ^a	63
Fotografía 29. Conexionado del tablero del Bloque 4 ^a	63
Fotografía 30. Disposición del tablero Principal Bloque 4C.....	65
Fotografía 31. Conexionado del tablero del Bloque 4C.....	65
Fotografía 32. Disposición del tablero Principal Bloque 4D.....	66
Fotografía 33. Conexionado del tablero del Bloque 4D.....	66
Fotografía 34. Disposición del tablero Principal Bloque 4E	68
Fotografía 35. Conexionado del tablero del Bloque 4E	68
Fotografía 36. Disposición del tablero Principal Bloque 4G	69
Fotografía 37. Conexionado del tablero del Bloque 4G	69
Fotografía 38. Disposición del tablero Principal Bloque 4J	70
Fotografía 39. Barra de Neutro del Bloque 4J.....	70
Fotografía 40. Disposición del tablero Principal Bloque 4M	72
Fotografía 41. Conexionado del tablero del Bloque 4M	72
Fotografía 42. Disposición del tablero Principal Bloque 5	73
Fotografía 43. Barra de Tierra del Bloque 5.....	73
Fotografía 44. Disposición del tablero Principal Bloque 6	75

Fotografía 45. Conexionado del Bloque 6	75
Fotografía 46. Disposición del tablero Principal Bloque 7	77
Fotografía 47. Conexionado del tablero del Bloque 7	77
Fotografía 48. Disposición del tablero iluminación TB2, piso 1	78
Fotografía 49. Barra de tierra del tablero iluminación TB2, piso 1	78
Fotografía 50. Disposición del tablero regulado 01, piso1	79
Fotografía 51. Barra de neutro del tablero regulado 01, piso1	79
Fotografía 52. Disposición del tablero regulado 02, piso1	80
Fotografía 53. Barra de tierra del tablero regulado 02, piso1	80
Fotografía 54. Disposición del tablero 04 TR02, piso 1	82
Fotografía 55. Conexionado del tablero 04 TR02, piso 1	82
Fotografía 56. Disposición del tablero 01 iluminación	83
Fotografía 57. Conexionado de la barra de tierra tablero 01 iluminación	83
Fotografía 58. Disposición del tablero 02 iluminación	84
Fotografía 59. Conexionado de la barra de tierra tablero 02 iluminación	84
Fotografía 60. Disposición del tablero T.E.I	85
Fotografía 61. Conexionado de la barras del tablero T.E.I.....	85
Fotografía 62. Disposición del tablero iluminación y tomas no regulados, piso 2	86
Fotografía 63. Conexionado de la barra de tierra del tablero iluminación y tomas no regulados, piso 2.....	86
Fotografía 64. Disposición del tablero Regulado SE Bloque 9.....	88
Fotografía 65. Conexionado del tablero Regulado SE Bloque 9	88
Fotografía 66. Señalización de seguridad subestación Bloque 3B	89
Fotografía 67. Señalización de seguridad subestación Bloque 9.....	89

Fotografía 68. Elementos de obstrucción en la subestación bloque 9	92
--	----

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Ubicación de tableros principales en los diferentes Bloques.....	26
Tabla 2. Sobrecorrientes esperadas debidas a impactos por rayos.....	37
Tabla 3. Corriente nominal de descarga por fase	37
Tabla 4. Mínimo voltaje de operación continuo del DPS	38
Tabla 5. Valores estandarizados de tensión de operación continua	38
Tabla 6. Tensión al impulso que deben soportar los equipos	39
Tabla 7. Equipos de acuerdo con la categoría de sobretensiones.....	40
Tabla 8. Medición de resistencia de puesta a tierra	45
Tabla 9. Mediciones de suma de resistencias.....	50
Tabla 10. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 1	52
Tabla 11. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 2, Piso 1	54
Tabla 12. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 2, Piso 2	56
Tabla 13. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 3A, Aula 106	58
Tabla 14. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 3A, Aula 106	60
Tabla 15. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 2, Piso 1	61
Tabla 16. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 3C	62
Tabla 17. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4A	64
Tabla 18. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4C	66
Tabla 19. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4D	67
Tabla 20. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4E	68

Tabla 21. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4G	70
Tabla 22. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4J	72
Tabla 23. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4M	72
Tabla 24. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 5	74
Tabla 25. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 6	76
Tabla 26. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 7	77
Tabla 27. Observaciones encontradas en el Tablero Iluminación Biblioteca TB2, piso 1	79
Tabla 28. Observaciones encontradas en el Tablero Regulado 01, piso 1	80
Tabla 29. Observaciones encontradas en el Tablero Regulado 02, piso 1	81
Tabla 30. Observaciones encontradas en el Tablero 04 TR02, piso 1	82
Tabla 31. Observaciones encontradas en el Tablero 01 iluminación	84
Tabla 32. Observaciones encontradas en el Tablero 02 iluminación	85
Tabla 33. Observaciones encontradas en el Tablero T.E.I. Iluminación, piso 2.....	86
Tabla 34. Observaciones encontradas en el Tablero iluminación y tomas no Regulados	87
Tabla 35. Observaciones encontradas en el Tablero Regulado.....	88
Tabla 36. Características protector trifásico Clase I	90
Tabla 37. Características protector trifásico Clase II	91
Tabla 38. Características protector trifásico Clase I	93
Tabla 38. Categorías de protección	95
Tabla 39. Mediciones de continuidad con falencias – Subestación Bloque 3B.....	96
Tabla 40. Mediciones de continuidad con falencias – Subestación Bloque 9	96
Tabla 41. Mediciones de continuidad – Sin conexión a tierra	97
Tabla 42. Mediciones de continuidad – Sin conexión a tierra	97

Tabla 43. Características DPS a instalar Clase I	99
Tabla 44. Características de la protección del DPS– Bloque 4M	101
Tabla 45. Características DPS a instalar Clase II	101
Tabla 46. Características de la protección del DPS – Bloque 5	102
Tabla 47. Características DPS a instalar Clase II	103
Tabla 48. Características de la protección del DPS – Bloque 5	104
Tabla 49. Características de los supresores de picos tipo A (Multitomas)	105
Tabla 50. Límites de aproximación a partes energizadas de equipos – Corriente alterna	113
Tabla 51. Requerimientos de EPP de acuerdo a la tarea	123

1. Introducción

Esté trabajo está enfocado a una parte muy importante de las protecciones de electricidad como los sistemas de puesta a tierra. Como se verá en el desarrollo de este trabajo existen normas que regulan la importancia de la puesta a tierra y tienen por misión entregar parámetros a los usuarios para asegurar una buena puesta a tierra. Debido a lo expuesto anteriormente se requiere, crear mejores sistemas de puesta a tierra y mejores instrumentos que midan las características del terreno en donde se va a instalar o medir un sistema de puesta a tierra.

Establecer el estado de la resistencia de continuidad y resistencia de contacto, entre las diferentes puestas a tierra de los tableros principales de distribución del sistema eléctrico de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Respecto a las disposiciones expuestas en los estándares NFPA 70, RETIE 2013 y la NTC2050 DE 1998.

Dentro del diagnóstico de los sistemas de puesta a tierra se tiene en cuenta además de la inspección visual y los parámetros como: medición de resistencia de puesta a tierra de la mallas y la puesta a tierra del bloque 9 y bloque 3B, por lo tanto se aplican los métodos establecidos en la norma IEEE 81 GUIDE FOR MEASURING EARTH, RESISTIVITY, GROUND IMPEDANCE, AND EARTH SURFACE POTENTIALS OF A GROUNDING SYSTEM. NEW YORK., 2012. Medición de Resistencia de contacto y resistencia continuidad entre tableros principales y mallas de puesta a tierra utilizando un equipo “Telurómetro”.

En relación con los dispositivos de protección contra sobretensiones para las redes eléctricas de baja tensión, las normas IEC 62304-4 “Electrical and electronic systems within structures”, IEC 61643-12 “Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles”, IEC 61643-22 “Low voltage surge protective devices – Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Part 22: Selection and application principles” y ANSI/IEEE Std. C62.41.2 “IEEE Recommended Practice on Characterization of Surges in Low – Voltage (1000 V and less) AC Power Circuits”, definen las categorías de protección, los modos de

coordinación y establecen lineamientos que se deben implementar para lograr una adecuada protección de los equipos.

2. Planteamiento del problema

En la Institución Universitaria Pascual Bravo de educación superior pública, adscrita al municipio de Medellín, ubicada en la dirección Calle 73 # 73A 226 Actualmente no existe un informe sobre un diagnóstico de puestas a tierra de los tableros principales de distribución de cada una de las edificaciones que forman los bloques que actualmente son veintitrés, para determinar si están o no equipotencializadas, con las mallas de las subestaciones (Bloque 9 y Bloque 3B), de igual forma determinar el estado de conexión entre los mismos, por tal motivo se hace necesario a través de mediciones de resistencia de continuidad y resistencia de contacto.

Gran parte de la Institución Universitaria Pascual Bravo sede Robledo, tiene más de 75 años de estar construida con remodelaciones civiles y eléctricas, a su vez con constantes actualizaciones de los laboratorios y equipos puestos al servicio académico, se ve la necesidad de garantizar la seguridad tanto de los equipos como de las personas, el hecho de no tener certeza de los sistemas de puesta a tierra puede estar en riesgo la integridad de las personas en los siguientes aspectos; corrientes de cortocircuito, corrientes de contacto, fallas, contactos directos o equipos defectuosos. Para las mallas de puesta a tierra el buen estado de la equipotencializada, garantiza que se eviten acoples galvánicos en las instalaciones de la institución y verifica el cumplimiento de la normatividad colombiana.

La problemática que presenta la institución debido a su antigüedad y tipo de construcción es que en algunos bloques carece de unas buenas instalaciones eléctricas con respecto al sistema de puesta a tierra que no se adaptan a las normas vigentes contempladas en el RETIE 2013 y NTC2050 de 1998.

Permitiendo evidenciar durante su visita condiciones de cableado y conexionado que no garantizan la seguridad y operatividad del sistema de puesta a tierra, también se evidenciaron puertas o estructuras metálicas (encerramiento), de los tableros que no se

encuentran equipotencializadas con el barraje de puesta a tierra del tablero, lo cual incrementa probabilidad de riesgo por contacto indirecto. Además se identificó la no equipotencialización de estructuras metálicas no portadoras de corrientes dentro de las subestaciones eléctricas como puertas, bandejas portacables, mallas de cerramiento, etc.

El diagnóstico del sistema de puesta a tierra se requiere por que por medio de éste es posible establecer el estado de la malla o sistema de puesta a tierra respecto a las disposiciones vigentes expuestas anteriormente, permitiendo establecer medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas daños o equipos previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.

Con base a la experiencia adquirida durante el proceso de formación académica en la carrera de Tecnología Eléctrica podemos diagnosticar y dar recomendaciones de las condiciones actuales de los bloques 9 y 3B.

Para determinar el estado actual del sistema de puesta a tierra en las instalaciones de los bloques 9 y 3B en lo que compete a instalaciones eléctricas se tendrá en cuenta las recomendaciones dadas en las siguientes normas nacionales.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas 2013, RETIE.

Código Eléctrico Colombiano. Norma Técnica Colombiana 2050. ICONTEC, 1998.

Con base en esto se podrán determinar las condiciones reales que actualmente presenta la puesta a tierra en los bloques citados anteriormente.

¿Cómo diagnosticar el sistema de puesta a tierra en las instalaciones de la institución universitaria Pascual Bravo?

3. Justificación

Mediante el diagnóstico que se realiza en este proyecto se busca conocer las condiciones actuales entre las puestas a tierra de los gabinetes y los tableros principales de distribución en la Institución Universitaria Pascual Bravo, contribuyen de forma importante a la protección y el buen funcionamiento de los sistemas de energía

eléctrica. Por su parte, la importancia este trabajo de grado, es determinar de manera directa a la equipotencialidad de todo el sistema de puesta a tierra, para así, garantizar una referencia de potencial y permitir la circulación de corrientes no equilibradas.

Lo anterior con base en las normas NFPA 70, RETIE 2013 e INCONTEC 2050 y por la parte de los dispositivos de sobre tensiones normas IEC 62304-4 “Electrical and electronic systems within structures”, IEC 61643-12 “Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles”, IEC 61643-22 “Low voltage surge protective devices – Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Part 22: Selection and application principles” y ANSI/IEEE Std. C62.41.2 “IEEE Recommended Practice on Characterization of Surges in Low – Voltage (1000 V and less) AC Power Circuits”, que recogen una serie de criterios relativos a la seguridad de las personas y a los materiales que deben utilizarse en la construcción de las redes de puesta a tierra. En general las normas recomiendan que todo el sistema de puesta a tierra de una instalación se encuentre a un mismo potencial. Buscando impactar el mejoramiento de los espacios de la institución para proteger de riesgos relacionados con las puestas a tierra a toda la comunidad académica, estudiantes, docentes, personal administrativo y demás personas que por diferentes razones visitan estos

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Diagnosticar el sistema puesta a tierra de la Institución Universitaria Pascual Bravo, ubicada en la ciudad de Medellín, para verificar la equipotencialidad y continuidad entre los tableros principales y las mallas de la subestación del bloque 9 y 3B, y proponer soluciones de mejoramiento desde la parte normativa y técnica para las puestas a tierra.

4.2. Objetivos específicos

Analizar las condiciones actuales en que se encuentra actualmente el sistema de puestas a tierra de la Institución Bloque Universitaria Pascual Bravo.

Realizar las medidas de resistencia de continuidad y resistencia de contacto entre los tableros principales de cada con la finalidad de establecer la equipotencialidad y a su vez las medidas de continuidad entre mallas del Bloque 9 y el Bloque 3B.

Efectuar la inspección visual de los tableros que se encuentran en el alcance propuesto.

Sugerir las técnicas de mejoramiento aplicables para las condiciones inadecuadas para las puestas a tierra.

Proponer recomendaciones desde la parte normativa de como corregir y actualizar las malas prácticas relacionadas con el cableado de tierra y demás problemas físicos de puesta a tierra.

5. Marco teórico

“Un sistema de puesta a tierra es una parte, si no la más importante, de una instalación eléctrica y debe dársele el tratamiento acorde con su trascendencia. Esto significa que deben hacerse esfuerzos para llevarlo a la mejor condición” (Casas, 2010, p. 277). Por su parte:

Una conexión a tierra de mala calidad no solo contribuye a un tiempo de inactividad innecesario, sino que es peligroso y aumenta el riesgo de fallos en los equipos. Sin un sistema de conexión a tierra eficaz, podríamos estar expuestos a riesgo de descarga eléctrica, por no mencionar los errores en los instrumentos, los problemas de distorsión armónica, los problemas de factor de potencia y un buen número de posibles errores intermitentes (Fluke, s.f., párr. 1).

5.1. Definiciones y conceptos de los sistemas de puesta a tierra

El Reglamento de Instalaciones Eléctricas, exigen que todos los elementos de puesta a tierra de una instalación estén conectados entre sí, formando un sistema común (Ministerio de Minas y Energía, 2013, art. 15.1).

La definición que realiza la norma IEEE std. 30 – 2000 sobre puesta a tierra “tierra o sistema de tierra es una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conecta a la tierra o algún cuerpo conductor de dimensión relativamente grande que cumple la función de la tierra” (p. 5).

Para el Código Eléctrico Nacional – NFPA 70 (2008) en el artículo 100 se afirma que la definición de puesta a tierra para conductores es “trayectoria conductiva instalada para conectar partes metálicas, que normalmente no transportan corriente, de los equipos entre sí y al conductor del sistema puesta a tierra (Neutro) o al conductor del electrodo de puesta a tierra” (p. 30, art. 100).

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) define que:

Toda instalación eléctrica que le aplique RETIE, excepto donde se indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un sistema de puesta a

tierra, para evitar que las personas en contacto con las misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla (Ministerio de Minas y Energía, 2013, p. 63).

La sección 250, Puesta a Tierra de la NTC (1998) tiene como propósito y objetivo garantizar que la instalación eléctrica sea segura. Esta sección contiene provisiones que garantizan la protección contra los choques eléctricos y los incendios (minimizando el riesgo de su presencia) producto de las sobretensiones transitorias enormes inmersas en el fenómeno del rayo y de las corrientes de falla a tierra. Esta sección presenta reglas que identifican los métodos de instalación que deben ser seguidos para garantizar la seguridad de la instalación (Código Eléctrico Nacional, 2008).

5.1.1. Puesta a tierra del equipo electrónico

“Los materiales conductores que normalmente no transportan corriente, que albergan conductores o equipo eléctrico, o que forman parte de dicho equipo, deben estar conectados a tierra con el fin de limitar la tensión a tierra en estos materiales” (Código Eléctrico Nacional, 2008, p. 111, art. 250).

5.1.2. Unión de conductores eléctricos y otros equipos

“Los materiales conductores eléctricos que normalmente no transportan corriente, que tienen probabilidad de energizarse, se deben conectar entre sí y a la fuente de alimentación eléctrica de manera que establezcan una trayectoria eficaz para la corriente de falla a tierra” (Código Eléctrico Nacional, 2008, p. 111, art. 250).

Para el RETIE, Es el conductor de protección llamado conductor de protección de los equipos, deben cumplir los siguientes requisitos:

- El conductor para baja tensión, se debe seleccionar con la tabla de la NTC 250-95.
- Los conductores del sistema de puesta a tierra deben ser continuos, sin interrupciones o medios de desconexión y cuando se empalmen, deben quedar mecánica y eléctricamente seguros.

- El conductor de puesta a tierra de los equipos, debe acompañar los conductores activos durante todo su recorrido y por la misma canalización (Ministerio de Minas y Energía, 2013, p. 68-69).

Según Casas (2010), el puesto a tierra significa, “Equipo o parte de una instalación eléctrica (Neutro, centro de estrella de transformadores o generadores, carcasas, incluso una fase para sistemas en delta, etc.), que posee una conexión intencional o accidental con una puesta a tierra” (p. 180).

5.1.3. Conductor de puesta a tierra

Para el Código Eléctrico Nacional – NFPA 70 (2008). Un conductor de puesta a tierra de los equipos es “trayectoria conductiva instalada para conectar partes metálicas, que normalmente no transportan corrientes de los equipos entre sí y al conductor del sistema puesto a tierra o al conductor del electrodo de puesta a tierra” (p. 111, art. 250).

La Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (1998), define como conductor de puesta a tierra

Conductor utilizado para conectar las partes metálicas que no transportan corriente de los equipos, canalizaciones y otros encerramientos, al conductor puesto a tierra, al conductor del electrodo de tierra de la instalación o a ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado independiente (p. 31, art. 100).

5.1.4. Conductor de electrodo de puesta a tierra

Un Conductor utilizado para conectar el conductor puesto a tierra del sistema o el equipo al electrodo de puesta a tierra o a un punto en el sistema del electrodo de puesta a tierra (Código Eléctrico Nacional, 2008, art. 250).

La Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (1998), define como conductor del electrodo de tierra

Conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de los equipos, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en los equipos de acometida o en punto de origen de un sistema derivado independiente (p. 31, art. 250).

5.1.5. Conductor puesto a tierra

“Conductor de un sistema o de un circuito intencionalmente puesto a tierra” (Código Eléctrico Nacional, 2008, p. 31, art. 100).

“Conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra. Generalmente es el neutro de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella” (Norma Técnica Colombiana 2050, 1998, p. 31, art. 100).

5.1.6. Electrodo de puesta a tierra

Es un objeto conductor a través del cual se establece una conexión directa a tierra física, existen 2 tipos básicos de electrodos. El natural, que está intrínsecamente dentro de la instalación que incluye todo el metal enterrado como tuberías de agua, la Estructura del edificio (si está efectivamente conectada a tierra) y el metal de refuerzo de la cimentación (Norma Técnica Colombiana 2050, 1998).

Los electrodos fabricados son instalados específicamente para mejorar el desempeño de los sistemas de tierra que incluyen mallas de alambre, platos metálicos, conductor de cobre desnudo y varillas directamente enterradas en el terreno. La varilla de tierra es el electrodo más utilizado. La varilla está constituida por un núcleo de acero y un recubrimiento de cobre aplicado mediante un proceso electrolítico garantizando así una unión a nivel molecular que asegura un buen desempeño de la misma, durante su vida útil. (Pentair, s.f., p.1).

Elemento o conjunto metálico conductor que se pone en contacto con la tierra física o suelo, ubicado lo más cerca posible del área de conexión del conductor de puesta a tierra al sistema. Puede ser una varilla destinada específicamente para ese uso o el elemento metálico de la estructura, la tubería metálica de agua en contacto directo con la tierra, un anillo o una malla formados por uno o más conductores desnudos destinados para este uso (Norma Técnica Colombiana 2050, 1998, art. 100).

5.1.7. Conductor de guarda en sistemas de distribución

Los cables de guarda instalados en las líneas de alta tensión, son cables sin tensión que se colocan en la parte más alta en las redes de alta tensión, se conectan a la

misma estructura metálica en cada torre y sirven para varios motivos. Uno es el generar un equipotencial de tierra en todo el trazado de la línea, rebajando al mínimo la resistencia de tierra ya que con el cable se unen todas las torres y por defecto todas las tomas de tierra del trazado. Otro motivo es para intentar captar el rayo durante las tormentas y conducirlo a tierra y de igual forma para conformar sistemas multiaterrizados (Rodríguez, 2010).

5.2. Requisitos técnicos esenciales

Toda instalación eléctrica que le aplique el RETIE, excepto donde se aplique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un sistema de puesta a tierra, para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla de puesta a tierra para las instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y los apoyos o Estructuras metálicas que ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industria, entre la Estructura puesta a tierra y la red. (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

5.3. Revisiones técnicas especificadas por el RETIE

Desde la parte normativa, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas propone la revisión de los componentes del sistema de puesta a tierra, debido a que puede perder efectividad, después del pasar del tiempo, por causas de corrosión, fallas eléctricas, daños mecánicos en conductores y posiblemente impactos de rayos (Ministerio de Minas y Energía, 2013). Los trabajos de Inspección de sistemas de puesta a tierra deben contener los siguientes aspectos:

Realizar ensayos de equipotencialidad (Mediciones de resistencia de continuidad y resistencia de contacto.

Niveles de corrosión.

Valores de resistencia.

Desviaciones de los requisitos respecto del RETIE.

Documentación de los cambios Frente a la última inspección.

Resultados de las pruebas realizadas.

Registro fotográfico.

Rediseño o propuestas de mejoras del SPT si se requieren (Ministerio de Minas y Energía, 2013, p. 73, art. 15.6.2).

6. Metodología

Este trabajo estará basado en el método de la investigación aplicada, para el cuál se aplicaron los conocimientos adquiridos en las asignaturas de "Introducción a la Tecnología, Circuitos I y II, Campos Electromagnéticos" entre otras. Estas nos permitieron elaborar una guía que permito realizar el diagnóstico y tiene como finalidad conocer las condiciones actuales y los problemas para plantear las soluciones de mejoramiento de éstas.

El diagnóstico permitió realizar las mediciones de resistencia de continuidad y resistencia de contacto sugeridas dentro de la normativa internacional ANSI/IEEE Std 1100 Recommended Practice for Powering and Grounding sensitive Electronic Equipment, 2005 y el RETIE Artículo 15.6.1.

Esta metodología nos permitió Medir continuidad entre las mallas de la subestación del bloque 3B y la subestación del bloque 9, el procedimiento de las mediciones consisten en utilizar cuatro pinzas, las cuales son dos de corriente y dos de voltaje, estas imprimen una aproximadamente de corrient 5 mA a alta frecuencia y miden la diferencia de voltaje calculado así la resistencia de continuidad y resistencia de contacto; estas mediciones se realizaron con el equipo teluometro. Consecutivamente, entre los se realizaron así las mediciones entre los tableros principales de cada uno de los Bloques de la Institución universitaria, En la Figura 1 y en la Tabla 1 se presenta a continuación la ubicación de los Bloques y la ubicación de los tableros principales.

Ciudadela Universitaria Pascual Bravo



Figura 1. Ubicación de los Bloques.

Fuente: Institución Universitaria Pascual Bravo. (S.f.). Campus Robledo. Recuperado de:
<http://www.pascualbravo.edu.co/index.php/lainstitucion/campusrobledo>

ÍTEM	BLOQUE	TABLEROS
1	B1	Tablero Principal (Colegio Bachillerato)
2	B2	Tablero Principal - piso 1 Tablero Principal - piso 2
3	B3A	Tablero Principal 106 Tablero Principal 107

ÍTEM	BLOQUE	TABLEROS
4	B3B	Tablero Totalizador principal 208 V al TR1 Tablero Totalizador 3200 A, 208 V Tablero Transferencia Tablero Distribución con transformador Tablero transferencia automática
5	B3C	Tablero Principal
6	B4A	Tablero Principal portería
7	B4B	Tablero Principal
8	B4C	Tablero Principal
9	B4D	Tablero Principal
10	B4E	Tablero principal laboratorio electrónica
11	B4F	Tablero Principal ¹
12	B4G	Tablero Principal
13	B4H	Tablero Principal
14	B4I	Tablero Principal
15	B4J	Tablero Principal
16	B4K	Tablero Principal
17	B4L	Tablero Principal
18	B4M	Tablero laboratorio áreas y térmicos
19	B5	Tablero Principal
20	B6	Tablero Principal (Coliseo)
21	B7	Tablero General 220 V
22	B8	Tablero Iluminación biblioteca TB2, piso 1 Tablero Regulado 01, piso 1 Tablero Regulado 02, piso 1 Tablero04 TR02, piso 1 Tablero01 Iluminación, piso1 Tablero02 Iluminación, piso1 Tablero T.E.I. iluminación 110/220 V, piso 2 Tablero Iluminación y tomas no regulados, Piso 2
23	B9	Tablero Distribución regulado Tablero Distribución general

Tabla 1. Ubicación de tableros principales en los diferentes Bloques

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Las mediciones en este tablero principal de Distribución no se pudo realizar las mediciones debido a las presentes remodelaciones en la Institución Universitaria.

7. Descripción técnica

Para iniciar el diagnóstico se realizara inicialmente la observación visual directa del actual sistema de puesta a tierra de la institución Pascual Bravo, para determinar las actividades iniciales que permitirán conocer las condiciones técnicas actuales de está. Posteriormente, se procederá a efectuar las mediciones en el sistema de puesta a tierra empleando los métodos de resisitencia de continuidad y resistencia de contacto recomendados en la norma ANSI/IEEE Std 81 (IEEE Power and Energía Society, 2012). Posteriormente, la inspección visual de las tierras de los tableros eléctricos a través de fotografías y listas de chequeo elaborado por los participantes del trabajo de grado.

7.1. Procedimiento empleado para las mediciones

Para ello se emplea el siguiente procedimiento para medición de sistema de puesta a tierra y medición de continuidad

Antes de realizar las mediciones, se comienza con la caracterización de la zona geográfica donde se va a realizar las mediciones temporada (lluviosa, Soleado, Nublado, Seca) después de esto se observa el tipo de terreno: Barro, tierra, cascajo, zona verde, arena, roca, relleno, otros y seguidamente se verifica si hay objetos cercanos enterrados: Mallas de tierra, tuberías contra incendio, tuberías de gas, oleoductos, protección catódica, aceros de refuerzo de fundaciones, otros y se procede a la recolección de información.

7.1.1. Recolección de información

Identificación clara de los sitios de medición, mallas, tableros, transformadores etc. Y se procede a la toma de medidas de resistencia de puesta a tierra de mallas existentes (si las hay), y de la puesta a tierra del circuito alimentador y la medición de continuidad con el equipo de medición.

Nota: Se debe verificar el estado de los equipos antes de realizar la prueba

7.1.2. Mediciones de resistencia de continuidad – contacto

Para la medición de resistencia de continuidad se emplea una tensión CC mediante el método U-I (Tensión-Corriente). Se envía una corriente que circula por el bucle de prueba y el equipo (Telurómetro) mide la caída de tensión para calcular la resistencia R. de manera que, es el mismo conexionado que para el método de la suma de resistencias.

En el bucle de prueba la corriente puede atravesar conexiones en mal estado, normalmente oxidadas, las cuales pueden actuar como elementos galvánicos, cuya resistencia depende de la polaridad (como un diodo). Los equipos utilizados realizan automáticamente la medición en ambas polaridades, calculando la resistencia según la relación $U/I=R (+)$ y $U/I=R(-)$.

U: caída de tensión medida por el voltímetro en la resistencia a medir R.

I: Corriente inyectada medida por el amperímetro.

Una resistencia demasiado elevada en los conductores de protección (tierra) puede ser consecuencia de que éstos sean demasiado largos, secciones (área transversal del cable) demasiado pequeñas, contactos defectuosos, conexiones erróneas, etc. Se considera que existe una adecuada continuidad eléctrica si el valor obtenido al aplicar este método es inferior a $1,0 \Omega$, como se establece en el libro de Casas (2010).

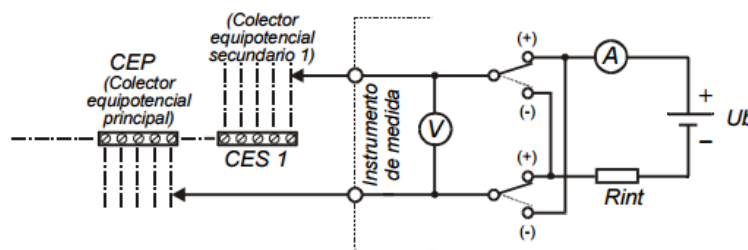


Figura 2. Método de resistencia de continuidad

Fuente: AENOR. (2007). Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión hasta 1 000 V c.a. y 1 500 V c.c... Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección. Parte 4: Resistencia de los conductores de puesta a tierra y conexiones de equipotencialidad. Recuperado de: http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0040258#.WYSiQog1_IV

7.1.3. Método de la suma de resistencias

El conexionado del equipo de medida (Telurómetro), consiste en posicionar dos pinzas (una de corriente y otra de tensión), en el tablero principal de la instalación y del mismo modo, para las otras dos pinzas (una de corriente y otra de tensión), que van dirigidas al tablero al cual se desea verificar si esta equipotencializado por medio de un conductor de puesta a tierra. Con este método se determina si un sistema de puesta a tierra está equipotencializado con otras puestas a tierra. Se registra la suma de la resistencia total de las dos puestas a tierra interconectadas:

$$R_{12} = R_1 + R_2$$

Dónde:

R₁₂: Resistencia total.

R₁: Resistencia a medir.

R₂: Resistencia auxiliar.

Con la aplicación de este método no es necesario desconectar los cables de puesta a tierra en caso de existir conexión entre los sistemas de puesta a tierra. Se considera que dos sistemas están equipotencializados si el valor obtenido al aplicar este método es inferior a 0,1 Ω, como lo estableció Casas (2010) en sus libro *Tierras Soporte de la seguridad eléctrica*. En la Figura 3 se ilustra el principio de aplicación del método.

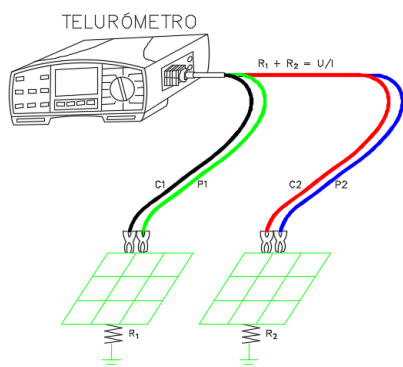


Figura 3. Método de la suma de resistencias

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación

7.1.4. Medición de resistencia de puesta a tierra con el método de las pinzas

Para la medición de resistencia de puesta a tierra de las mallas de bloque 3B y Bloque 9, se utilizó el método de las pinzas, el cual permite realizar la medición obteniendo un valor de resistencia de puesta a tierra (IEEE 81, 2012).

Si R_x representa la resistencia de puesta a tierra del objeto de medición y $R_1, R_2 \dots R_n$ representa los valores de resistencia de puesta a tierra de otras ubicaciones, el valor de resistencia de puesta a tierra medido está dado según IEEE Power Engineering Society (2000) por la siguiente ecuación:

$$R_m = R_x + \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

Si el valor de n es lo suficientemente grande y cada valor R_i es lo suficientemente pequeño, entonces el valor de la resistencia de puesta a tierra medido es igual al valor del objeto de medición $R_m \approx R_x$, Tal como se muestra en la Figura 4 (IEEE 81, 2012).

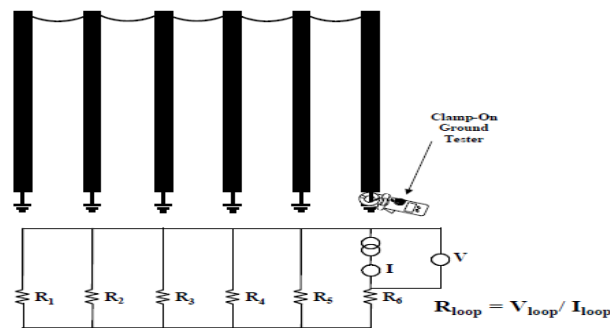


Figura 4. Método de Resistencia de Puesta a tierra con pinzas

Fuente: IEEE Power Engineering Society. (2000). IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding

7.2. Selección de los equipos de protección contra sobre tensiones

Para la interpretación se utilizan siglas o abreviaturas abreviaciones que se presentan en nomenclaturas

Los sistemas eléctricos y electrónicos están expuestos a daños por causa del impulso electromagnético del rayo (IEMR). Por tanto, deben tomarse medidas de

protección contra el IEMR para evitar los fallos de los sistemas internos (IEC 62305-4, 2006).

La protección contra el IEMR está basada en el concepto de zonas de protección contra el rayo (ZPR), las diferentes áreas que contienen los sistemas a proteger debe dividirse en ZPR. Estas zonas son, teóricamente, volúmenes asignados de espacio en los que la severidad del IEMR es compatible con el nivel de inmunidad de los sistemas internos situados en su interior como se presenta en la Figura 5 (IEC 62305-4, 2006).

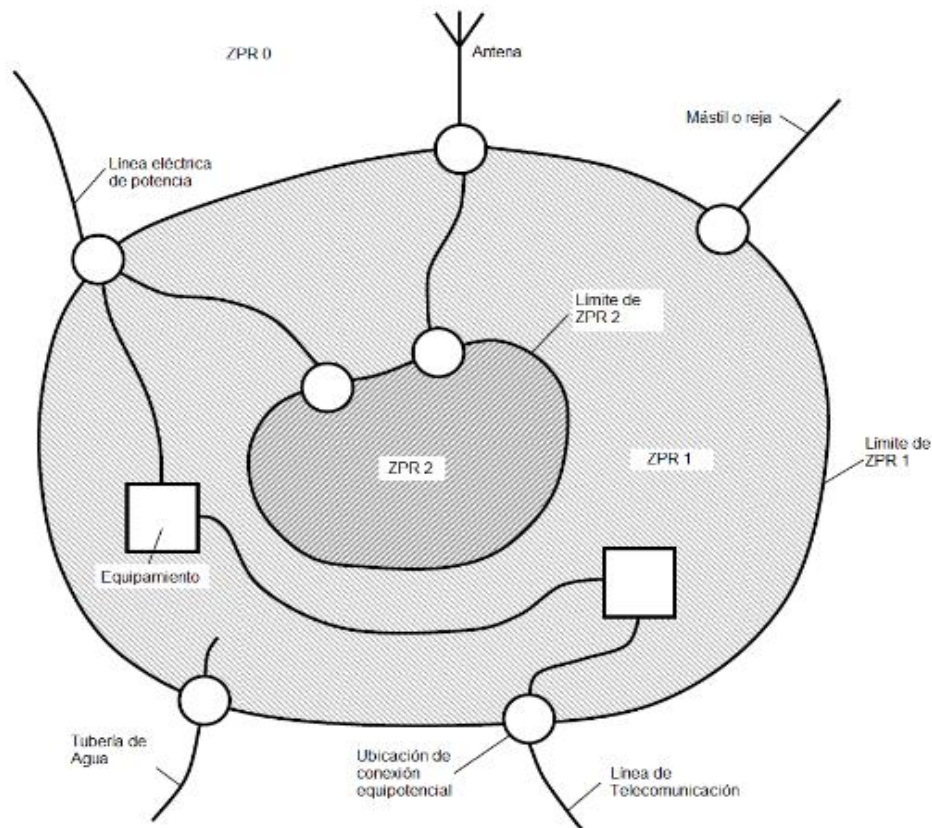


Figura 5. Principio general de la división en diferentes ZPR

Fuente: International Electrotechnical Commission (IEC). (2006). International Standard 62305-4. 1ra ed. Suiza.

Las zonas interiores protegidas contra descargas directas del rayo

- ZPR 1:

“Zona en la que la corriente de onda tipo impulso está limitada por la distribución de la corriente y por los DPS en las zonas límites. El apantallamiento espacial puede atenuar el campo electromagnético del rayo” (IEC 62305-1, 2006, p. 53).

- ZPR 2...n

“Zona en la que la corriente de onda tipo impulso puede limitarse más mediante la distribución de la corriente y DPS adicionales en las zonas límites” (IEC 62305-1, 2006, p.53).

En La Figura 6 muestra una estructura típica de un sistema de protección contra rayos (que contiene terminales de unión, una red de compensación y un sistema de puesta a tierra), servicios entrantes (posiblemente teléfono u otro de conexiones de telecomunicaciones (h) y de alimentación (g)), así como los equipos instalados. La gráfica incorpora un solo punto de unión de protección contra rayos (d) (IEC 61643-22, 2004).

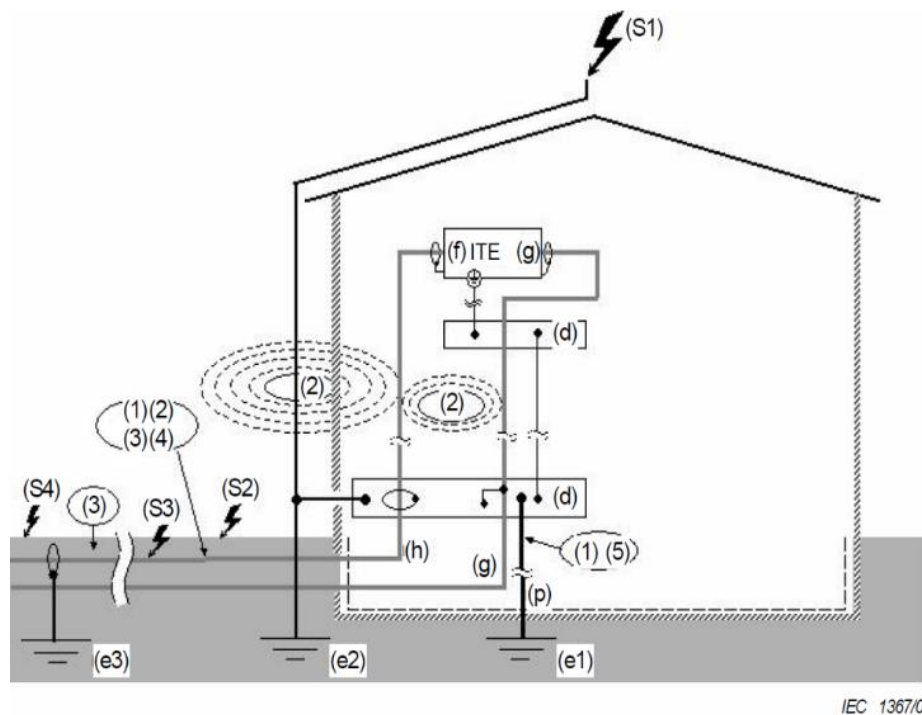


Figura 6. Mecanismos de acoplamiento

Fuente: International Electrotechnical Commission (IEC). (2004). International Standard 61643-22. 1era edición. Suiza.

Donde;

- (d) Barra de conexión equipotencial
- (e1) Sistema de puesta a tierra del edificio
- (e2) Sistema de puesta a tierra de la protección contra rayos
- (e3) Puesta a tierra de pantallas de cables
- (f) Puertos de telecomunicaciones y control
- (g) Entrada fuente de alimentación
- (h) Conductores de telecomunicaciones y control
- (p) Electrodo de puesta a tierra
- (S1) Rayo directo a la estructura
- (S2) Rayo cercano a la estructura
- (S3) Rayo directo en la línea de telecomunicación o potencia
- (S4) Rayo cercano a la línea de telecomunicaciones o potencia
- (1)... (5) mecanismos de acoplamiento

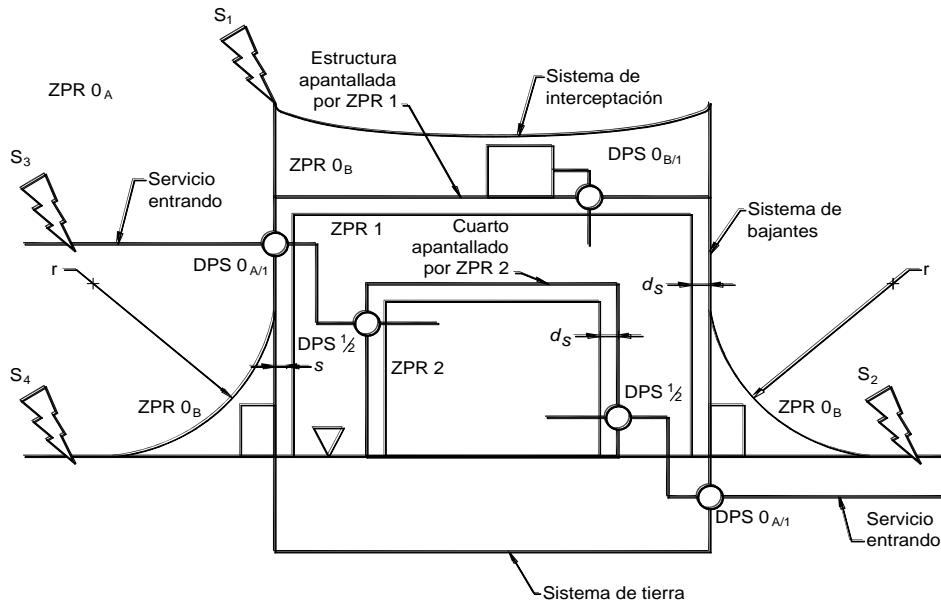
7.3. Coordinación y selección de los DPS´s

La selección e instalación del sistema coordinado de DPS debe cumplir con los requerimientos de las normas IEC 61643-12 para la protección de los sistemas de potencia, tal y como lo exige el RETIE.

Los sistemas de protección internos deben contar con sistema de puesta a tierra y una red equipotencial que permitan dispersar la corriente eléctrica del rayo, minimizar las diferencias de potencial y reducir el campo magnético. Adicionalmente, para la protección contra las sobretensiones transitorias, se requiere de un sistema coordinado de DPS para los cables de potencia.

Por otra, la norma técnica colombiana NTC 4552-1 en el título de protección contra estructuras, clasifica de igual manera las zonas de protección contra descargas

atmosféricas, y para la protección de sistemas internos. En la Figura 7 se ilustran las zonas de protección.



1. Estructura apantallada por ZPR1	S1	Impacto a la estructura
2. Sistema de Interceptación	S2	Impacto cerca de la estructura
3. Sistema de bajantes	S3	Impacto en servicio entrando a la estructura
4. Puesta a Tierra estructura	S4	Impacto cerca servicio entrando a la
5. Cuarto apantallado por ZPR2	r	Radio esfera rodante
6. Servicio entrando magnéticos	ds	Distancia de seguridad a muy altos campos
O Barraje equipotencial de rayos (DPS)		

ZPR 0_A Impactos directos, corriente total del rayo

ZPR 0_B No impactos directos, corriente parcial de rayo o corriente inducida

ZPR 1 No impactos directos, corriente parcial de rayo a corriente inducida

ZPR 2 Volumen protegido dentro de ZPR 1 y ZPR 2 tiene que respetar distancia de separación ds

Figura 7. Zonas de protección contra rayos definidas para medidas de protección internas

Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2008). Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos). NTC 4552-1

En un SMPI donde se utiliza el concepto de zonas de protección los DPS deben colocarse a la entrada de cada línea de las diferentes zonas (ZPR 1, ZPR 2, ZPR 3,...), o cuando se tiene una sola zona de protección (ZPR 1), al menos a la entrada de la ZPR 1 (IEC 61643-12, 2008).

7.4. Protección de los sistemas de potencia

7.4.1. Clasificación de los DPS según IEC

La selección de los DPS para la protección de los sistemas de potencia conforme a las normas IEC, considera en primer lugar como aspecto fundamental la clase de prueba y en segundo lugar el tipo de tecnología y aspectos de montaje. Las clases de prueba están relacionadas con el tipo de corriente que enfrentan los DPS y con las diferentes interfaces de las zonas de protección.

7.4.2. DPS clase I

Son probados con corriente de impulso I_{imp} con una forma de onda 10/350 μs , la cual es considerada una corriente parcial de rayo que es esperada en su punto de instalación de acuerdo con el nivel de protección escogido en el cálculo del riesgo. Los DPS de esta clase se usan en las interfaces de una zona expuesta a corrientes directas o parciales de rayo y la zona no expuesta a corrientes directas o parciales de rayo, es decir entre una zona 0A (ZPR 0A) y una zona 1 (Ver Figura 7), por ejemplo a la entrada de la acometida eléctrica o normalmente en los tableros de distribución principal (IEC 61643-22, 2004).

7.4.3. DPS clase II

Estos DPS se prueban con una corriente de impulso 8/20 μs que corresponde a la corriente nominal I_n . Los DPS de esta clase están diseñados para manejar corrientes inducidas o atenuadas por los DPS clase I, normalmente se usan para interfaces entre zona 0B (ZPR 0B) y 1, si las líneas de entrada están completamente en zona 0B (ZPR0B) (apantalladas) (Ver Figura 7) y la probabilidad de falla es baja. El valor de la corriente de prueba depende del punto de instalación y del nivel de protección requerido en la instalación (IEC 61643-22, 2004).

Este tipo de DPS serán seleccionados para instalar a la entrada de la alimentación eléctrica de los siguientes equipos:

- Tableros de distribución regulados o no regulados y tableros principales de cada bloque de la institución universitaria, asociados a los sistemas instalados a más 10 m de un DPS clase I (IEC 61643-22, 2004).

7.4.4. DPS clase III

Son probados con generador de onda combinada, tensión de circuito abierto $1.2/50$ Uoc y corriente de cortocircuito $8/20 \mu s$ I_{sc}. El I_{sc} debe ser escogido para garantizar la corriente esperada en la zona. Los DPS de esta clase están enfocados al equipo final (IEC 61643-22, 2004).

7.5. Parámetros de selección de los DPS's

A continuación se presentan los parámetros y criterios para la selección de la clase y las especificaciones técnicas mínimas exigidas por el RETIE y/o IEC61643, para la protección de eventos transitorios de tensiones.

Entre los parámetros a definir para una adecuada selección de los DPS se tiene la corriente de impulso (I_{imp}), la corriente nominal (I_n), la tensión de operación continua (U_c) y el nivel de protección (U_p).

7.5.1. Corriente nominal o impulso

La Tabla 2, se presenta los valores de corriente I_{imp} recomendados por la norma IEC 62305-1 que pueden ser escogidos de acuerdo con el NPR (Nivel de protección contra rayos) para la selección y coordinación de los DPS de la instalación.

NPR	Sistema de Baja Tensión		
	Impacto en la acometida de servicio	Impacto cerca de la acometida de servicio	Cerca de, o en la estructura
	Fuente de daño S ₃ (impacto directo) Forma de onda: 10/350ms (kA)	Fuente de daño S ₄ (impacto indirecto) Forma de onda: 8/20ms (kA)	Fuente de daño S ₁ o S ₂ (corriente inducida solo para S ₁) Forma de onda: 10/350ms (kA)
III - IV	5	2,5	0,1
I - II	10	5	0,2

Tabla 2. Sobrecorrientes esperadas debidas a impactos por rayos

Fuente: International Electrotechnical Commission (IEC). (2006). International Standard 62305-1. 1ra ed. Suiza.

Adicionalmente, la norma IEC 62305, describe el equivalente de la corriente nominal considerando el impacto sobre la acometida, para la selección del DPS en el punto de conexión. Tal y como se describe en la Tabla 3.

Nivel de Protección	Onda de prueba	
	DPS con onda de prueba 10/350 ms	DPS con onda de prueba 8/20 ms
IV	2 kA	20 kA
III	5 kA	50 kA
II	12,5 kA	125 kA
I	≥12,5 kA *	≥125 kA *

NOTA. Los valores de la tabla son aplicables por cada conductor activo en el punto de conexión de la acometida (véase la NTC 2050).
NOTA Véase IEEE C 62.41-2:2002

Tabla 3. Corriente nominal de descarga por fase

Fuente: International Electrotechnical Commission (IEC). (2006). International Standard 62305-1. 1ra ed. Suiza.

7.5.2. Máxima tensión de operación continua

Se debe escoger la tensión de operación continua, teniendo en cuenta el tipo de conexión de neutro del sistema, para sistemas sólidamente aterrizados se escoge como 1,1 veces la tensión máxima de operación del sistema, para sistemas aislados,

debe ser superior a la tensión máxima línea - línea del sistema. En La Tabla 4 presenta los valores recomendados por la norma IEC61643-12 de acuerdo al tipo de sistema.

DPS conectado entre:	Configuración del sistema				
	TT	TT-C	TN-S	IT con neutro distribuido	IT con neutro distribuido
Cada fase y neutro	1,1 U _o	NA	1,1 U _o	1,1 U _o	NA
Cada fase y tierra	1,1 U _o	NA	1,1 U _o	$\sqrt{3} \times U_o$ ver nota 3	Voltaje línea a línea ver nota 3
Neutro y tierra	U _o ver nota 3	NA	U _o ver nota 3	U _o ver nota 3	NA
Cada fase y el conductor de tierra-neutro PEN	NA	1.1 U _o	NA	NA	NA

NA: no aplica
 Nota 2. U_o es el voltaje línea neutro del sistema de bajo voltaje
 Nota 3. Estos valores están asociados al peor caso de falla, la tolerancia de 10% no se considera
 Nota 4. En sistemas tipo IT extensos, valores elevados de U_c pueden ser necesarios

Tabla 4. Mínimo voltaje de operación continuo del DPS

Fuente: International Electrotechnical Commission (IEC). (2008). International Standard 61643-12. 2da edición. Suiza.

Por otra parte, la norma IEC tiene estandarizados las tensiones de operación continua, en la Tabla 5 se indican los valores.

Tensión de fase	Calculo de la U _c	Valores estandarizados
24 V	24 x 1,1 = 26,4	≥ 34 V
120 V	120 x 1,1 = 132	≥ 150 V
277 V	277 x 1,1 = 304,7	≥ 320 V

Tabla 5. Valores estandarizados de tensión de operación continua

Fuente: International Electrotechnical Commission (IEC). (2008). International Standard 61643-12. 2da edición. Suiza.

7.5.3. Nivel de protección

El nivel de protección debe seleccionarse por debajo del nivel de protección del sistema o equipo considerado para la protección, cuando un DPS proteja varios equipos se debe calcular la máxima distancia en la que el DPS garantiza una sobretensión por debajo del BIL del equipo. El nivel de protección está especificado para la corriente nominal del DPS.

Los niveles de soportabilidad ante sobretensiones tipo impulso están definidos en la norma IEC 60664-1 (2008) de acuerdo con 4 categorías, cada categoría agrupa equipos específicos teniendo en cuenta su utilización y sensibilidad de componentes. En La Tabla 6 tomada de la NTC 4552-1 presenta la tensión al impulso que soportan los equipos de acuerdo a sus categorías y explica los equipos asociados con cada categoría y en Tabla 7 explica los equipos asociados con cada categoría, establecidas por la norma IEC 61010.

Nivel de tensión de operación de los equipos (V)	BIL requerido en (kV)			
	Contadores	Tableros, interruptores, cables, etc.	Electrodomésticos, herramientas portátiles	Equipo electrónico
	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
120 – 240 ; 120 / 208	4	2,5	1,5	0,8
254 / 440 ; 277 / 480	6	4	2,5	1,5

Tabla 6. Tensión al impulso que deben soportar los equipos

Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2008). Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos). NTC 4552-1

Categoría	Descripción	Observaciones
I	Equipos con circuitos electrónicos especialmente sensibles: computadores, servidores, TV, HiFi, video, alarmas etc. Electrodomésticos con programadores electrónicos	Equipo para conectar a los circuitos donde se han tomado medidas de protección para reducir las sobretensiones
II	Electrodomésticos con programadores mecánicos, herramientas	Equipo de consumo de energía conectado a equipos fijos
III	Tableros de distribución, elementos de conmutación (suiches, aislantes, bases de conexión), conductos y sus accesorios (cables, barras de conexión, cajas de conexión etc.)	Equipos de instalación fija
IV	Equipos para uso industrial y otros equipos como motores conectados permanentemente a la red. Equipo de medida, contadores, equipos de protección contra sobrecarga, dispositivos de medición remotos etc.	Utilizados en el origen de la instalación o uso industrial

Tabla 7. Equipos de acuerdo con la categoría de sobretensiones

Fuente: International Electrotechnical Commission (IEC). (2010). Requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medida, control y uso de laboratorio 61010.

8. Diagnóstico del sistema de puesta a tierra

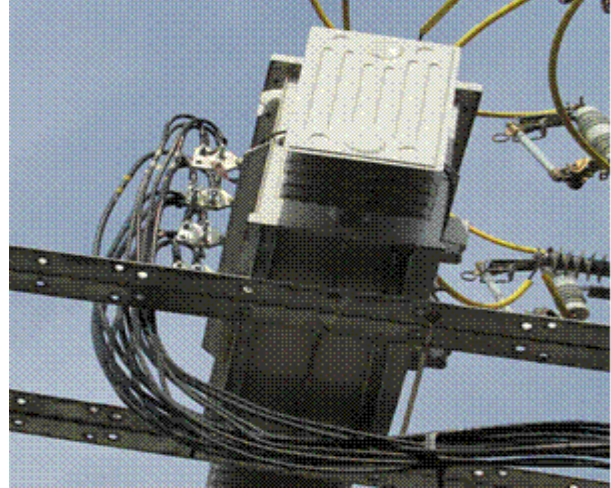
8.1. Descripción general del sistema eléctrico

El suministro de energía de las instalaciones proviene de un circuito aéreo de 13,2 kV de EPM, identificado como R06-05 el circuito alimenta la subestación principales del bloque 3B y bloque 9. Por su parte, se distribuye al interior de la institución universitaria, para alimentar el transformador de iluminación de la cancha de futbol y de igual forma el transformador principal del laboratorio de materialografía.. Tal y como se ilustra en las siguientes fotografías.



Fotografía 1. Circuito de media tensión
Bloque 3B

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 2. Transformador
Bloque 4M

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



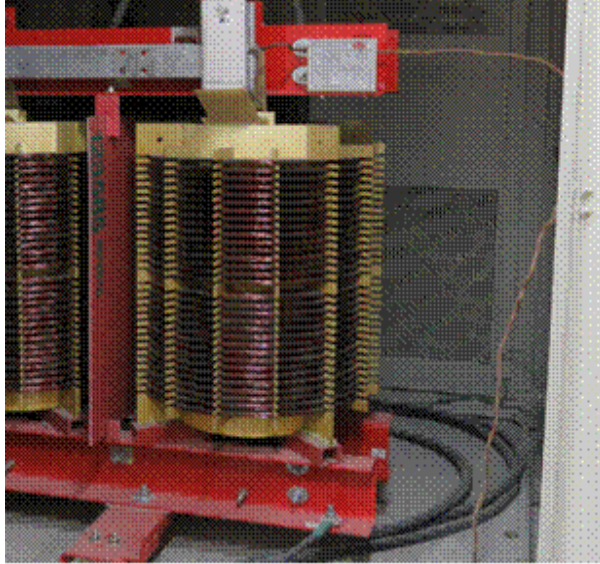
Fotografía 3. Transformador de iluminación de la
cancha de fútbol

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



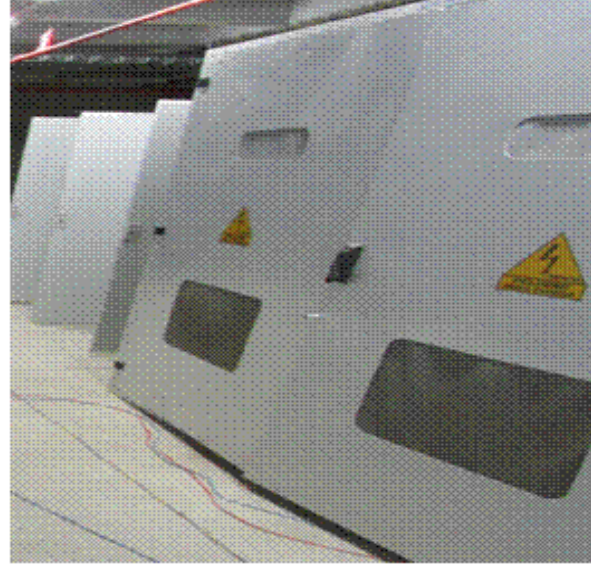
Fotografía 4. Circuito de media tensión
Bloque 9

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 5. Transformador del Bloque 9

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

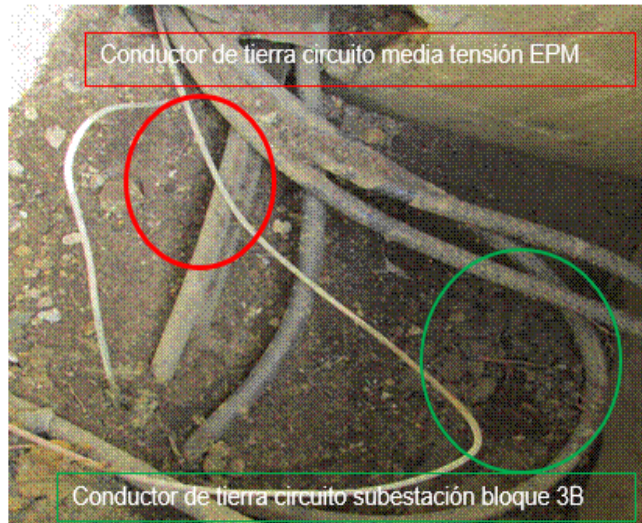


Fotografía 6. Celda del Transformador del Bloque 3B

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

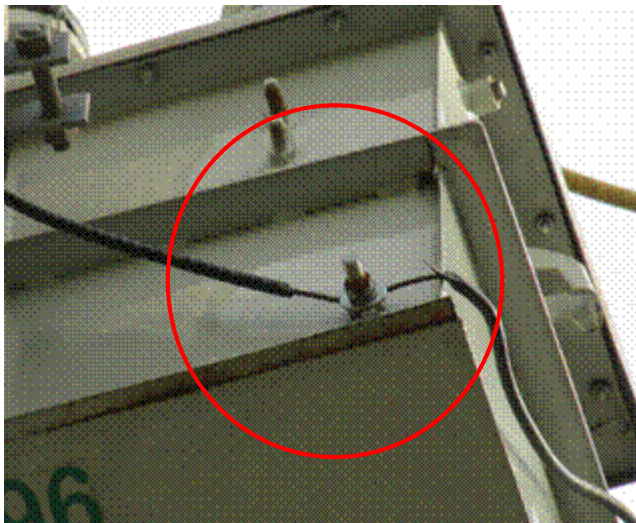
8.2. Principales conductores de puesta a tierra

En el punto de acople común con el operador de red, se pudo comprobar de forma visual la equipotencialización entre la malla de puesta a tierra del bloque 9 y de igual forma, el cable de tierra que acompaña la acometida principal media tensión de 13,2 kV que alimenta las dos subestaciones en poste y la subestación principal del bloque 3B. En la Fotografía 7 se observa dicha condición.



Fotografía 7. Conductores de tierra en la Caja principal del circuito de media tensión R06-05
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

En la Fotografía 8 y Fotografía 9, se muestra la conexión entre el conductor de tierra y el electrodo de puesta a tierra de la subestación en poste (Transformador iluminación de la cancha de futbol). Por otra parte, se evidencia que la puesta a tierra del transformador se encuentra en óptimas condiciones y adicionalmente el conductor de guarda del circuito de media tensión se encuentra sólidamente puesto a tierra.



Fotografía 8. Puesta a tierra de la cuba del transformador de la cancha

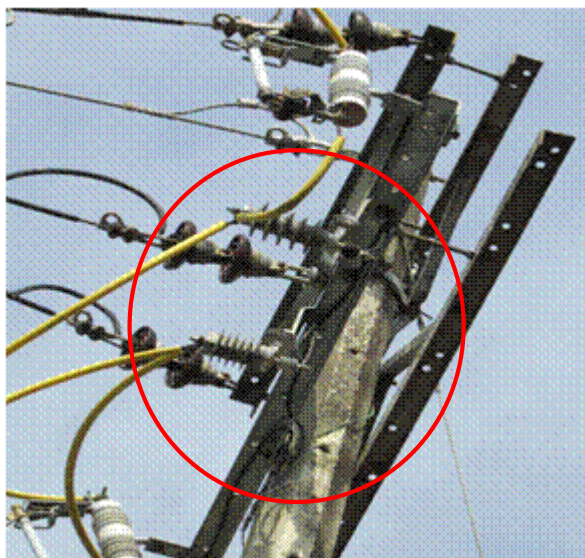
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 9. Conexión entre conductor de tierra y electrodo del transformador de la cancha

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

En la Fotografía 10 y Fotografía 11 se ilustra qué, el poste en el cual transfiere el circuito de media tensión de forma aérea a subterráneo, al momento de este diagnóstico, los DPS's, viento y las partes metálicas de la vestida del poste se encuentran equipotencializadas al conductor de puesta a tierra. Sin embargo, se presenta un entorche inadecuado para entre el conductor de puesta a tierra que acompaña la acometida principal de la subestación del bloque 3B.



Fotografía 10. Puestas a tierra de la vestida del poste

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 11. Entorche entre conductores de tierra

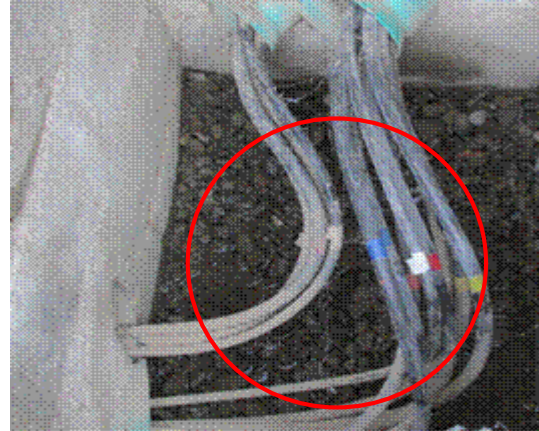
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Para la subestación en poste del bloque de materialografía. Las puestas a tierra del transformador visiblemente, se encuentran en condiciones mecánicas óptimas. Además, en la caja de inspección la acometida principal se encuentra acompañada por el cable de puesta tierra con aislamiento. Como se puede apreciar en la Fotografía 12.



Fotografía 12. Puesta a tierra del transformador Bloque M

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 13. Acometida principal del Bloque M

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

9. Resultados de las mediciones realizadas

9.1. Medición de resistencia de puesta a tierra

Se realizaron la mediciones de resistencia de las mallas de puesta a tierra de la Subestación principal del bloque administrativo y del bloque 3B, utilizaron el método de las pinzas. En la Tabla 8 se muestran los resultados de las mediciones.

Malla de puesta a tierra	Resistencia de puesta a tierra [Ω]
malla de la subestación bloque administrativo	0,24 Ω
malla de la subestación bloque 3B	0,47 Ω

Tabla 8. Medición de resistencia de puesta a tierra

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación

9.2. Medición de continuidad y suma de resistencias

Se realizaron mediciones de suma de resistencias y continuidad entre las mallas de puesta a tierra de la subestaciones y los puntos tierra relacionados en la Tabla 9.

Punto de medida 1	Punto de medida 2	Resistencia suma [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]
Barra de tierra Gabinete principal TG subestación - Bloque 9	Subestación Bloque 9		
	Estructura gabinete principal TG	0,00	0,01
	Puerta gabinete principal TG	84,00*	66,40*
	Transformador del sistema regulado 30 kVA - Bloque 9		
	Estructura	0,05	0,01
	Tablero de distribución regulado - Bloque 9		
	Barra de tierra	0,00	0,06
	Puerta	0,00	0,07
	Estructura	0,00	0,07
	Celda del transformador 500 kVA 13,2/0,208 kV - Bloque 9		
	Barra de tierra	0,00	0,01
	Estructura	0,01	0,01
	Puerta	0,00	0,01
	Celda del seccionador principal - Bloque 9		
	Estructura	0,02	0,01
	Puerta	0,04	0,01
	Celda de medida de la subestación - Bloque 9		
	Estructura	0,01	0,05
	Puertas de la subestación	3,91*	1,54*
	Tablero reflectores y bomba fuentes - Bloque 8		
	Barra de tierra	0,04	0,00
	Estructura	0,04	0,04
	Tablero 01 de iluminación - Bloque 8		
	Barra de tierra	0,02	0,04
	Estructura	∞^{**} (Abierto)	∞^{**} (Abierto)
	Tablero normal de tomas - Bloque 8		
	Barra de tierra	0,03	0,06
	Estructura	∞^{**} (Abierto)	∞^{**} (Abierto)
	Tablero regulado N°02 - Bloque 8		
	Barra de tierra	0,03	0,04
	Estructura	0,04	0,07
	Tablero del circuito 04 TR2 - Bloque 8		
	Barra de tierra	0,07	0,07
	Estructura	0,07	0,08
Tablero regulado N°01 - Bloque 8			
Barra de tierra	0,14	0,14	
Estructura	0,14	0,15	
Tablero de iluminación Biblioteca N°2 - Bloque 8			

Punto de medida 1	Punto de medida 2	Resistencia suma [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]	
Barra de tierra Gabinete principal TG subestación - Bloque 9	Barra de tierra	0,04	0,06	
	Estructura	0,01	0,03	
	Tablero de iluminación TB - Bloque 8			
	Barra de tierra	0,06	0,06	
	Estructura	0,12	0,12	
	Tablero TAE N°1 - Bloque 8			
	Barra de tierra	0,24	0,2	
	Estructura	0,36*	0,37	
	Tablero de iluminación y tomas no regulados 2do Piso - Bloque 8			
	Barra de tierra	0,06	0,06	
	Estructura	∞^* (Abierto)	∞^* (Abierto)	
	Tablero sala de computo 02 normal 2do Piso - Bloque 8			
	Barra de tierra Gabinete principal TG subestación - Bloque 9	Barra de tierra	0,04	0,04
		Estructura	0,04	0,05
Tablero de iluminación N°02 - Bloque 8				
Barra de tierra		0,03	0,04	
Estructura		0,06	0,06	
Tablero N°02 sala de computo - Bloque 8				
Barra de tierra		0,05	0,07	
Estructura		0,06	0,07	
Tablero Principal del auditorio - Bloque 7				
Barra de tierra		0,02	0,06	
Estructura		∞^{**} (Abierto)	∞^{**} (Abierto)	
Puerta		∞^{**} (Abierto)	∞^{**} (Abierto)	
Tablero principal coliseo - Bloque 6				
Barra de tierra		0,26*	0,29	
Estructura		∞^{**} (Abierto)	∞^{**} (Abierto)	
Puerta		∞^{**} (Abierto)	∞^{**} (Abierto)	
Tablero principal colegio - Bloque 1				
Barra de neutro y/o tierra		∞^{**} (Abierto)	∞^{**} (Abierto)	
Puesta a tierra del transformador de la cancha				
Cable de tierra del transformador		0,11	0,13	
Poste de la acometida principal - subestación - Bloque 3B				
Cable de tierra acometida		0,13	0,26	
Puesta a tierra del transformador - Bloque 4M				
Cable de tierra del transformador	0,06	0,06		

Punto de medida 1	Punto de medida 2	Resistencia suma [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]
Malla de puesta a tierra Bloque 3B	Malla de puesta a tierra - Bloque 3B		
	Celda del Seccionador- Bloque 3B		
	Estructura	0,02	0,02
	Puerta 1 de la subestación - Bloque 3B	0,59*	0,46
	Puerta 2 de la subestación - Bloque 3B	0,04	0,01
	Celda del transformador principal- Bloque 3B		
	Estructura	0,55*	0,49
	Puertas	0,55*	0,5
	Tablero principal- Bloque 3B		
	Barra de tierra	0,01	0,01
	Puerta	0,02	0,02
	Estructura	0,00	0,01
	Malla de puesta a tierra Bloque 3B	Tablero totalizador 208 V- Bloque 3B	
Puerta		0,00	0,01
Estructura		0,00	0,04
Tablero de distribución con transformador de 1000A - 208 V- Bloque 3B			
Puerta		0,00	0,01
Estructura		0,00	0,01
Tablero de transferencia automática- Bloque 3B			
Puerta		0,01	0,01
Estructura		0,00	0,02
Tablero barra de tierras - subestación Bloque 3B			
Barra de tierra		0,00	0,00
Gabinete totalizador principal del transformador- Bloque 3B			
Puerta		0,00	0,01
Estructura		0,00	0,00
Tablero principal del Bloque 3C			
Barra de tierra		0,08	0,08
Estructura		0,08	0,09
Tablero Principal del Bloque 3A N°1			
Barra de tierra		0,24*	3,77*
Estructura		0,34*	2,67
Tablero Principal del Bloque 3A N°2			
Punto común de tierra		0,26*	2,26
Estructura		2,33*	1,00*
Tablero principal piso 1 - Bloque 2			

Punto de medida 1	Punto de medida 2	Resistencia suma [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]
Malla de puesta a tierra Bloque 3B	Barra de tierra	0,32*	0,94
	Estructura	0,39*	0,39
	Tablero principal piso 2 - Bloque 2		
	Barra de tierra	0,33*	0,94
	Estructura	0,33*	0,94
	Tablero principal Laboratorio electrónica - Bloque 4E		
	Barra de tierra	0,06	0,2
	Estructura	0,14	0,07
	Tablero principal - Bloque 4C		
	Barra de tierra	0,00	0,02
	Estructura	0,09	0,23
	Tablero de tomas sistema regulado - Bloque 4C		
	Malla de puesta a tierra Bloque 3B	Barra de tierra	0,37*
Estructura		0,43*	0,96
Tablero principal - Bloque 4D			
Barra de tierra		0,13	0,12
Estructura		0,38*	0,28
Tablero principal - Bloque 5			
Barra de tierra		0,09	0,18
Estructura		0,09	0,17
Tablero de iluminación exterior de la IUPB			
Conductor de tierra		0,05	0,17
Tablero principal - Bloque 4M			
Barra de tierra		0,07	0,08
Estructura		0,08	0,25
Frente muerto		0,07	0,07
Puerta		0,07	0,07
Tablero principal - Bloque 4G			
Barra de tierra		0,04	0,02
Estructura		0,04	0,02
Tablero principal - Bloque 4H			
Barra de tierra		0,1	0,08
Estructura		0,13	0,18
Frente muerto	0,17	0,13	
Puerta	0,17	0,13	
Tablero principal - Bloque 4I			
Barra de tierra	0,16	0,15	
Estructura	∞^{**}	∞^{**}	

Punto de medida 1	Punto de medida 2	Resistencia suma [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]
	Frente muerto	∞^{**} (Abierto)	∞^{**} (Abierto)
	Puerta	∞^{**} (Abierto)	∞^{**} (Abierto)
Tablero principal - 4J			
	Punto común de tierra	0,15	0,17
	Estructura	0,15	0,15

Tabla 9. Mediciones de suma de resistencias

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

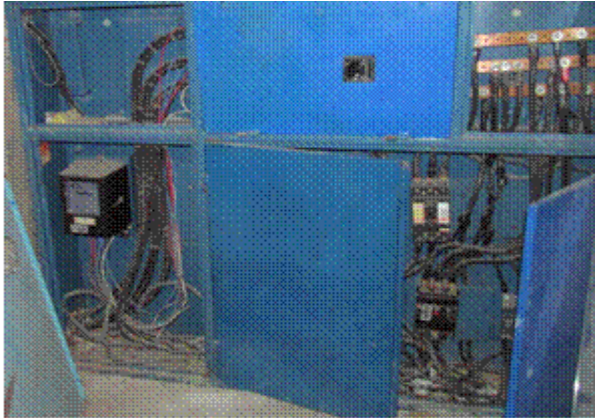
Los resultados con * presentan deficiencias en su conexión debido principalmente a conexiones sueltas deterioradas o sulfatadas, por su parte, las mediciones resaltadas en infinito y con ** son conexiones que no se encuentran equipotencializadas al sistema de puesta tierra general.

10. Condiciones actuales de los sistemas de puesta a tierra y aspectos técnicos irregulares

Se realizaron inspecciones y mediciones en los tableros de distribución bajo estudio con el fin de establecer las condiciones actuales de la puesta a tierra existente y determinar los aspectos técnicos que no se cumplen con base en los requerimientos de la NFPA -70 y del RETIE del 2013.

10.1. Tablero eléctrico – bloque 1

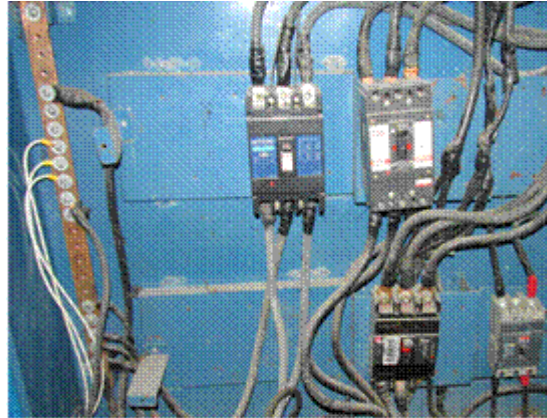
Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 1. En la Fotografía 14 y en la Fotografía 15 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 14. Disposición del tablero

Principal Bloque 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 15. Barra de tierra y neutro del

Bloque 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<ol style="list-style-type: none"> 1) El tablero no cuenta con barra de tierras. 2) No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra (Verde – Desnudo) RETIE – 6.3 3) Los cables de puesta a tierra sin borna terminal de compresión 4) En el Tablero de distribución se identifican empalmes de conductores de neutro y tierra, no especificados en la norma NPFA 70 - 110.14 5) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Instalar una barra de tierra montada sobre aisladores con suficientes terminales de salida para los conductores derivados. 2) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5 del RETIE. Como alternativa se recomienda cintas aislantes de colores. 3) En los casos donde se utilice cable (multihilos), utilizar borna terminal de compresión seleccionada conforme al calibre del conductor, para su unión con el barraje correspondiente 4) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la

Hallazgos	Recomendaciones
<p>6) El número de conductores de puesta a tierra que salen hacia las cargas no corresponde con el número de circuitos instalados en el tablero eléctrico</p> <p>7) Circuitos sin identificación</p> <p>8) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero</p>	<p>barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>5) Retirar todas estas conexiones que involucran malas prácticas de cableado y en caso de requerirse de empalmes utilizar conectores certificados como se establece en el RETIE, 2013.</p> <p>6) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p> <p>7) Instalar el diagrama unifilar actualizado y/o el cuadro de cargas del tablero</p>

Tabla 10. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.2. Tableros eléctricos - bloque 2

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tableros de distribución principal del bloque 2, 106. En la Fotografía 16 y en la Fotografía 17 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 16. Disposición del tablero Principal Bloque 2, piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 17. Barra de tierra del Tablero Bloque 2, , piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<ol style="list-style-type: none"> 1) El tablero no cuenta con barra de tierra. 2) No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra (Verde – Desnudo) RETIE – 6.3 3) Los cables de puesta a tierra sin borna terminal de compresión 4) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 5) El número de conductores de puesta a tierra que salen hacia las 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Instalar una barra de tierra montada sobre aisladores con suficientes terminales de salida para los conductores derivados 2) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5 del RETIE. Como alternativa se recomienda cintas aislantes de colores. 3) En los casos donde se utilice cable (multihilos), utilizar borna terminal de compresión seleccionada conforme al calibre del conductor, para su unión con el barraje correspondiente 4) Conectar la estructura y la puerta

<p>cargas no corresponde con el número de circuitos instalados en el tablero eléctrico</p> <p>6) Circuitos sin identificación</p> <p>7) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero</p>	<p>del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>5) Retirar todas estas conexiones que involucran malas prácticas de cableado y en caso de requerirse de empalmes utilizar conectores certificados como se establece en el RETIE, 2013.</p> <p>6) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p> <p>Instalar el diagrama unifilar actualizado y/o el cuadro de cargas del tablero</p>
---	---

Tabla 11. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 2, Piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

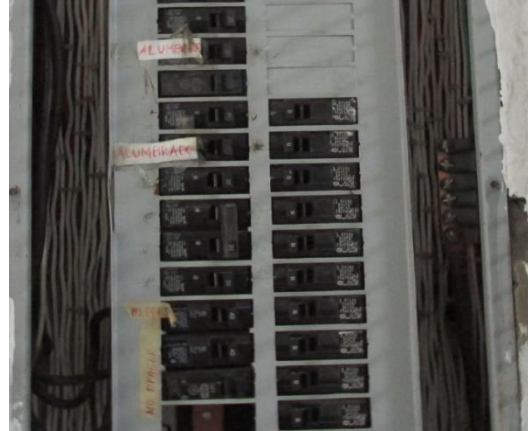
Adicionalmente, Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 2, piso 2. En la Fotografía 18 y en la Fotografía 19 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 18. Disposición del tablero

Principal Bloque 2, piso 2

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 19. Barra de tierra del Tablero

Bloque 2, , piso 2

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<ol style="list-style-type: none"> 1) El tablero no cuenta con barra de tierra. 2) No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra (Verde – Desnudo) RETIE – 6.3 3) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 4) El número de conductores de puesta a tierra que salen hacia las cargas no corresponde con el número de circuitos instalados en el tablero eléctrico 5) Circuitos sin identificación 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Instalar una barra de tierra montada sobre aisladores con suficientes terminales de salida para los conductores derivados 2) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5 del RETIE. Como alternativa se recomienda cintas aislantes de colores. 3) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el

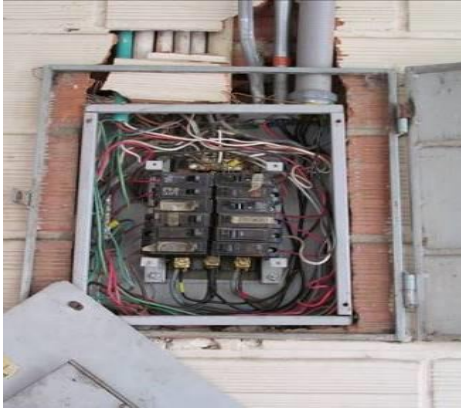
Hallazgos	Recomendaciones
6) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero	<p>RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>4) En los casos donde se utilice cable (multihilos), utilizar borna terminal de compresión seleccionada conforme al calibre del conductor, para su unión con el barraje correspondiente</p> <p>5) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p> <p>6) Instalar el diagrama unifilar actualizado y/o el cuadro de cargas del tablero</p>

Tabla 12. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 2, Piso 2

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.3. Tableros eléctricos – bloque 3A

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tableros de distribución principal del bloque 3A, Aula 106. En la Fotografía 20 y en la Fotografía 21 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 20. Disposición del tablero
Principal Bloque 3A, Aula 106

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 21. Barra de tierra y neutro del
Bloque 3A, Aula 106

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<ol style="list-style-type: none"> 1) El tablero no cuenta con barra de tierras. 2) El tablero no cuenta con barra de neutro montada sobre aisladores. 3) No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra (Verde – Desnudo) RETIE – 6.3 4) Los cables de puesta a tierra sin borna terminal de compresión 5) En el Tablero de distribución se identifican empalmes de conductores de neutro y tierra, no especificados en la norma NPFA 70 - 110.14 6) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Instalar una barra de tierra y neutro montadas sobre aisladores con suficientes terminales de salida para los conductores derivados 2) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5 del RETIE. Como alternativa se recomienda cintas aislantes de colores. 3) En los casos donde se utilice cable (multihilos), utilizar borna terminal de compresión seleccionada conforme al calibre del conductor, para su unión con el barraje correspondiente 4) Retirar todas estas conexiones que involucran malas prácticas de

Hallazgos	Recomendaciones
<p>tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p> <p>7) El número de conductores de puesta a tierra que salen hacia las cargas no corresponde con el número de circuitos instalados en el tablero eléctrico</p> <p>8) Circuitos sin identificación</p> <p>9) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero</p>	<p>cableado y en caso de requerirse de empalmes utilizar conectores certificados como se establece en el RETIE, 2013.</p> <p>5) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>6) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p> <p>7) Instalar el diagrama unifilar actualizado y/o el cuadro de cargas del tablero</p>

Tabla 13. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 3A, Aula 106

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Adicionalmente, Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 3A, Aula 107. En la Fotografía 22 y en la Fotografía 23 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 22. Disposición del tablero
Principal Bloque 3A, Aula 107

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 23. Barra de tierra y neutro del
Bloque 3A, Aula 107

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<p>10)El tablero no cuenta con barra de tierras.</p> <p>11)El tablero no cuenta con barra de neutro montada sobre aisladores.</p> <p>12)No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra (Verde – Desnudo) RETIE – 6.3</p> <p>13)Los cables de puesta a tierra sin borna terminal de compresión</p> <p>14)En el Tablero de distribución se identifican empalmes de conductores de neutro y tierra, no especificados en la norma NPFA 70 - 110.14</p> <p>15)Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de</p>	<p>1) Instalar una barra de tierra y neutro montadas sobre aisladores con suficientes terminales de salida para los conductores derivados</p> <p>2) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5 del RETIE. Como alternativa se recomienda cintas aislantes de colores.</p> <p>3) En los casos donde se utilice cable (multihilos), utilizar borna terminal de compresión seleccionada conforme al calibre del conductor, para su unión con el barraje correspondiente</p> <p>4) Retirar todas estas conexiones que involucran malas prácticas de</p>

Hallazgos	Recomendaciones
<p>tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013.</p> <p>16) El número de conductores de puesta a tierra que salen hacia las cargas no corresponde con el número de circuitos instalados en el tablero eléctrico</p> <p>17) Circuitos sin identificación</p> <p>18) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero</p>	<p>cableado y en caso de requerirse de empalmes utilizar conectores certificados como se establece en el RETIE, 2013.</p> <p>5) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p> <p>6) Instalar el diagrama unifilar actualizado y/o el cuadro de cargas del tablero</p> <p>7) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p>

Tabla 14. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 3A, Aula 106

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.4. Tableros eléctricos – subestación bloque 3B

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 3B. En la Fotografía 24 y en la Fotografía 25 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 24. Subestación Bloque 3B

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 25. Subestación Bloque 3B

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
1) Almacenamiento de elementos extraños dentro de las Celdas de la subestación.	1) Despejar y mantener libre de objetos la zona destinada a espacio de trabajo de cada celda.

Tabla 15. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 2, Piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

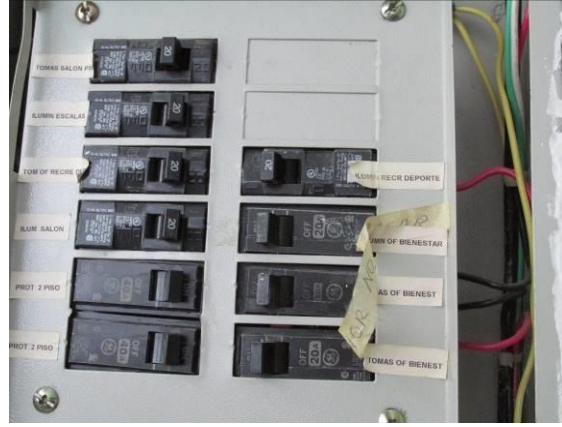
10.5. Tablero eléctrico – bloque 3C

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 3C. En la Fotografía 26 y en la Fotografía 27 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 26. Disposición del tablero Principal Bloque 3C

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 27. Barra de tierra del Bloque 3C

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<p>1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p>	<p>2) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>3) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este</p>

Tabla 16. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 3C

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación

10.6. Tablero eléctrico – bloque 4A

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 4A. En la Fotografía 28 y en la Fotografía 29 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 28. Disposición del tablero Principal Bloque 4ª

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 29. Conexionado del tablero del Bloque 4ª

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<ol style="list-style-type: none"> 1) El tablero no cuenta con barra de tierras. 2) El tablero no cuenta con barra de neutro montada sobre aisladores. 3) No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra (Verde – Desnudo) RETIE – 6.3 19) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Instalar una barra de tierra y neutro montadas sobre aisladores con suficientes terminales de salida para los conductores derivados 2) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5 del RETIE. Como alternativa se recomienda cintas aislantes de colores. 3) Retirar todas estas conexiones que involucran malas prácticas de

Hallazgos	Recomendaciones
<p>en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p> <p>4) El número de conductores de puesta a tierra que salen hacia las cargas no corresponde con el número de circuitos instalados en el tablero eléctrico</p> <p>5) Circuitos sin identificación</p> <p>6) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero</p>	<p>cableado y en caso de requerirse de empalmes utilizar conectores certificados como se establece en el RETIE, 2013.</p> <p>4) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>5) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p>

Tabla 17. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4A

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.7. Tablero eléctrico – bloque 4C

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 4C. En la Fotografía 30 y en la Fotografía 31 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 30. Disposición del tablero Principal Bloque 4C

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 31. Conexionado del tablero del Bloque 4C

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013	2) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008. 3) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos

Hallazgos	Recomendaciones
	eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este

Tabla 18. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4C

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.8. Tablero eléctrico – bloque 4D

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 4D. En la Fotografía 32 y en la Fotografía 33 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 32. Disposición del tablero Principal Bloque 4D

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 33. Conexión del tablero del Bloque 4D

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 2) No se cuenta con orden (malas	1) Retirar todas estas conexiones que involucran malas prácticas de cableado y en caso de requerirse de empalmes utilizar conectores certificados como se establece en el RETIE, 2013.

Hallazgos	Recomendaciones
prácticas de cableado) y aseo en el tablero	<p>2) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>3) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p>

Tabla 19. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4D

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.9. Tablero eléctrico – bloque 4E

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 4E. En la Fotografía 34 y en la Fotografía 35 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 34. Disposición del tablero Principal Bloque 4E

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 35. Conexión del tablero del Bloque 4E

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
1) No se cuenta con un DPS Clase II 2) No se cuenta con orden y aseo en el tablero	1) Instalar un DPS con normatividad IEC 2) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este

Tabla 20. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4E

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.10. Tablero eléctrico – bloque 4G

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 4G. En la Fotografía 30 y en la Fotografía 31 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 36. Disposición del tablero Principal Bloque 4G

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 37. Conexión del tablero del Bloque 4G

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 2) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero	3) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008. 1) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y

Hallazgos	Recomendaciones
	polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este

Tabla 21. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4G

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación

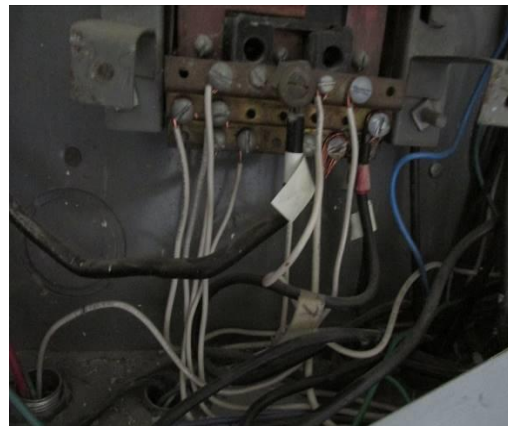
10.11. Tablero eléctrico – bloque 4J

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 4J. En la Fotografía 38 y en la Fotografía 39 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 38. Disposición del tablero Principal Bloque 4J

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 39. Barra de Neutro del Bloque 4J

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<ol style="list-style-type: none"> 1) El tablero no cuenta con barra de tierras. 2) El tablero no cuenta con barra de neutro montada sobre aisladores. 3) No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Instalar una barra de tierra y neutro montadas sobre aisladores con suficientes terminales de salida para los conductores derivados 2) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5

Hallazgos	Recomendaciones
<p>(Verde – Desnudo) RETIE – 6.3</p> <p>4) Los cables de puesta a tierra sin borna terminal de compresión</p> <p>5) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p> <p>6) El número de conductores de puesta a tierra que salen hacia las cargas no corresponde con el número de circuitos instalados en el tablero eléctrico</p> <p>7) Circuitos sin identificación</p> <p>8) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero</p>	<p>del RETIE. Como alternativa se recomienda cintas aislantes de colores.</p> <p>3) En los casos donde se utilice cable (multihilos), utilizar borna terminal de compresión seleccionada conforme al calibre del conductor, para su unión con el barraje correspondiente</p> <p>4) Retirar todas estas conexiones que involucran malas prácticas de cableado y en caso de requerirse de empalmes utilizar conectores certificados como se establece en el RETIE, 2013.</p> <p>5) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>6) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p>

Hallazgos	Recomendaciones
	7) Instalar el diagrama unifilar actualizado y/o el cuadro de cargas del tablero

Tabla 22. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4J

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.12. Tablero eléctrico – bloque 4M

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tableros de distribución principal del bloque 4E. En la Fotografía 34 y en la Fotografía 35 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 40. Disposición del tablero Principal Bloque 4M

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 41. Conexión del tablero del Bloque 4M

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
1) No se cuenta con un DPS Clase I	1) Instalar un DPS con normatividad IEC

Tabla 23. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 4M

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.13. Tablero eléctrico – bloque 5

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 5. En la Fotografía 42 y en la Fotografía 43 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 42. Disposición del tablero Principal Bloque 5

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 43. Barra de Tierra del Bloque 5

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<ol style="list-style-type: none"> 1) No se cuenta con un DPS Clase I 2) No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra (Verde – Desnudo) RETIE – 6.3 3) Los cables de puesta a tierra sin borna terminal de compresión 4) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Instalar un DPS con normatividad IEC 2) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5 del RETIE. Como alternativa se recomienda cintas aislantes de colores. 3) En los casos donde se utilice cable (multihilos), utilizar borna terminal de compresión seleccionada conforme al calibre del conductor, para su unión con el barraje correspondiente 4) Retirar todas estas conexiones que

Hallazgos	Recomendaciones
<p>5) El número de conductores de puesta a tierra que salen hacia las cargas no corresponde con el número de circuitos instalados en el tablero eléctrico</p> <p>6) Circuitos sin identificación</p> <p>7) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero</p>	<p>involucran malas prácticas de cableado y en caso de requerirse de empalmes utilizar conectores certificados como se establece en el RETIE, 2013.</p> <p>5) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>6) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p> <p>7) Instalar el diagrama unifilar actualizado y/o el cuadro de cargas del tablero</p>

Tabla 24. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 5

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.14. Tablero eléctrico – bloque 6

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 5. En la Fotografía 44 y en la Fotografía 45 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 44. Disposición del tablero Principal Bloque 6

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 45. Conexión del Bloque 6

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<p>1) No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra (Verde – Desnudo) RETIE – 6.3</p> <p>2) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p> <p>3) El número de conductores de puesta a tierra que salen hacia las cargas no corresponde con el número de circuitos</p>	<p>1) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5 del RETIE. Como alternativa se recomienda cintas aislantes de colores.</p> <p>2) Retirar todas estas conexiones que involucran malas prácticas de cableado y en caso de requerirse de empalmes utilizar conectores certificados como se establece en el RETIE, 2013.</p> <p>3) Conectar la estructura y la puerta del</p>

Hallazgos	Recomendaciones
<p>instalados en el tablero eléctrico</p> <p>4) Circuitos sin identificación</p> <p>5) No se cuenta con orden (malas prácticas de cableado) y aseo en el tablero</p>	<p>tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>4) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p> <p>5) Instalar el diagrama unifilar actualizado y/o el cuadro de cargas.</p>

Tabla 25. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 6

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.15. Tablero eléctrico – bloque 7

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución principal del bloque 7. En la Fotografía 46 y en la Fotografía 47 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 46. Disposición del tablero Principal Bloque 7

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 47. Conexión del tablero del Bloque 7

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
1) No se cuenta con orden y aseo en el tablero	1) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio

Tabla 26. Observaciones encontradas en el Tablero Bloque 7

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.16. Tableros eléctricos – bloque 8

Se realizó la inspección de las puestas a tierra de los tableros de distribución principal del bloque 8, del primer y segundo piso. En la Fotografía 48 y en la Fotografía 49 se muestra la disposición del Tablero Iluminación Biblioteca TB2, piso 1.



Fotografía 48. Disposición del tablero iluminación TB2, piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 49. Barra de tierra del tablero iluminación TB2, piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<p>1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p>	<p>1) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>2) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes</p>

Hallazgos	Recomendaciones
	además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio

Tabla 27. Observaciones encontradas en el Tablero Iluminación Biblioteca TB2, piso 1

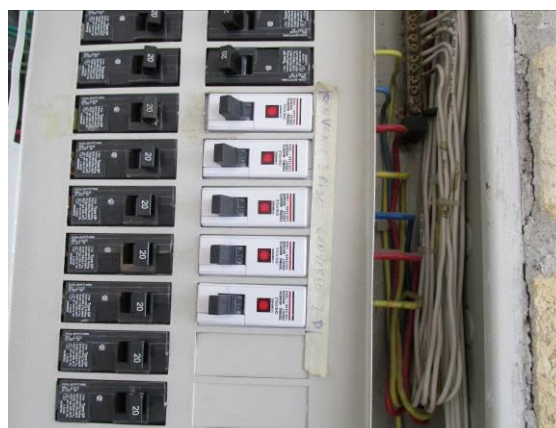
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Adicionalmente, Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución Regulado 01, piso 1. En la Fotografía 50 y en la Fotografía 51 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 50. Disposición del tablero regulado 01, piso1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 51. Barra de neutro del tablero regulado 01, piso1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

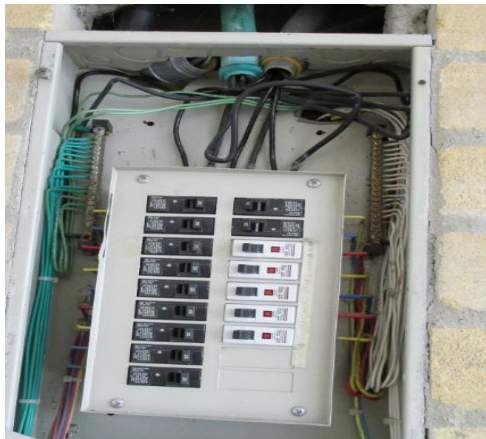
Hallazgos	Recomendaciones
1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado	1) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de

Hallazgos	Recomendaciones
<p>en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p>	<p>compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>2) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p>

Tabla 28. Observaciones encontradas en el Tablero Regulado 01, piso 1

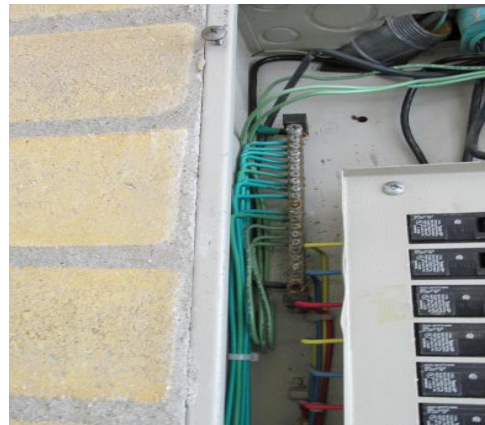
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución Regulado 02, piso 1. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 52. Disposición del tablero regulado 02, piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 53. Barra de tierra del tablero regulado 02, piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<p>1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p>	<p>1) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>2) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p>

Tabla 29. Observaciones encontradas en el Tablero Regulado 02, piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Por otra parte, Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución TR02, piso 1. En la Fotografía 54 y en la Fotografía 55 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 54. Disposición del tablero 04 TR02, piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 55. Conexionado del tablero 04 TR02, piso 1

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<p>1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p>	<p>1) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>2) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p>

Tabla 30. Observaciones encontradas en el Tablero 04 TR02, piso 1

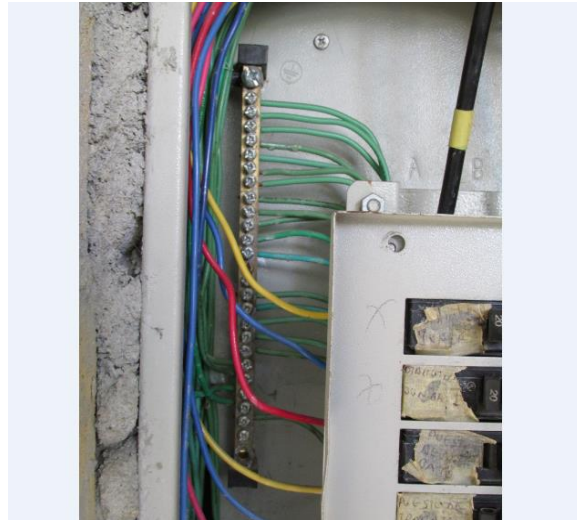
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero 01 Iluminación, piso 1. En la Fotografía 56 y en la Fotografía 57 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 56. Disposición del tablero 01 iluminación

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 57. Conexión de la barra de tierra del tablero 01 iluminación

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<p>1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p>	<p>1) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>2) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos</p>

Hallazgos	Recomendaciones
	eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio

Tabla 31. Observaciones encontradas en el Tablero 01 iluminación

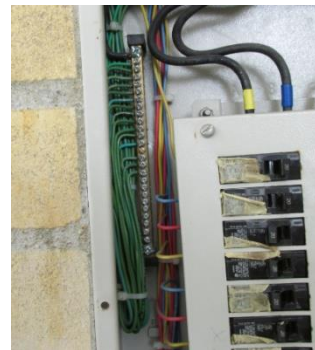
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero 02 Iluminación, piso 1. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 58. Disposición del tablero 02 iluminación

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 59. Conexión de la barra de tierra tablero 02 iluminación

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013	1) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174,

Hallazgos	Recomendaciones
	<p>2008.</p> <p>2) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p>

Tabla 32. Observaciones encontradas en el Tablero 02 iluminación

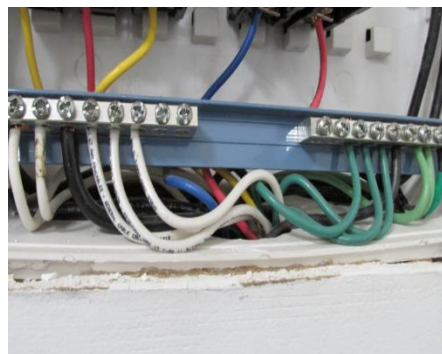
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del Tablero T.E.I. Iluminación, piso 2. En la Fotografía 60 y en la Fotografía 61 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 60. Disposición del tablero T.E.I

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 61. Conexión de las barras del tablero T.E.I

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

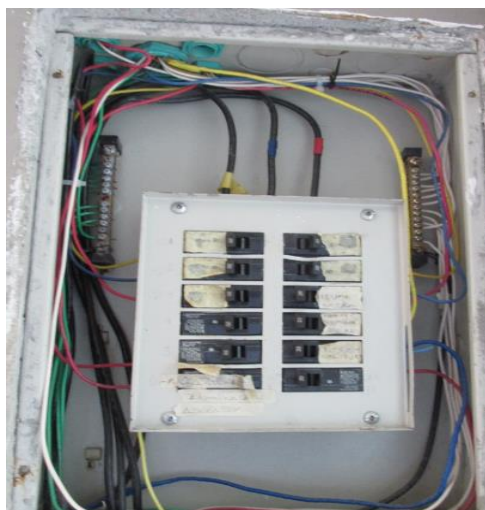
Hallazgos	Recomendaciones
<p>1) No se cumple el código de colores recomendado para los conductores puestos a tierra “neutro” (Blanco) y conductores de puesta tierra</p>	<p>1) Realizar marcación de los conductores de acuerdo al código de colores especificado en la tabla 6.5 del RETIE. Como alternativa se</p>

Hallazgos	Recomendaciones
(Verde – Desnudo) RETIE – 6.3	<p>recomienda cintas aislantes de colores.</p> <p>2) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p>

Tabla 33. Observaciones encontradas en el Tablero T.E.I. Iluminación, piso 2

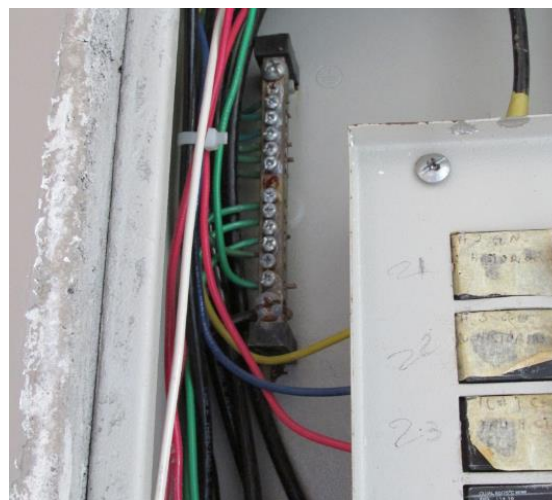
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del Tablero de Iluminación y tomas no regulado, piso 2. En la Fotografía 62 y en la Fotografía 63 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 62. Disposición del tablero iluminación y tomas no regulados, piso 2

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 63. Conexión de la barra de tierra del tablero iluminación y tomas no regulados, piso 2

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
<p>1) Las puertas del tablero y la estructura no presentan el cable de equipotencialización con la barra de tierra del tablero según lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013</p> <p>2) Presencia de óxido en las terminales de contacto de la barra de tierra.</p>	<p>1) Conectar la estructura y la puerta del tablero eléctrico directamente a la barra de tierra, empleando cable de cobre 12 AWG y borna terminal de compresión, para así dar cumplimiento a lo especificado en el RETIE – 20.23.1.2, 2013 y NFPA 70 – 250.174, 2008.</p> <p>2) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio</p>

Tabla 34. Observaciones encontradas en el Tablero iluminación y tomas no Regulados

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.17. Tableros eléctricos – Subestación bloque 9

Se realizó la inspección de las puestas a tierra del tablero de distribución Regulado de la subestación del Bloque 9. En la Tabla 35 se muestra la disposición del tablero.



Fotografía 64. Disposición del tablero Regulado SE Bloque 9

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 65. Conexionado del tablero Regulado SE Bloque 9

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Hallazgos	Recomendaciones
1) No se cuenta con orden y aseo en el tablero	1) Incluir dentro del programa de mantenimiento limpieza de partículas y polvos dentro de los gabinetes además limpieza de contactos eléctricos, borneras y barras de tierra; en los elementos que su integridad este comprometida realizar cambio

Tabla 35. Observaciones encontradas en el Tablero Regulado

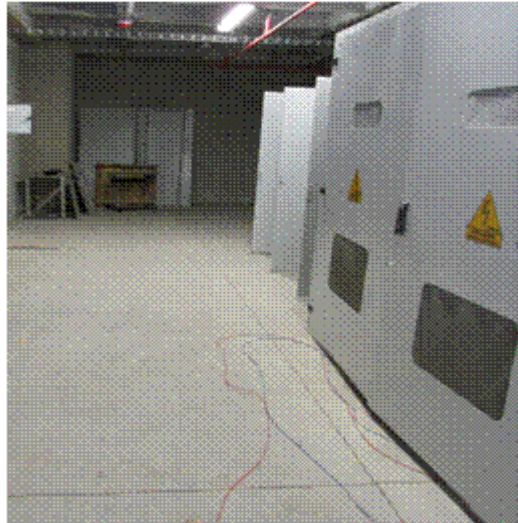
Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.18. Observaciones adicionales realizadas

10.18.1. Señalización de seguridad

Se observó que los tableros principales y las dos subestaciones existentes no cuentan con señalización de riesgo. Tampoco se cuenta con la señalización que prohíba la manipulación por parte de personal no calificado ni con la señalización de seguridad del riesgo por relámpago y ráfaga arco eléctrico y electrocución. Además, no se cuenta con las demarcaciones de distancias mínimas de trabajo en partes

energizadas en las subestaciones. Como lo sugiere el RETIE del 2013 y la NFPA 70E. En la Fotografía 66 y Fotografía 67 se evidencian dichas condiciones.



Fotografía 66. Señalización de seguridad subestación Bloque 3B

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.



Fotografía 67. Señalización de seguridad subestación Bloque 9

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Por otra parte, el tablero principal de distribución cuenta con un DPS existente, qué para su aplicación, la instalación en el sistema de baja tensión, se debe instalar aguas abajo del totalizador principal (ZPR – 1). Las especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 36.



Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
1	Categoría según Norma IEC 61643-1/EN 61643-11 (OBO)	-	Clase I+ II
2	Protección ofrecida	-	3 fases y neutro
3	Máxima tensión de operación continua	V _f	150
4	Nivel de protección (a la corriente transitoria nom. 8/20 μs)	V	<800
5	Corriente transitoria nominal fase a tierra (8/20 μs)	kA	40

Tabla 36. Características protector trifásico Clase I

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Adicionalmente, El tablero de distribución con transformador 100 A/208-120 V, cuenta con un DPS clase II. La instalación de este DPS en sistemas de baja tensión, se debe instalar en tableros de distribución (Zona 2), que contengan cargas críticas y susceptibles que se tengan instaladas en la institución universitaria. Las especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 37.



Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
1	Categoría según Norma IEC 61643-1/EN 61643-11 (OBO)	-	Clase II
2	Protección ofrecida	-	3 fases y neutro
3	Máxima tensión de operación continua	V_f	150
4	Nivel de protección (a la corriente transitoria nom. 8/20 μ s)	V	<800
5	Corriente transitoria nominal fase a tierra (8/20 μ s)	kA	40

Tabla 37. Características protector trifásico Clase II

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

10.18.2. Subestación del bloque 9

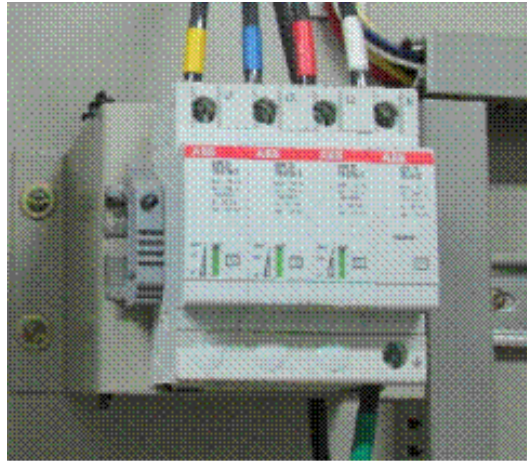
En la subestación del bloque administrativo se encuentran elementos extraños que están obstaculizando el pasillo y la salida. Por su parte, esta obstaculización del pasillo se puede subsanar retirando estos elementos. En la Fotografía 68 se muestran los elementos.



Fotografía 68. Elementos de obstrucción en la subestación bloque 9

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Por otro lado, el tablero principal de distribución cuenta con un DPS existente, qué para su aplicación, la instalación en el sistema de baja tensión, se debe instalar aguas abajo del totalizador principal (ZPR – 1). Las especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 38.



Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
1	Categoría según Norma IEC 61643-1/EN 61643-11 (ABB)	-	Clase I + II
2	Protección ofrecida	-	3 fases y neutro
3	Tensión nominal	V	230/400
4	Máxima tensión de operación continua	V	275
5	Nivel de protección (a la corriente transitoria nom. 8/20 μ s)	V	1.500
6	Corriente transitoria nominal fase a tierra (8/20 μ s)	kA	30

Tabla 38. Características protector trifásico Clase I

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

11. Dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS)

En la norma ANSI/IEEE Std. C62.41 “Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits”, se definen tres ambientes de operación de las protecciones contra sobretensiones transitorias llamadas categorías A, B y C.

La categoría C se localiza a la entrada de las líneas de suministro eléctrico de las edificaciones y puede estar constituida por los siguientes elementos:

- Entrada y salida de las líneas de suministro eléctrico.

- Tramo entre el alimentador del edificio y el Panel principal.
- Tramo entre los medidores y el Panel principal.
- Líneas aéreas o subterráneas que alimentan edificios independientes.

Los parámetros básicos que debe cumplir son:

- Corriente nominal de descarga, que no sea menor a 5 kA.
- Tensión nominal, según la red eléctrica en que se instalará.

La categoría B es adyacente a las cargas e involucra los circuitos internos y los alimentadores de los circuitos de distribución. A esta categoría pertenecen los siguientes elementos:

- Paneles de distribución.
- Circuitos de distribución y alimentadores de plantas industriales.
- Líneas aéreas o subterráneas que alimentan edificios independientes.

Finalmente la categoría A comprende los elementos de protección final en los equipos y se constituye por los elementos ubicados a más de 10 m de la zona de la categoría B o más de 20 m del área de la categoría C. En la siguiente figura se muestran las tres categorías de protección.

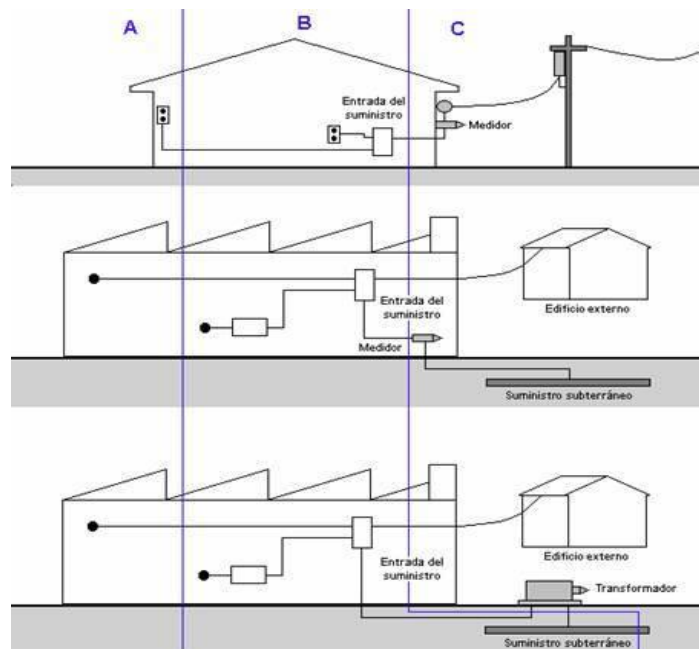


Tabla 39. Categorías de protección

Fuente: ANSI/IEEE Std C62.41

12. Conclusiones

a) Los valores de resistencia de puesta a tierra medidos en las mallas de la subestaciones eléctricas encuentran dentro del rango recomendado en el RETIE para subestaciones en media tensión (10 Ω).

b) Los resultados obtenidos en las mediciones de suma de resistencia y continuidad evidencian que los puntos relacionados en la Tabla 40 y Tabla 41, en su mayoría es porque no se tiene una adecuada equipotencialidad en las puertas o en sus estructuras metálicas.

Puntos con falencias en la conexión a tierra	subestación Bloque 3B	Resistencia suma(R1+R2) [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]
	Puertas 1 de la subestación del bloque 3B	0,59*	0,46
	Puertas y estructura Celda del transformador principal	0,55*	0,50
	Barra de tierra y estructura Tablero Principal del bloque 3A, 106	0,24*	3,77*
	Barra de tierra y estructura Tablero Principal del bloque 3A, 107	2,33*	1,00*
	Barra de tierra y estructura Tablero Principal del bloque 2, piso 1	0,32*	0,94

Puntos con falencias en la conexión a tierra	subestación Bloque 3B	Resistencia suma(R1+R2) [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]
	Barra de tierra y estructura Tablero Principal del bloque 2, piso 2	0,33*	0,94

Tabla 40. Mediciones de continuidad con falencias – Subestación Bloque 3B

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Puntos con falencias en la conexión a tierra	subestación bloque administrativo	Resistencia suma(R1+R2) [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]
	Puerta gabinete principal TG	84,00*	66,40*
	Puertas de la subestación	3,91*	1,54*

Tabla 41. Mediciones de continuidad con falencias – Subestación Bloque 9

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

c) Los resultados obtenidos en las mediciones de suma de continuidad evidencian que los puntos relacionados en la Tabla 42 y Tabla 42. Mediciones de continuidad – Sin conexión a tierra

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

d) no se encuentran unidos al sistema de puesta a tierra general de la institución.

Puntos con que no están equipotencializados al sistema de puesta a tierra	subestación Bloque 3B	Resistencia suma(R1+R2) [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]
	Estructura, Frente muerto y puerta Tablero principal bloque 4I	∞** (Abierto)	∞**(Abierto)
	Punto común de tierra del Tablero principal colegio - bloque 1	∞**(Abierto)	∞**(Abierto)
	Estructura, frente muerto y puerta del Tablero principal bloque 4I	∞**(Abierto)	∞**(Abierto)

Tabla 42. Mediciones de continuidad – Sin conexión a tierra

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Puntos con que no están equipotencializados al sistema de puesta a tierra	Subestación Bloque 9	Resistencia suma(R1+R2) [Ω]	Resistencia de contacto [Ω]
	Estructura - Tablero de iluminación y tomas no regulados segundo piso	∞**(Abierto)	∞**(Abierto)
	Estructura y Puerta - Tablero Principal del auditorio - Bloque 7	∞**(Abierto)	∞**(Abierto)
	Estructura y Puerta - Tablero Principal – Bloque 6	∞**(Abierto)	∞**(Abierto)

Tabla 43. Mediciones de continuidad – Sin conexión a tierra

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

e) El cable de guarda acompaña el circuito de 13,2 kV del operador de red (EPM), a través de todo su recorrido por la institución universitaria y está sólidamente puesto a

tierra en las mallas de la subestación del bloque 3B y bloque 9.

f) El los tableros principales de distribución se evidenció de manera constante la anomalía de no contar con una barra puesta a tierra para los circuitos ramales de distribución, además, de no contar el conductor de puesta a tierra que equipotencializa la estura metálica del mismo.

g) Las barras de tierra de los tableros principales de distribución contemplan conductores multihilos (Cables), sin bornas terminales de compresión.

13. Recomendaciones específicas

Las recomendaciones se realizan con la finalidad de proponer las posibles soluciones desde la parte normativa.

13.1. Dispositivos contra sobretensiones recomendados a instalar

Según lo estipulado en el Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas, en su artículo 20.14.2, la necesidad de instalar DPS en los sistemas de baja tensión de uso final, dependerá de la evaluación técnica objetiva del nivel de riesgo por sobretensiones transitorias a que pueda ser sometido dicho equipo o instalación (RETIE, 2013).

En el proyecto “Diseño del sistema de apantallamiento del bloque 4 de la Institución Universitaria Pascual Bravo” elaborado por Morales, Rendón y Velázquez (2012) se determinó conforme a la evaluación de riesgo por descargas atmosféricas, que la instalación requería y la implementación de un sistema de protección contra sobretensiones transitorias que cumpla con los requerimientos para un NPR III.

13.1.1. DPS Clase I – bloque 4M

Considerando que el Tablero Principal del Bloque 4M se encuentra ubicado en una zona de protección ZPR I, es decir, al inicio del sistema eléctrico del sistema eléctrico del bloque y es alimentado directamente por el transformador de 112,5 kVA, y que el circuito aéreo puede ser susceptible a impacto directo de descargas atmosféricas. Conforme a la IEC 62305. En la *Tabla 2. Sobrecorrientes esperadas debidas a impactos por rayos*”, para un NPR III se hace necesario la instalación de un DPS con una corriente de impulso de 5 kA, probado con una forma de onda 10/350µs, lo que

corresponde a un DPS Clase I o su equivalente de corriente nominal probado con una forma de onda 8/20 us de 50 kA (ver Tabla 3). En la Tabla 44 se muestra las características del DPS, a instalar recomendando por la norma IEC 61643.

Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
1	Categoría según Norma IEC 61643		Clase I + II
2	Protección ofrecida en estrella	Y	3 fases, tierra
3	Tensión de operación continua	V	320 V
4	Corriente Impulso nominal (10/350µs)	kA	≤5
5	Corriente Transitoria nominal (8/20µs)	kA	≤50
6	Nivel de protección	kV	≤2,5

Tabla 44. Características DPS a instalar Clase I

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Por otra parte, el esquema general de conexión de un DPS en un modo común, debe considerar la instalación de una protección termomagnética. Por su parte, esta protección se deberá seleccionar como se estipula en del RETIE Artículo 20.14.2 – numeral “J”, es decir, *“La capacidad de cortocircuito del DPS debe estar coordinada con la capacidad de falla en el nodo donde va a quedar instalado”*.

En la Figura 8, se ilustra qué, para corrientes de cortocircuito menores he iguales a la máxima esperada (máxima corriente de cortocircuito por el transformador 150 kVA), existe una adecuada coordinación entre la protección recomendada para el DPS y la protección principal del tablero del Bloque 4M, adicionalmente, la protección recomendada garantiza que en una situación de falla de del circuito ramal del DPS hay selectividad parcial cronométrica (Ver Figura 8), sin embargo, se aplica el criterio de selectividad energética tal que la protección más cercana a la falla es que debe actuar en primera instancia (ver Figura 9).

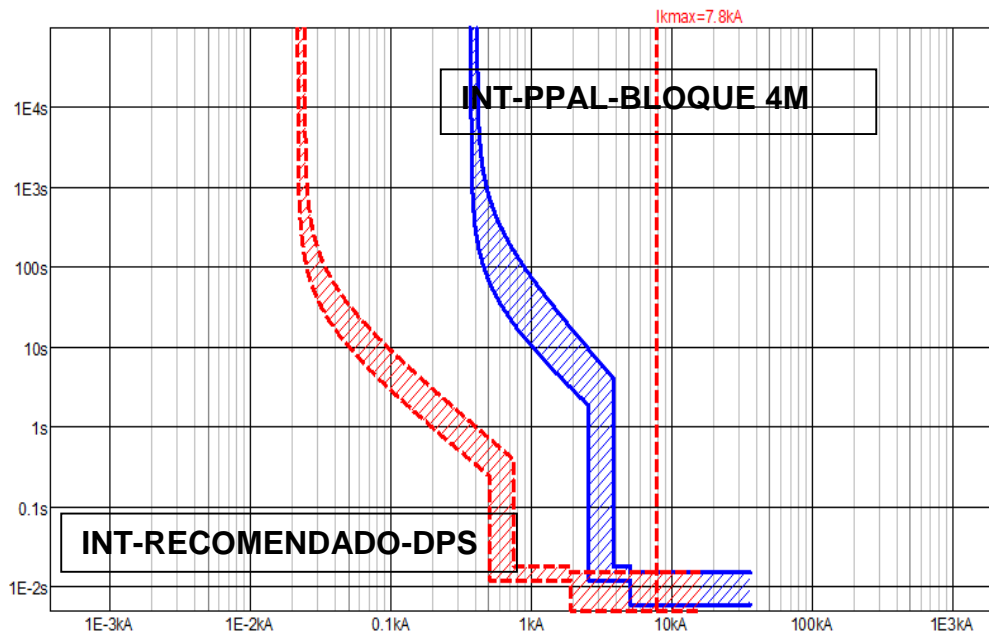


Figura 8. Selectividad por tiempo de las protecciones de Bloque 4M

Fuente: SOFTWARE ABB, DESKTOP2

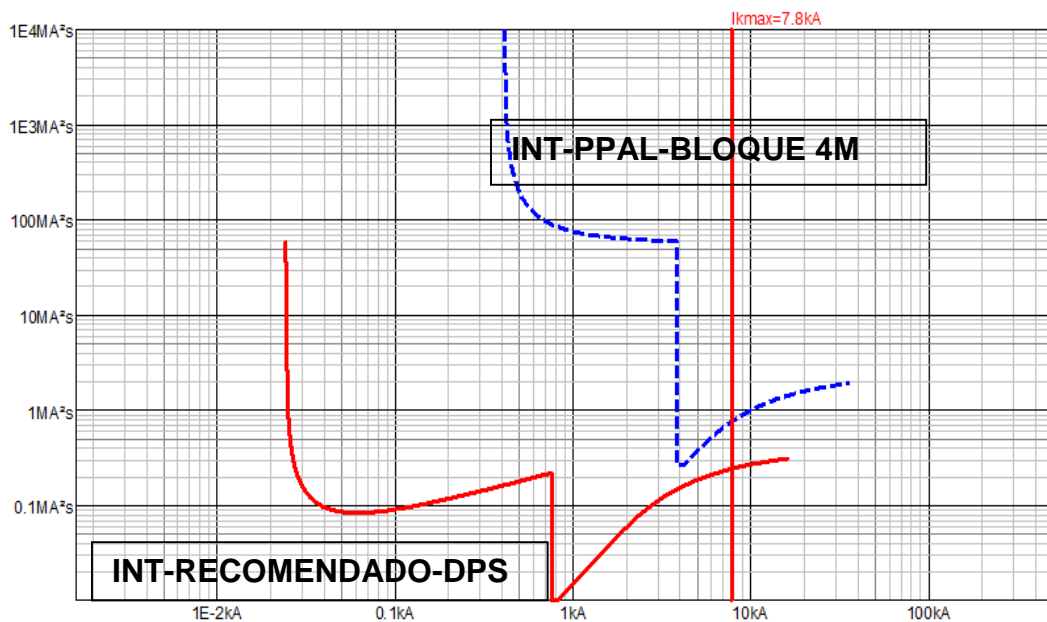


Figura 9. Selectividad por energía de las protecciones de Bloque 4M

Fuente: SOFTWARE ABB, DESKTOP2

En la Tabla 45 se muestra las características de la protección del DPS sugerida para la instalación

Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
1	Referencia		T1B - ABB
2	corriente nominal	A	20
3	corriente de corto simétrica	kA	16

Tabla 45. Características de la protección del DPS– Bloque 4M

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

13.1.2. DPS clase II – bloque 5

Teniendo qué, la institución cuenta con un DPS clase I existente en el tablero principal de la subestación del Bloque 3B (ZPR I) y para garantizar una adecuada coordinación DPS, se recomienda entonces instalar DPS clase II, entre la ZPR I y ZPR II, es decir, en los tableros secundarios de distribución que alimenten cargas críticas (equipos electrónicos), que cumplan con los requerimientos de la norma IEC 61643-12, la cual estipula que en el caso de sistemas trifásicos 5H, la corriente nominal con forma de onda de prueba 8/20 μ s, no debe ser inferior a 20 kA. En La Tabla 46 se indican las características recomendadas del DPS.

Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
1	Categoría según Norma IEC 61643		Clase II
2	Protección ofrecida en estrella	Y	3 fases, tierra
3	Tensión de operación continua	V	320 V
4	Corriente Transitoria nominal (8/20 μ s)	kA	≥ 20
5	Nivel de protección	kV	$\leq 1,5$

Tabla 46. Características DPS a instalar Clase II

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Por otra parte, el esquema general de conexión de un DPS en un modo común, debe considerar la instalación de una protección termomagnética. Por su parte, esta protección se deberá seleccionar como se estipula en del RETIE Artículo 20.14.2 – numeral “J”, es decir, “*La capacidad de cortocircuito del DPS debe estar coordinada con la capacidad de falla en el nodo donde va a quedar instalado*”.

En la Figura 10, se ilustra qué, para corrientes de cortocircuito menores he iguales a la máxima esperada (máxima corriente de cortocircuito por el transformado de 800 kVA), existe una adecuada coordinación entre la protección recomendada para el DPS y la protección principal del tablero del Bloque 5. Adicionalmente, la protección recomendada garantiza que en una situación de falla de del circuito ramal del DPS hay selectividad parcial cronométrica.

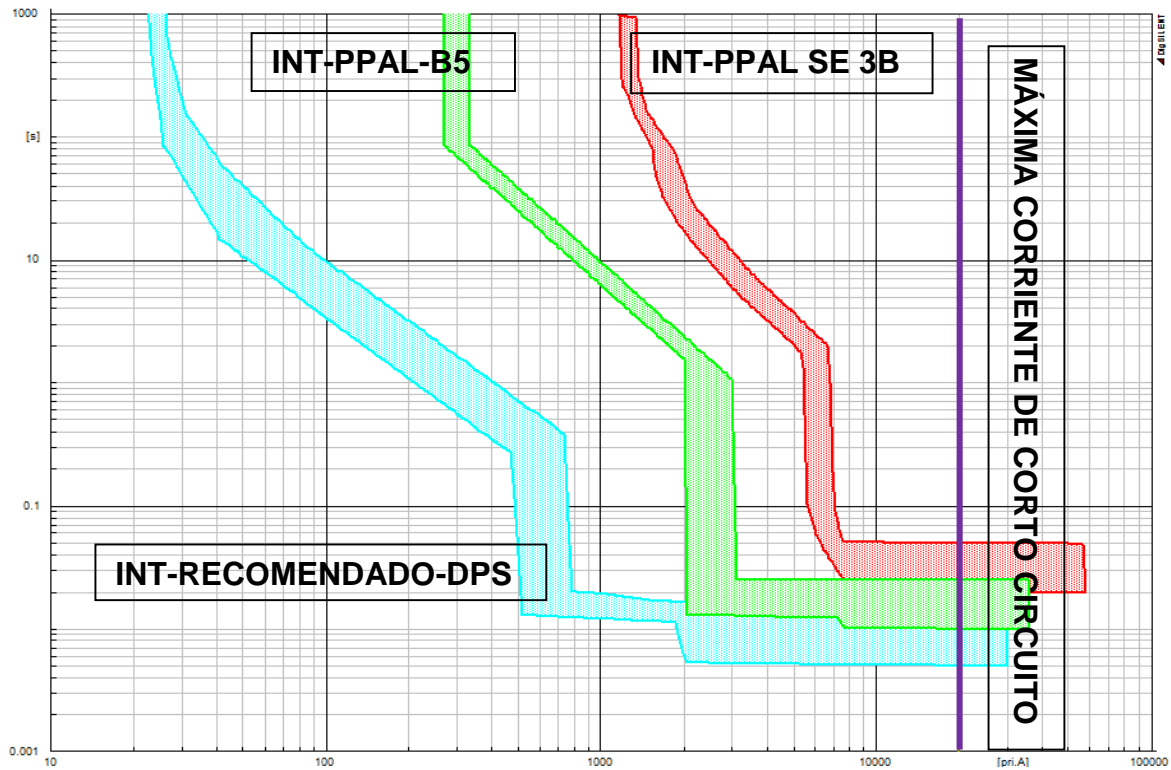


Figura 10. Selectividad cronométrica de las protecciones del Bloque 5

Fuente: Software Digsilent-2017

En la Tabla 47 se muestra las características de la protección del DPS sugerida para la instalación

Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
4	Referencia		T1B - ABB
5	corriente nominal	A	20
6	corriente de corto simétrica	kA	≤20

Tabla 47. Características de la protección del DPS – Bloque 5

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

13.1.3. DPS clase II – bloque 4E

Teniendo qué, la institución cuenta con un DPS clase I existente en el tablero principal de la subestación del Bloque 3B (ZPR I) y para garantizar una adecuada coordinación DPS, se recomienda entonces instalar DPS clase II, entre la ZPR I y ZPR II, es decir, en los tableros secundarios de distribución que alimenten cargas críticas (equipos electrónicos), que cumplan con los requerimientos de la norma IEC 61643-12, la cual estipula que en el caso de sistemas trifásicos 5H, la corriente nominal con forma de onda de prueba 8/20 μ s, no debe ser inferior a 20 kA. En La Tabla 48 se indican las características recomendadas del DPS.

Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
6	Categoría según Norma IEC 61643		Clase II
7	Protección ofrecida en estrella	Y	3 fases, tierra
8	Tensión de operación continua	V	320 V
9	Corriente Transitoria nominal (8/20 μ s)	kA	≥ 20
10	Nivel de protección	kV	$\leq 1,5$

Tabla 48. Características DPS a instalar Clase II

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

Por otra parte, el esquema general de conexión de un DPS en un modo común, debe considerar la instalación de una protección termomagnética. Por su parte, esta protección se deberá seleccionar como se estipula en del RETIE Artículo 20.14.2 – numeral “J”, es decir, *“La capacidad de cortocircuito del DPS debe estar coordinada con la capacidad de falla en el nodo donde va a quedar instalado”*.

En la Figura 11, se ilustra qué, para corrientes de cortocircuito menores he iguales a la máxima esperada (máxima corriente de cortocircuito por el transformado de 800 kVA), existe una adecuada coordinación entre la protección recomendada para el DPS y la protección principal del tablero del Bloque 4E. Adicionalmente, la protección

recomendada garantiza que en una situación de falla de del circuito ramal del DPS hay selectividad parcial cronométrica.

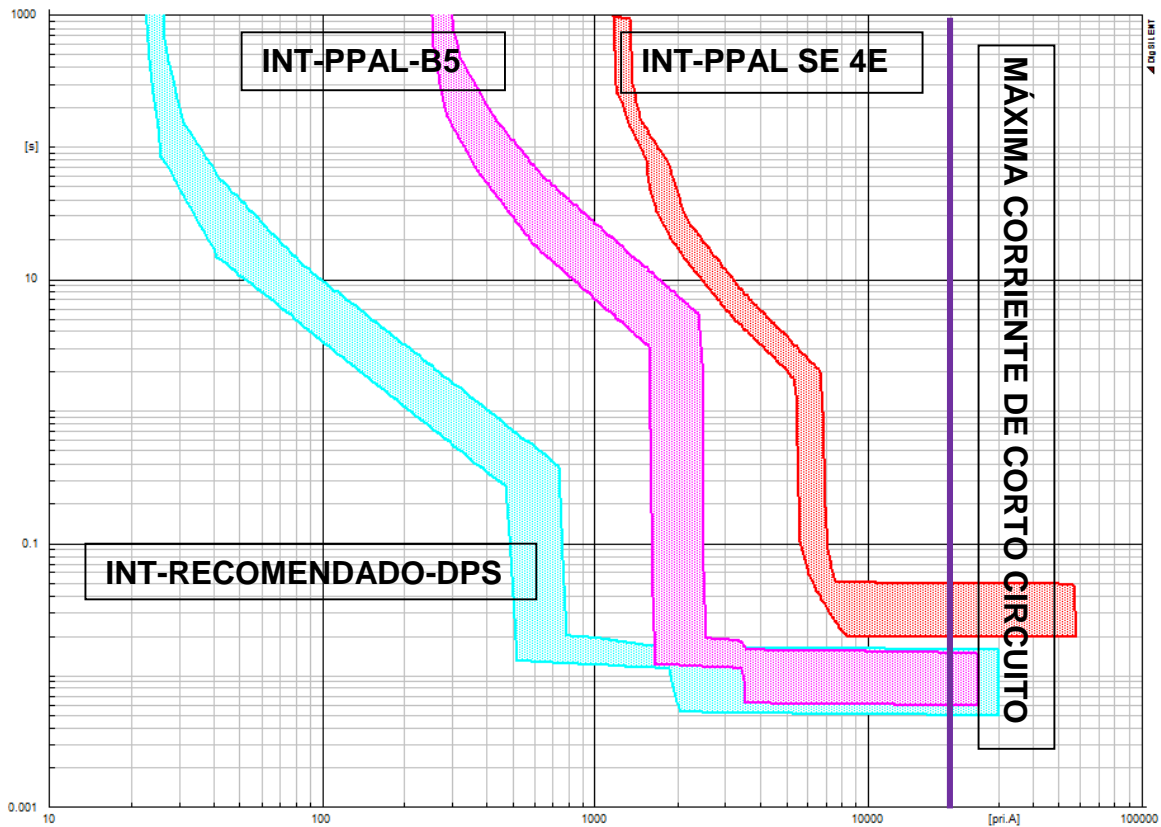


Figura 11. Selectividad cronométrica de las protecciones del Bloque 4E

Fuente: Software Digsilent-2017

En la Tabla 49 se muestra las características de la protección del DPS sugerida para la instalación

Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
7	Referencia		T1B - ABB
8	corriente nominal	A	20
9	corriente de corto simétrica	kA	≤20

Tabla 49. Características de la protección del DPS – Bloque 5

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

a) Se recomienda instalar Multitomas tipo “surge protection” en los tomas que alimentan los equipos electrónicos (UPS, DVR, cámaras que se alimenten a estén nivel

de tensión 120 V, impresoras, etc). En los casos donde existan módems, emplear multitoma con protección para línea telefónica. Estos multitomas deben cumplir las especificaciones básicas que se indican en la Tabla 50

Ítem	Descripción	Unidad	Requerido
1	Tensión nominal	V	120
2	Voltaje Clamping	V	≤400
3	Corriente transitoria máxima 8/20 μs	kA	≥4,5
4	Cantidad de salidas de tomacorrientes	4	Opcional
5	Protección para línea telefónica		Opcional

Tabla 50. Características de los supresores de picos tipo A (Multitomas)

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

b) Organizar el entorche del cable de puesta a tierra en el poste, el cual se hace la transferencia a medio subterráneo para la acometida principal de la subestación del bloque 3B. Este entorche de debe cambiar por una soldadura extermica y/o conector certificado tal y como se establece en el RETIE, 2013, Artículo 15.1 como se muestra en la Figura 12.

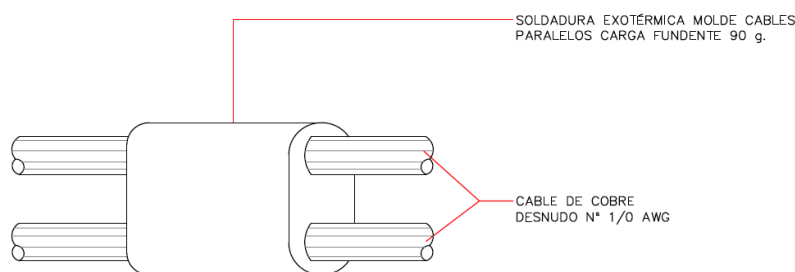


Figura 12. Conexión con soldadura exotérmica de cables en paralelo

Fuente: Ingeniería Especializada S.A. (S.f.). Catálogo de instalaciones de ingeniería.

c) Instalar barras de tierra y de neutro en los siguientes tableros. Posteriormente se debe conectar la estructura y puerta del tablero al barraje de tierra empleando cable de cobre 12 AWG conforme con la NTC 2050 en la sección 250-95 (conductor de protección de equipos).

- Tablero principal – Bloque 1

- Tablero principal – Bloque 3A N°1
- Tablero principal – Bloque 3A N°2
- Tablero principales – Bloque 2 piso N°1 y piso N°2
- Tablero principal – Bloque 4J

d) Conectar la estructura y la puerta de los tableros mencionados a continuación directamente a la barra de tierra como se indica en la Figura 13 empleando cable de cobre 12 AWG conforme con la NTC 2050 en la sección 250-95(conductor de protección de equipos).y borna terminal de compresión en los siguientes tableros eléctricos:

- Tablero principal – Bloque 3B
- Tablero principal – Bloque 3C
- Tablero principal – Bloque 4C
- Tablero principal – Bloque 4D
- Tablero principal – Bloque 5
- Tablero principal – Bloque 4G
- Tablero principal – Bloque 4J
- Tablero Principal TG 220 V (bloque 9)
- Tablero eléctrico – Sistema Regulado (bloque 9)
- Tablero T.E.I. iluminación 110/220 V, piso 2
- Tablero Iluminación biblioteca TB2, piso 1
- Tablero principal – Bloque 7 - Coliseo
- Tablero eléctrico – Bloque 8 - Regulado 01
- Tablero eléctrico – Bloque 8 - Regulado 02
- Tablero eléctrico – Bloque 8 - 04 TR02
- Tablero principal – Bloque 3A N°1
- Tablero principal – Bloque 3A N°2

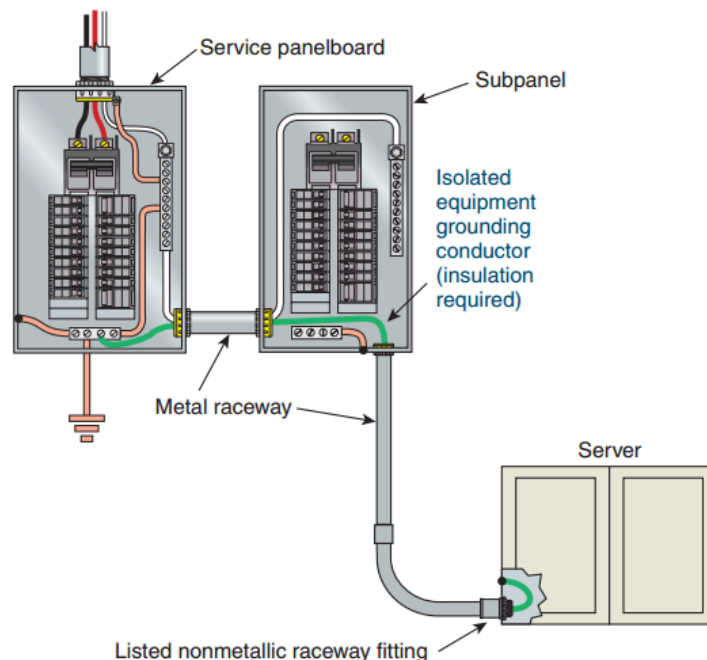


Figura 13. Conexión de la estructura de un gabinete a la barra de tierra

Fuente: Earley, M. (2014). National Electrical Code. Thirteenth edition. Quincy: Gil Moniz.

Para los tableros, que tengan la puerta sin bisagra (Puerta extraíble) se deberán equipotencializar por medio de un conductor que tenga la tolerancia suficiente para extraer la puerta sin perder la equipotencialidad con la puerta.

e) Realizar trabajos de mantenimiento correctivo en todos tableros y gabinetes de distribución que involucren las siguientes labores:

- Limpieza o cambio de accesorios (bornas, tornillos, arandelas, etc.) y reconexión de conductores.
- Realizar limpieza periódica al interior de los tableros y equipos eléctricos con el fin de eliminar la concentración de polvo y suciedad.
- En los tableros de distribución, realizar una marcación adecuada y legible de los interruptores de cada uno de los circuitos, utilizando placas acrílicas o marquillas adhesivas. Adicionalmente efectuar una distribución ordenada del cableado y los circuitos, aplicado a los siguientes tableros:
 - Tablero principal – Bloque 1 (colegio)
 - Tablero principal – Bloque 3A Oficina

- Tablero principal – Bloque 3A oficina
- Tablero principal – Bloque 3B
- Tablero principal – Bloque 3C
- Tablero principal – Bloque 4C
- Tablero principal – Bloque 4D
- Tablero principal – Bloque 5
- Tablero principal – Bloque 4G
- Tablero principal – Bloque 4J
- Tablero principal – Bloque 7 - Coliseo

f) Se debe asegurar que la conexión de los conductores a los terminales de las barras de neutro y tierra, sea buena y completa sin dañar los conductores, utilizando bornas terminales de compresión para el caso de cables multihilos y en los casos donde se utilice alambre rígido se deben instalar como muestra la Figura 14.

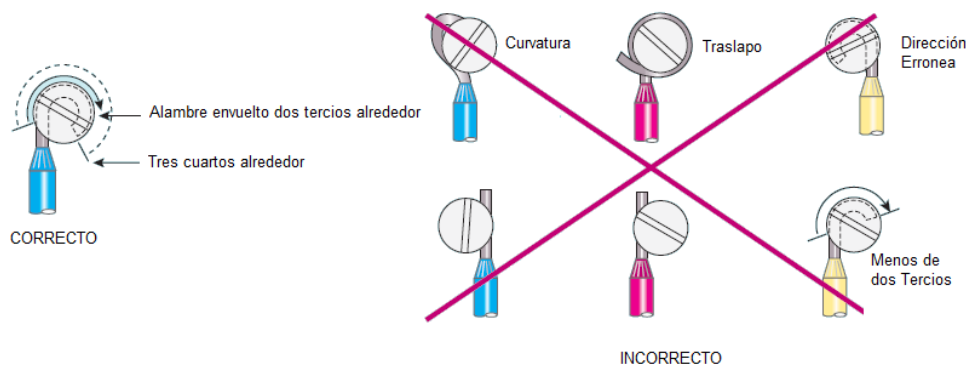


Figura 14. Conexión de alambre rígido a terminales tipo tornillo

Fuente: Earley, M. (2014). National Electrical Code. Thirteenth edition. Quincy: Gil Moniz.

g) Evitar las conexiones entre neutro y tierra en el lado de 220 V, tanto en tableros de distribución como en tableros de control. En la Figura 15 y la Figura 16 se muestra de forma general la distribución correcta de los conductores de neutro y tierra, la conexión a tierra de la estructura metálica de un tablero y la adecuada conexión de transformadores con estrella en el lado de baja. Tener en cuenta que el número de circuitos que se distribuyen de un tablero, debe coincidir con el número de conductores de tierra derivados teniendo en cuenta los circuitos monofásicos y trifásicos, dado que

el conductor de puesta a tierra de equipos, debe acompañar los conductores activos durante todo su recorrido y por la misma canalización.

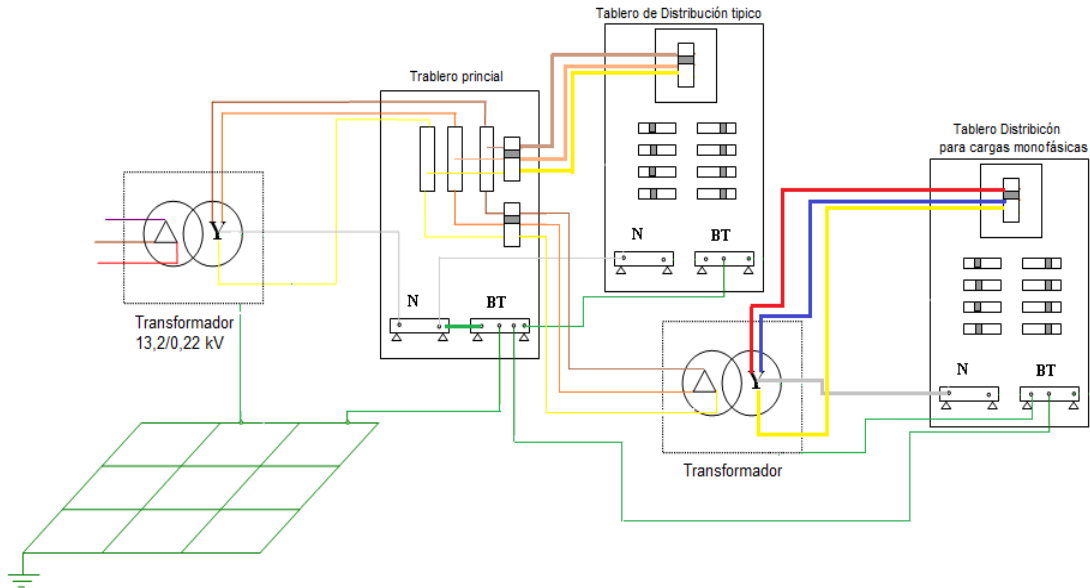


Figura 15. Esquema de conexión para los conductores de neutro y tierra

Fuente: Ingeniería Especializada S.A. (S.f.). Catálogo de instalaciones de ingeniería.

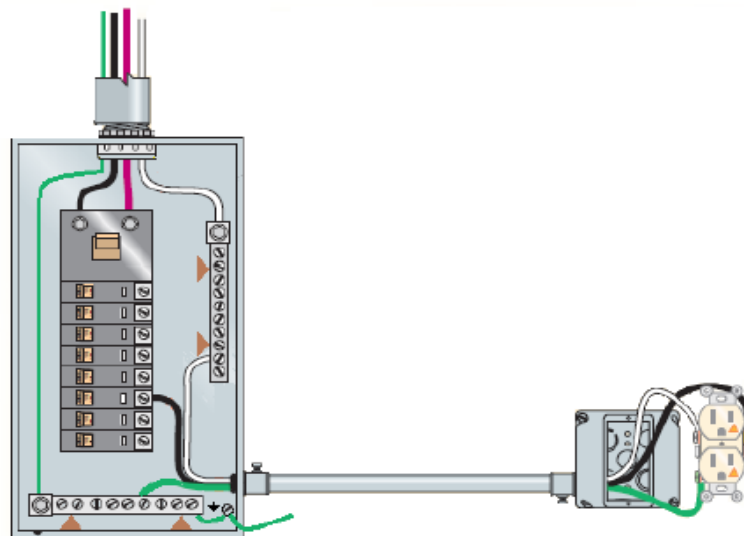


Figura 16. Distribución de conductor de puesta a tierra de equipos

Fuente: Earley, M. (2014). National Electrical Code. Thirteenth edition. Quincy: Gil Moniz.

h) Instalar a la malla eslabonada en transformador que se encuentra en la parte de atrás del laboratorio de materialografía, un cable de acero súper GX 1/4" entrelazado a lo largo de ésta y en los extremos a la malla de puesta a tierra de la subestación; En la Figura 17 se muestra la instalación típica del conductor de acero.

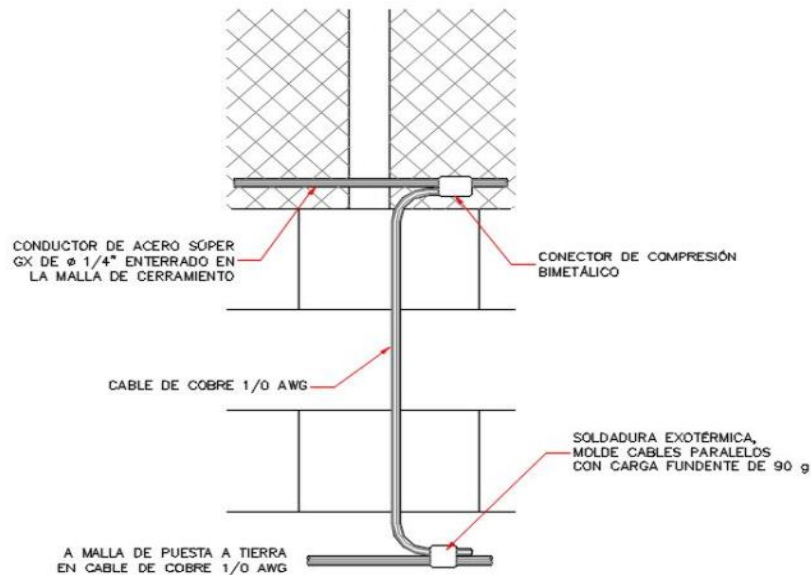


Figura 17. Instalación del cable de acero súper GX

Fuente: Ingeniería Especializada S.A. (S.f.). Catálogo de instalaciones de ingeniería.

i) Normalizar el uso de cables de color verde para los conductores de tierra, blanco para los neutros y para las fases emplear cables cuyo aislamiento tengan el color exigido en el RETIE 2013 indicado en su artículo 6 numeral 6.3 "Código de colores para conductores", adicionalmente tener en cuenta que la disposición de las fases en los tableros trifásicos, debe ser A, B, C, tomada de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero. Como alternativa en los cables existentes se pueden emplear cintas o marquillas en los extremos, a fin de que sean fácilmente identificables. En la Figura 18 se presenta el código de colores para conductores establecido por el RETIE.

Sistema c.a.	1 Φ	1 Φ	3 Φ Y	3 Φ Δ	3 Φ Δ -	3 Φ Y	3 Φ Y	3 Φ Δ	3 Φ Δ	3 Φ Y
Tensión nominal (voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/277	480 - 440	Más de 1000 V	Más de 1000 V
Conductor activo	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
Fase	Color fase o negro	Color fases o 1 Negro	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo Violeta Rojo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No Aplica
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No Aplica
Tierra aislada	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No Aplica

Figura 18. Código de colores para conductores

Fuente: Ministerio de Minas y Energía. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

Recuperado de:

<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/712360/Anexo+General+del+RETIE+2013.pdf/14fa9857-1697-44ed-a6b2-f6dc570b7f43>

14. Recomendaciones adicionales

a) Se recomienda realizar un estudio de corto, relámpago de arco y coordinación de protecciones, para evaluar las condiciones actuales de la instalación, con tiempos de despeje de fallas, vestiduras adecuadas de las personas al momento de realizar una intervención en los tableros de distribución y etiquetado conforme la norma RETIE 2013. Los estudios recomendados son con el propósito de aumentar la seguridad para el personal técnico y operativo.

b) Se recomienda disponer de extintores en las subestaciones, etiquetas que señalicen la salida. Además se recomienda disponer de camilla y botiquín de primeros auxilios en caso de emergencias eléctricas.

15. Recomendaciones de seguridad en las subestaciones de la institución

La seguridad eléctrica se tiene en cuenta con el fin de prevenir, minimizar o eliminar los riesgos de origen eléctrico. En las subestaciones eléctricas de 13,2 kV y 34,5 kV son necesarios aspectos relacionados con la calidad de los equipos a utilizar, con la ubicación de la subestación eléctrica, las distancias de seguridad, los encerramientos,

la ventilación, la señalización, el drenaje, la iluminación, el sistema de puesta a tierra, el apantallamiento, entre otros, para la seguridad de equipos, personas, animales y del medio ambiente. (NFPA 70E, 2015)

15.1. Distancias de seguridad

Frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de prevención, siempre será guardar unas distancias respecto a las partes energizadas, puesto que el aire es un excelente aislante.

Las distancias de seguridad pueden estar definidas como las mínimas distancias entre un conductor o equipo energizado y una zona donde se garantiza que no habrá un accidente por encerramiento. Las distancias de seguridad deben ser adecuadas para evitar accidentes a personas, animales o descargas entre elementos de los conductores o equipos conectados bajo tensión.

15.2. Límites de aproximación a partes energizadas de equipos según RETIE 2013

Las distancias mínimas de aproximación a equipos, son tomadas de la Tabla 13.7 y Tabla 13.8 y la Figura 13.4 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE 2013, las cuales se muestran en la Tabla 51 y Figura 19, respectivamente.

Tensión nominal del sistema	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringido (m)	Límite de aproximación técnico
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta	Incluye movimientos involuntarios.	(m)
50 V – 300 V	3	1	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3	1	0,3	0,025
751 V – 15 kV	3	1,5	0,7	0,2
15,1 kV – 36 kV	3	1,8	0,8	0,3
36,1 kV – 46 kV	3	2,5	0,8	0,4

Tensión nominal del sistema	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringido (m)	Límite de aproximación técnico
(fase – fase)	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta	Incluye movimientos involuntarios.	(m)
46,1 kV - 72,5 kV	3	2,5	1	0,7
72,6 kV – 121 kV	3,3	2,5	1	0,8
138 kV – 145 kV	3,4	3	1,2	1
161 kV – 169 kV	3,6	3,6	1,3	1,1
230 kV – 242 kV	4	4	1,7	1,6
345 kV – 362 kV	4,7	4,7	2,8	2,6
500 kV – 550 kV	5,8	5,8	3,6	3,5

Tabla 51. Límites de aproximación a partes energizadas de equipos – Corriente alterna

Fuente: elaboración propia de los autores de la investigación.

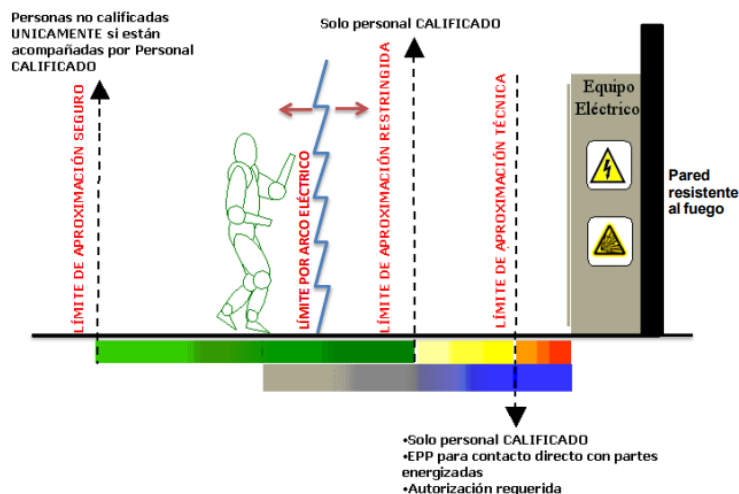


Figura 19. Límites de aproximación

Fuente: Ministerio de Minas y Energía. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

Recuperado de:

<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/712360/Anexo+General+del+RETIE+2013.pdf/14fa9857-1697-44ed-a6b2-f6dc570b7f43>

Los límites de aproximación que se muestran en la Figura 19, están definidos en el RETIE de la siguiente manera:

- **Límite de aproximación seguro:** Distancia mínima, desde el punto energizado más accesible del equipo, hasta la cual el personal no calificado puede situarse sin riesgo de exposición al arco eléctrico.
- **Límite de aproximación restringido:** Distancia mínima hasta la cual el personal calificado puede situarse sin llevar los elementos de protección personal certificados contra riesgo por arco eléctrico.
- **Límite de aproximación técnico:** Distancia mínima en la cual solo el personal calificado que lleva elementos de protección personal certificados contra arco eléctrico realiza trabajos en la zona de influencia directa de las partes energizadas de un equipo.

15.3. Uso de elementos de protección personal de acuerdo a la identificación del riesgo

En la Tabla 52 que corresponde a la Tabla 130.7(C) (15) (A) (a) de la NFPA 70E edición 2015, presentada a continuación, se describe el requerimiento del uso de los elementos de protección personal contra relámpago de arco y las condiciones de los equipos.

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
Leer un instrumento de medida mientras se opera un selector de medida	Cualquiera	NO
Operación normal de un interruptor, seccionador, contactor o arrancador	Todas las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera correcta • El equipo es mantenido de 	NO

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
	forma apropiada <ul style="list-style-type: none"> • Todas las puertas del equipo están cerradas y aseguradas • No hay evidencia de falla inminente o latente 	
	Una o más de las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera incorrecta • El equipo es mantenido de forma inapropiada • alguna puerta del equipo está abierta o desasegurada • alguna cubierta del equipo está retirada o no desasegurada • Hay evidencia de falla inminente o latente 	SI
Para sistemas de corriente alterna: Trabajar en conductores eléctricos energizados y partes de circuitos, incluyendo la medida de voltaje	Cualquiera	SI
Para sistemas de corriente directa: Trabajar en conductores eléctricos energizados y partes de	Cualquiera	SI

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
circuitos de celdas de baterías conectadas en serie, incluyendo la medida de voltaje		
Medida de voltaje en celdas individuales de celdas de baterías o unidades individuales multicelulares	<p>Todas las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera correcta • El equipo es mantenido de forma apropiada • Las cubiertas de otros equipo están en su sitio y aseguradas • No hay evidencia de falla inminente o latente 	NO
	<p>Una o más de las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera incorrecta • El equipo es mantenido de forma inapropiada • Alguna puerta del equipo está abierta o desasegurada • Alguna cubierta del equipo está retirada o desasegurada • Hay evidencia de falla inminente o latente 	SI
Extracción o inserción de interruptores y seccionadores	Cualquiera	SI

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
Remoción o instalación de cubiertas de equipos tales como ductos de cables, cajas de unión, y bandejas portacables que no exponen conductores eléctricos energizados desnudos y partes de circuito	<p>Todas las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera correcta • El equipo es mantenido de forma apropiada • No hay evidencia de falla inminente o latente 	NO
	<p>Una o más de las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera incorrecta • El equipo es mantenido de forma inapropiada • Hay evidencia de falla inminente o latente 	SI
Remoción de cubiertas pernadas (para exponer conductores eléctricos energizados desnudos o partes de circuito). Para sistemas de corriente directa , esto incluye cubiertas pernadas, tales como cubiertas de terminales de batería	Cualquiera	SI
Remoción de cubiertas de conectores entre celdas	<p>Todas las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera correcta 	NO

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
	<ul style="list-style-type: none"> • El equipo es mantenido de forma apropiada • Las cubiertas de otros equipo están en su lugar y aseguradas • No hay evidencia de falla inminente o latente 	
	<p>Una o más de las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera incorrecta • El equipo es mantenido de forma inapropiada • alguna puerta del equipo está abierta o desasegurada • alguna cubierta del equipo está retirada o desasegurada • Hay evidencia de falla inminente o latente 	SI
Abrir puertas abisagradas o cubiertas (para exponer conductores eléctricos energizados desnudos o partes de circuito)	Cualquiera	SI

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
Realizar termografías infrarrojas y otras inspecciones sin contacto, fuera de la frontera de acercamiento restringida. Esta actividad no incluye la apertura de puertas o cubiertas	Cualquiera	NO
Instalar una sistema de puesta a tierra temporal después de realizar una prueba de voltaje	Cualquiera	SI
Trabajar en circuitos de control con partes eléctricas energizadas expuestas y partes de circuito, de 120 V o menos, sin ningún otro equipo energizado expuesto de 120 V, incluyendo la apertura de cubiertas abisagradas para obtener acceso	Cualquiera	NO
Trabajar en circuitos de control con partes eléctricas energizadas expuestas y partes de circuito, de más de 120 V	Cualquiera	SI

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
Inserción o extracción de un módulo o celda de un arrancador de motor en un CCM	Cualquiera	SI
Inserción o extracción de interruptores o arrancadores de cubículos, con las puertas abiertas o cerradas	Cualquiera	SI
Inserción o extracción de dispositivos extraíbles de barrajes	Cualquiera	SI
Examen de un cable aislado, sin manipulación del cable	Cualquiera	NO
Examen de un cable aislado, con manipulación del cable	Cualquiera	SI
Trabajar en conductores eléctricos energizados expuestos y partes de circuito de equipos directamente alimentados por un tablero de distribución o un centro de control de motores	Cualquiera	SI
Inserción o extracción de medidores, conectado a voltajes o corrientes primarias	Cualquiera	SI

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
Para sistemas de corriente directa, inserción p extracción de celdas individuales o unidades multi-celda, en un sistema de baterías en un encerramiento	Cualquiera	SI
Para sistemas de corriente directa, inserción p extracción de celdas individuales o unidades multi-celda, en un sistema de baterías abierto	Cualquiera	NO
Para sistemas de corriente directa, mantenimiento de una celda de un sistema de baterías o de unidades multi-celda, en un sistema abierto	Cualquiera	NO
Para sistemas de corriente directa, trabajar en conductores eléctricos energizados expuestos y partes de circuito de equipos finales, directamente alimentados por una fuente de corriente directa	Cualquiera	SI

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
<p>Subestaciones resistentes al arco Tipo 1 o 2 (con tiempos de despeje de falla de < 0.5 s, con una corriente de falla esperada no superior a la capacidad de soporte de arco del equipo), subestaciones de interrupción blindadas, con o sin fusible, del tipo resistente al arco, probada de acuerdo a la norma IEEE C37.20.7:</p>	<p>Todas las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera correcta • El equipo es mantenido de forma apropiada • Todas las puertas del equipo están cerradas y aseguradas • Todas las cubiertas del equipo están en su sitio y aseguradas • No hay evidencia de falla inminente o latente 	NO
<ul style="list-style-type: none"> • Inserción o remoción de interruptores del cubículo • Inserción o remoción de tierras o dispositivos de prueba • Inserción o remoción de transformadores de voltaje conectados al barraje 	<p>Una o más de las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo está instalado de manera incorrecta • El equipo es mantenido de forma inapropiada • Alguna puerta del equipo está abierta o desasegurada • Alguna cubierta del equipo está retirada o desasegurada • Hay evidencia de falla inminente o latente 	SI

Tarea	Condición del equipo	EPP contra relámpago de arco requerido
Abrir el compartimiento de un transformador de voltaje o un transformador auxiliar de potencia para control	Cualquiera	SI
Operación de seccionadores exteriores (operados con pértiga), desde 1 kV hasta 15 kV	Cualquiera	SI
Operación de seccionadores exteriores (operados con mecanismo tripolar, a nivel), desde 1 kV hasta 15 kV	Cualquiera	SI

Tabla 52. Requerimientos de EPP de acuerdo a la tarea

Fuente: National Fire Protection Association (NFPA 70E). (2015). Standar for Electrical Safety in the Workplace. Recuperado de:

https://elibrary.gsfc.nasa.gov/_assets/doclibBidder/tech_docs/36.%202015%20NFPA%2070E%20-%20Copy.pdf

16. Referencias

- AENOR. (2007). Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión hasta 1 000 V c.a. y 1 500 V c.c.. Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección. Parte 4: Resistencia de los conductores de puesta a tierra y conexiones de equipotencialidad. Recuperado de:
http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0040258#.WYSiQog1_IV
- Casas, F. (2008). Tierras soporte de la seguridad eléctrica. 4ª ed. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
- Código Eléctrico Nacional. (2008). NFPA 70. Recuperado de:
https://archive.org/stream/codigo-electrico-nacional-2008-nfpa/codigo-electrico-nacional-2008-nfpa_djvu.txt
- Earley, M. (2014). National Electrical Code. Thirteenth edition. Quincy: Gil Moniz.
- Fluke. (S.f.). ¿Por qué conectar a tierra, por qué comprobar los sistemas de conexión a tierra? Recuperado de: <http://www.fluke.com/fluke/pees/soluciones/resistencia-de-tierra/por-qu%C3%A9-conectar-a-tierra>
- IEEE Power Engineering Society. (2000). Guide for Safety in AC Substation Grounding
- IEEE Power and Energy Society. (2012). Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (1998). Código Eléctrico Colombiano NTC 2050.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2008). Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos). NTC 4552-1
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2004). Dispositivos de protección contra sobretensiones de bajo voltaje 61643-22. 1era edición. Suiza.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2006). Protección contra el rayo 62305-1. 1ra ed. Suiza.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2006). Protección contra el rayo 62305-4. 1ra ed. Suiza.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2008). Coordinación de aislamiento de los equipos en los sistemas (redes) de baja tensión. International Standard 60664-1.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2008). Dispositivos de protección contra sobretensiones de bajo voltaje 61643-12. 2da edición. Suiza.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2005). Dispositivos de protección contra sobretensiones de bajo voltaje 61643-1. 2da edición. Suiza.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2010). Requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medida, control y uso de laboratorio 61010.

Institución Universitaria Pascual Bravo. (S.f.). Campus Robledo. Recuperado de:
<http://www.pascualbravo.edu.co/index.php/lainstitucion/campusrobledo>

Ministerio de Minas y Energía. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Recuperado de:
<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/712360/Anexo+General+del+RETIE+2013.pdf/14fa9857-1697-44ed-a6b2-f6dc570b7f43>

Morales, J., Rendón, A. y Velásquez, O. (2012). Diseño del sistema de apantallamiento del bloque 4 de la Institución Universitaria Pascual Bravo. (Trabajo de grado). Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín.

National Fire Protection Association (NFPA 70E). (2015). Standar for Electrical Safety in the Workplace. Recuperado de:
https://elibrary.gsfc.nasa.gov/_assets/doclibBidder/tech_docs/36.%202015%20NFPA%2070E%20-%20Copy.pdf

Pentair. (S.f.). Electrodoos o varillas para tierra. Recuperado de:
<https://www.erico.com/catalog/literature/E660S-LASP.pdf>

Rodríguez, A. (2010). Cables de guarda en torres de alta tensión y rayos. Recuperado de:
<http://www.ea1uro.com/ea1gx/CABLES-DE-GUARDA-EN-TORRES-DE-ALTA-TENSION-Y-RAYOS.pdf>

Software Digsilent. (2017). Selectividad cronométrica de las protecciones del Bloque 5

Ingeniería Especializada S.A. (S.f.). Catálogo de instalaciones de ingeniería.


Calibration certificate

Model: EARTH INSULATION TESTER

Date: 19.10.2016

Serial No.: 16200172

Performed by: Franci Ogrin

Signature: 


Date Placed In Service: _____

Due Date: _____

*

Metrel Recommended Cal Interval: 12 months

* The due date may be established (by the customer) by adding the "Recommended Cal Interval" to the "Date Placed In Service."

No.	Function / Ubat=5,5V	Input	Low limit	Reading	Uncertainty	High limit
1	Outlook, battery indication, keys, rotary switch, buzzer			OK		
2	Low ohm $\pm 200\text{mA}$ R $\pm 200\text{mA}$	0,00 Ω	0,00 Ω	0,00	0,01	0,02 Ω
		1,00 Ω	0,96 Ω	0,99	0,01	1,04 Ω
		19,00 Ω	18,60 Ω	19,02	0,11	19,40 Ω
		1900 Ω	1843 Ω	1899	11	1957 Ω
	Continuity			OK		
3	Clamp Current	0,0 mA	0,0 mA	0,1	0,1	0,3 mA
		10 mA	9,2 mA	9,9	0,1	10,8 mA
		100 mA	95,0 mA	99,0	1	105 mA
		1 A	950 mA	0,998	0,01	1,05 A
		10 A	9,50 A	9,89	0,1	10,5 A
		100 A	95 A	96,7	1	105 A
4	Test  U _{TEST}	0 Ω	0 V	5	1	10 V
		510 k Ω	475 V	514	4	545 V
		900 k Ω	845 V	905	8	955 V
5.1	Insulation resistance / U _N =50V R _{ISO}	0,000 M Ω	0,000 M Ω	0,000	0,001	0,003 M Ω
		1,000 M Ω	0,947 M Ω	0,989	0,009	1,053 M Ω
		190,0 M Ω	180,2 M Ω	190,2	1,3	199,8 M Ω
	Uiso output/ 10M Ω	55 V	51 V	55	1	65 V
5.2	Insulation resistance / U _N =250V R _{ISO}	0,100 M Ω	0,096 M Ω	0,100	0,001	0,104 M Ω
		19,00 M Ω	18,60 M Ω	18,97	0,12	19,40 M Ω
		190,0 M Ω	186,0 M Ω	188,7	1,2	194,0 M Ω
		20,0 G Ω	15,4 G Ω	18,5	0,7	24,6 G Ω
5.3	Insulation resistance / U _N =1000V R _{ISO}	100 M Ω	97,8 M Ω	99,1	0,6	102,2 M Ω
		1,90 G Ω	1,824 G Ω	1,85	0,03	1,976 G Ω
		20,0 G Ω	15,4 G Ω	17,0	0,3	24,6 G Ω
		1050 V	1000 V	1054	7	1100 V
	Short circuit current		2,0 mA	2,53	0,05	3,0 mA
6	Voltage AC / DC	0 V	0 V	0	1	2 V
		550 V	537 V	549	4	563 V
7	Earth resistance four - lead method	0,00 Ω	0,00 Ω	0,00	0,01	0,03 Ω
		1,00 Ω	0,95 Ω	1,02	0,01	1,05 Ω
		190,0 Ω	185,9 Ω	190,0	1,1	194,1 Ω
		1,900 k Ω	1,859 k Ω	1,903	0,011	1,941 k Ω
		19,00 k Ω	18,05 k Ω	19,28	0,11	19,95 k Ω
	Probe influence R _c , R _p max	1,00 Ω	0,92 Ω	1,04	0,01	1,08 Ω
8	Earth resistance 1 clamp	19,00 Ω	18,59 Ω	19,03	0,11	19,41 Ω
		1,90 k Ω	1,86 k Ω	1,91	0,01	1,94 k Ω
9	Earth resistance 2 clamp	1,00 Ω	0,93 Ω	1,03	0,01	1,07 Ω
		19,0 Ω	18,03 Ω	19,30	0,26	19,97 Ω
10	RS232 port, memories, header			OK		

All results in accordance with technical specification.

Reference instruments:

No.	Instrument	Type	Certificate No.	Due
1	Calibration System 20 750 577	9100, Wavetek	16C01118	31.7.2017



METREL d.d.
Ljubljanska c. 77
SI - 1254 BODIŠE

Tel.: (+386 1) 7558 200
Fax.: (+386 1) 7549 095
<http://www.metrel.si>

