



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
PASCUAL BRAVO**

**DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL BLOQUE DE  
MATERIALOGRAFÍA EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**BARBOSA BARRERA EDWIN ARBEY  
BARBOSA BARRERA JAIRO ALBERTO  
GARCÍA HOLGUÍN JOSÉ MANUEL**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2018**

**DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL BLOQUE DE  
MATERIALOGRAFÍA EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**BARBOSA BARRERA EDWIN ARBEY  
BARBOSA BARRERA JAIRO ALBERTO  
GARCÍA HOLGUÍN JOSÉ MANUEL**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**ASESOR  
CRISTIAN MORALES  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**MEDELLÍN INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
2018**

## **Agradecimientos.**

Gracias a Dios por darme vida, salud y la oportunidad de superación, por brindarme la fortaleza mental y espiritual para poder alcanzar las metas propuestas.

Triunfo que ofrezco con humildad e inmenso amor a mis padres Victoria y Jairo quienes se han esforzado toda su vida por brindar lo mejor a sus hijos, aparte del apoyo económico y moral en mi crianza, su empeño en fortalecer los cimientos de valores, responsabilidad y respeto para las demás personas.

Inmensas gracias a mi querida esposa Leidy y a mi adorado hijo Samuel, por darme su amor y apoyo incondicional; por ser mi guía, mi motor, por darme la fuerza y servirme de sostén en momentos de dificultad.

Mil y mil gracias a la institución Universitaria Pascual Bravo, a todo el grupo administrativo, al Vicedecano de eléctrica Giovanny Berrio, a nuestro asesor encargado Cristian Morales y especialmente a todos y cada uno de los docentes por su inmensa disposición y heroísmo, quienes con su profesionalismo, responsabilidad, paciencia, vocación y liderazgo entregan parte de su vida a enseñar, a transmitir conocimiento, estimulando a sus alumnos a creer en sí mismos.

**Jairo Alberto Barbosa Barrera**

### **Agradecimientos.**

Este trabajo es dedicado a mi familia, mis queridos padres Victoria y Jairo por cuanto todo su apoyo moral y la formación que han brindado ha sido esencial para sacar adelante mis sueños, a Dios por darme la posibilidad de llegar a esta meta y a los amigos que me han apoyado.

Agradezco a los profesores de la Institución Universidad Pascual Bravo, quienes fueron guía y apoyo para el desarrollo personal y en la formación académica adquirida a lo largo de los años. Un agradecimiento especial a Giovanni Berrio Vicedecano de eléctrica, a Ricardo Velasco y al asesor Cristian Morales por la confianza brindada y a su diligente colaboración.

**Edwin Arbey Barbosa Barrera**

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción.....	7
1. Planteamiento del problema.....	10
2. Justificación.....	11
3. Objetivos.....	12
3.1 Objetivo general.....	12
3.2 Objetivos específicos.....	12
4. Marco teórico.....	13
4.1 Diagnóstico.....	13
4.1.1 Diseño eléctrico.....	13
4.2. Sistema eléctrico.....	13
4.2.1. Características de un sistema eléctrico.....	13
4.2.2. Componentes de un circuito eléctrico. Un circuito eléctrico está compuesto por los siguientes elementos:.....	13
4.2.3. Fuente de tensión.....	14
4.2.4. Conductores eléctricos.....	14
4.2.5. Intensidad de corriente.....	14
4.2.6. Electrón.....	14
4.2.7. Resistencia eléctrica.....	14
4.2.8. Elementos de protección eléctrica. S.....	14
4.2.9. Tipos de elementos de protección.....	14
4.2.10. Fusible.....	14
4.2.11. Interruptor magnético térmico.....	14
4.2.12. Sistema de puesta a tierra.....	15
4.2.13. Pararrayos.....	15
4.2.14. Tipos de materiales conductores.....	15
4.2.15. Elementos de un sistema eléctrico.....	15
4.2.16. Clases de sistemas eléctricos.....	15
4.2.17. Clases de Leyes Eléctricas.....	16
5. Metodología.....	17

5.1. Tipo de proyecto.....	17
5.2. Método. ....	17
5.3. Técnica .....	21
5.4. Informe. ....	23
6. Análisis y resultados.....	24
6.1. Procedimiento toma de medidas en el tablero de fundición.....	39
6.2. Procedimiento toma de medidas en el tablero de iluminación.....	41
6.3. Procedimiento toma de medidas en el tablero de materialografía .....	42
6.4 Procedimiento toma de medidas en el tablero de tomas normales.....	44
6.4.1. Procedimiento toma de medidas de continuidad entre tierras y neutros .....	46
6.4.2. Procedimiento toma de medidas de resistencia de puesta a tierra.....	47
6.4.3 De la metodología de este trabajo .....	49
6.4.4. Constitución y dimensionamiento de un sistema de tierra .....	52
6.4.5. Configuración del sistema de tierras. ....	53
6.4.6. Mediciones de resistividad. ....	53
6.4.7. Instrumento utilizado (telurómetro) .....	54
6.4.8 Metodo de medida wenner .....	56
6.4.9. Medición resistividad del suelo con longitudes de 0, 1, 2 y 3 metros.....	57
6.4.10 Medición resistividad del suelo con longitudes de 0,2,4 y 6 metros.....	58
6.4.11 Medición resistividad del suelo con longitudes de 0,3,6 y 9 metros.....	60
6.4.12. Resultados. ....	62
6.4.13 Medición de resistividad del suelo con longitudes de 0,4,8 y 12 metros. ....	65
6.5 El modelo de las dos capas.....	67
6.6. Características del sistema eléctrico.....	68
6.7 Diseño de la malla de puesta a tierra.....	69
6.7.1. Distribución de corrientes. ....	70
6.8 Selección del conductor de la malla.....	73
6.9. Resistencia de puesta a tierra.....	76
6.10. Criterios de seguridad.....	80
6.11. Tiempo de duración de la falla.....	81
6.12. Memorias de cálculo .....	85

6.12.1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. ....	85
6.12.2 Análisis de coordinación de aislamiento. ....	90
6.12.3 Análisis de cortocircuito y falla a tierra ....	90
6.12.4 Análisis de nivel de Nivel de Tensión Requerido. ....	91
6.12.5 Cálculo de Campos Electromagnéticos. ....	91
6.12.6 Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de armónicos y factor de potencia de la carga	92
6.12.7 Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de energía.....	93
6.12.8 Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de corto circuito de la red y la capacidad de corriente del conductor ...	94
6.12.9 Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos .....	95
6.12.10 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. ....	95
6.12.11 Cálculo de canalizaciones (tubos, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.). ....	97
6.12.12 Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia. ....	99
6.12.13 Cálculos de regulación. ....	99
6.12.14 Clasificación de áreas. ....	100
6.12.15 Elaboración de diagramas unifilares. ....	100
6.12.16 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción. ....	101
6.12.17 Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares. ....	101
6.12.18 Establecer las distancias de seguridad requeridas. ....	101
6.12.19 Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación .....	101
6.12.20 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas. ....	101
7. Conclusiones. ....	102
8. Recomendaciones. ....	104

9. Referencias bibliográficas.....	107
10. Anexos.....	111



## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Método de Medición Wenner .....	20
Figura 2. Bloque 19 de Materialografía .....	24
Figura 3. Fundición L1_L2 .....	39
Figura 4. Fundición L1-L3 .....	39
Figura 5. Fundición L2-L3 .....	39
Figura 6. T. Fundición L1 – Tierra.....	40
Figura 7. Fundición L3 – Tierra .....	40
Figura 8. Fundición L3 - Tierra.....	40
Figura 9. T. Iluminación L1 – L2.....	41
Figura 10. T. Iluminación L1- L3 .....	41
<i>Figura 11.</i> T. Iluminación L2 – L3. ....	41
Figura 12. T. Iluminación L1- Tierra .....	41
Figura 13. T. Iluminación L2 - Tierra .....	42
Figura 14. T. Iluminación L3 Tierra.....	42
Figura 15. T. Materialografía L1 - L2.....	42
Figura 16. T. Materialografía L1 – L33 .....	42
Figura 17. T. Materialografía L2 – L3 .....	43
Figura 18. T. Materialografía L1 –Tierra .....	43
Figura 19. T. Materialografía L2 – Tierra .....	43
Figura 20. T. Materialografía L3 – Tierra .....	43
Figura 21. T. Tomas normales L1 - L2.....	44
Figura 22. T. Tomas normales L1 – L3.....	44
Figura 23. T. Tomas normales L2 – L3 .....	44
Figura 24. T. Tomas normales L1 – Tierra .....	44
Figura 25. T. Tomas normales L2 – Tierra .....	45
Figura 26. T. Tomas normales L3 – Tierra .....	45
Figura 27. Medición entre tierra y compartimento del gabinete. ....	46
Figura 28. Medición entre tierra y estructura (puerta) del gabinete .....	46
Figura 29. Medición entre tierra y polo a tierra de un tomacorriente.....	46

Figura 30. Medición entre tierra y tubería metálica .....	46
Figura 31. Medición electrodo de puesta a tierra del gabinete principal.....	47
Figura 32. Resultado medidas SPT (52% - 62% - 72%).....	48
Figura 33. Medición del sistema de puesta a tierra del neutro conectado al SPT de la red externa. .....	48
Figura 34. Telurómetro METREL MI2088.....	54
Figura 35. Partes del telurómetro .....	55
Figura 36. Descripción de las partes del Telurómetro.....	56
Figura 37. Método de medida Wenner.....	56
Figura 38. Punto de inicio (0).....	57
Figura 39. Longitud (1 metro).....	57
Figura 40. Longitud (2 metros ) .....	57
Figura 41. Longitud (3 metros). .....	58
Figura 42. Resultado medidas de resistividad del suelo, longitudes de 0,1,2,y 3 metros.....	58
Figura 43. Punto de inicio (0).....	58
Figura 44. Longitud (2 metros). .....	59
Figura 45. Longitud (4 metros). .....	59
Figura 46. Longitud (6 metros). .....	59
Figura 47. Resultado medidas de resistividad del suelo con longitudes de 0,2,4 y 6 metros.....	60
Figura 48. Punto de inicio (0).....	60
Figura 49. Longitud (3 metros). .....	60
Figura 50. Longitud (6 metros). .....	61
Figura 51. Longitud (9 metros). .....	61
Figura 52. Resultado medidas de resistividad del suelo con longitudes de 0,3,6 y 9 metros.....	61
Figura 53. Valores medidos resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ].....	62
<i>Figura 54. Gráfico resistividad del terreno [<math>\Omega \cdot m</math>].....</i>	63
Figura 55. Gráfico resultado modelo de las dos capas.....	64
Figura 56. Punto de inicio (0).....	65
Figura 57. Longitud (4 metros). .....	65
Figura 58. Longitud (8 metros). .....	65
Figura 59. Longitud (12 metros). .....	66

Figura 60. Resultado medidas de resistividad del suelo con longitudes de 0,4,8 y 12 metros.....	66
Figura 61. Modelo de las dos capas del terreno. ....	68
Figura 62. Sistema modelado para hallar la corriente que circula por las mallas. ....	71
Figura 63. Resultados simulación de distribución de corrientes a tierra.....	72
Figura 64. Valores de corriente de falla monofásica asimétrica, GPR y corriente por la malla de diseño. ....	72
Figura 65. Parámetros iniciales para la simulación ATP .....	79
Figura 66. Resultados del análisis del sistema de puesta a tierra .....	80
Figura 67. Perfil de tensión evaluado en la malla embebida.....	82
Figura 68. Diagrama unifilar sistema eléctrico bloque 19 Materialografía.....	84
Figura 69. Ocupación de ductos .....	98
Figura 70. Cálculos de pérdidas de energía teniendo en cuenta efectos de armónicos y factor de potencia. ....	99
Figura 71. Caída de tensión sistemas trifásicos.....	100
Figura 72. Malla de puesta a tierra vista en planta .....	121
Figura 73. Malla de puesta a tierra vista en perspectiva.....	122
Figura 74. Malla de puesta a tierra vista en planta .....	123
Figura 75. Perfiles de Potenciales sobre el suelo.....	124
Figura 76. Superficie 3D de potencial.....	125
Figura 77. Perfil de Tensión de contacto.....	125
Figura 78. Superficie 3D de tensión de contacto.....	126
Figura 79. Perfil de Tensión de paso. ....	126
Figura 80. Superficie 3D de tensión de paso.....	127
Figura 81. Perfiles de potencial, Tensión de paso y Tensión de contacto.....	128
Figura 82. Tensiones de contacto controladas en los puntos de la malla .....	129
Figura 83. Tensiones de paso controladas en los puntos de la malla .....	130
Figura 84. Unión de Cable con Varilla de 5/8". ....	132
Figura 85. Unión de Cable con Varilla de 5/8". ....	132
Figura 86. Unión de Cable con Cable en T. ....	133
Figura 87. Unión de Cuatro Cables en Cruz.....	133
Figura 88. Unión de Cable con Cable. ....	133

Figura 89. Unión de Cuatro Cables con Varilla de 5/8" . . . . .	134
Figura 90. Caja de inspección SPT. . . . .	135
Figura 91. Instalación de FAVIGEL para electrodo tipo varilla.....	136
Figura 92. Instalación de FAVIGEL para conductor de cable . . . . .	136
Figura 93. Conductor de cobre de acero . . . . .	137

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. <i>Lista de chequeo – instalaciones uso final</i> .....	17
Tabla 2. <i>Medida de resistencia</i> .....	18
Tabla 3. <i>Medida de resistencia de puesta a tierra</i> .....	18
Tabla 4. <i>Medida de continuidad (tierras - neutros)</i> .....	19
Tabla 5. <i>No conformidades encontradas, basadas en el reglamento RETIE y la NTC 2050</i> .....	19
Tabla 6. <i>Lista de chequeo o instalaciones uso final</i> .....	25
Tabla 7. <i>Medidas generales resistencia de aislamiento entre fases</i> .....	45
Tabla 8. <i>Medidas generales de continuidad tierra – neutros</i> .....	47
Tabla 9. <i>Medidas generales de resistencia de puesta a tierra</i> . .....	48
Tabla 10. <i>No inconformidades documentales y/o constructivas</i> .....	49
Tabla 11. <i>Resultados modelo de las capas del terreno</i> .....	64
Tabla 12. <i>Medidas generales de resistividad del suelo</i> .....	67
Tabla 13. <i>Características nominales del transformador</i> .....	69
Tabla 14. <i>Niveles de cortocircuito</i> .....	69
Tabla 15. <i>Datos en la barra de la subestación del O.R</i> .....	70
Tabla 16. <i>Calibre y longitud de los conductores desde la subestación del O;R hasta el punto de conexión</i> . .....	70
Tabla 17. <i>Datos de entrada al programa</i> .....	78
Tabla 18. <i>Cuadro de cargas laboratorio térmico</i> .....	86
Tabla 19. <i>Cuadro de cargas laboratorio de fundición</i> .....	87
Tabla 20. <i>Cuadro de cargas laboratorio de arenas</i> .....	88
Tabla 21. <i>Cuadro de cargas Materialografía y microscopios</i> .....	89
Tabla 22. <i>Tablero general (Barraje general)</i> .....	90
Tabla 23. <i>Cargas tablero de distribución</i> .....	92
Tabla 24. <i>Tabla acometida del transformador</i> .....	93
Tabla 25. <i>Coordinación de protecciones</i> .....	96
Tabla 26. <i>Referencia de fusibles de acuerdo a la cargabilidad del transformador</i> .....	97
Tabla 27. <i>Segmentación</i> .....	115

Tabla 28. <i>Potencial, intensidad y densidad de corriente de los conductores</i> .....	116
Tabla 29. <i>Potencial y tensión de contacto y paso en los puntos de la malla</i> .....	117
Tabla 30. <i>Resistencias propias y mutuas entre segmentos en ohmios</i> .....	119
Tabla 31. <i>Sistema de ecuaciones e intensidad de corriente</i> .....	120
Tabla 32. <i>Gramos de soldadura de acuerdo al tipo de unión y calibre de conductores</i> .....	131

**Lista de Anexos****Pág.**

Anexo A. Registro fotográfico de las no conformidades encontradas en la inspección RETIE.	111
Anexo B. Informe de resultados del sistema de puesta a tierra .....	112
Anexo C. Gráficos .....	121
Anexo D. Guía para soldaduras .....	131
Anexo E. Tipos de uniones.....	132
Anexo F. Guía gráfica de instalaciones .....	135
Anexo G. Barra equipotencial de tierras .....	136
Anexo H. Plano 1. Sistema eléctrico bloque 19 Materialografía .....	138

## Lista de abreviaturas

**ANSI:** American National Standards Institute (Instituto Americano de Estándares Nacionales).

**ATP:** Alternative Transient Program (Programa transitorio alternativo)

**AWG:** American wire gauge (Calibre de cable americano).

**CYMGRD:** Programa de análisis y diseño de redes de puesta a tierra de subestaciones.

**GPR:** Ground Potential Rise (Subida potencial de tierra).

**IEEE:** Intitute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica).

**NEMA:** National Electrical Manufacturers Association (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos).

**NTC:** Norma técnica Colombiana.

**O.R:** Operador de red.

**RETIE:** Reglamento tecnico de instalaciones electricas.

**SPT:** Sistema de puesta a tierra.

**T:** Tableros.



## **Resumen**

### **DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL BLOQUE DE MATERIALOGRAFÍA EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**BARBOSA BARRERA EDWIN ARBEY**  
**BARBOSA BARRERA JAIRO ALBERTO**  
**GARCÍA HOLGUÍN JOSÉ MANUEL**

La motivación de este trabajo nace después de realizar una actividad académica de trabajo final propuesto por el profesor de la materia redes I, basado en realizar una inspección visual al sistema eléctrico bajo la normatividad RETIE en el bloque 19 de Materialografía de la institución Universitaria Pascual Bravo; resultados que no fueron favorables en términos de cumplimiento de normas.

La primera etapa se enfocó en la elaboración de un diagnóstico completo y detallado, se realizaron mediciones con equipos de medida en todas las cargas eléctricas conectadas en el bloque, examinando con detalle el estado en que se encontraban, cotejando el cumplimiento del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). El tablero principal tiene 2 barrajes, uno primario con 6 circuitos y uno secundario con 30 circuitos.

En segundo lugar, se llevó a cabo el diseño de un sistema eléctrico; se hizo con base a los equipos eléctricos existentes, en el que se distribuyó de una manera balanceada las cargas de los 36 circuitos eléctricos graficados en el diagrama unifilar, ubicado en el plano N°1; se realizó los cuadros de cargas correspondientes a cada laboratorio ubicados dentro del bloque 19. Se calculó la caída de tensión trifásica calibre. Se calculó la cargabilidad del transformador. Se realizó un diseño nuevo del sistema de puesta a tierra exterior para el bloque. Todos los cálculos se hicieron cumpliendo

las normas del Reglamento Técnico de las Instalaciones Eléctricas (RETIE) vigente y el código eléctrico colombiano NTC 2050.

Finalmente, las conclusiones destacan los hallazgos más significativos en los ciclos de proyecto y las recomendaciones se orientaron resaltando la importancia de continuar realizando actividades y trabajos como este, que promueven la investigación y el desarrollo personal e institucional.

*Palabras clave: Diagnóstico, diseño eléctrico, Materialografía, normas, instalaciones eléctricas, circuitos*

**Abstract.****DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL BLOQUE DE MATERIALOGRAFÍA EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**BARBOSA BARRERA EDWIN ARBEY**  
**BARBOSA BARRERA JAIRO ALBERTO**  
**GARCÍA HOLGUÍN JOSÉ MANUEL**

The motivation for this work was born after carrying out an academic activity of final work proposed by the teacher of the subject networks I, based on performing a visual inspection of the electrical system under RETIE regulations in block 19 of materialography of the Pascual Bravo University; results that were not favorable in terms of compliance with standards.

The first stage focused on the elaboration of a complete and detailed diagnosis, measurements were made with measuring equipment in all the electrical loads connected in the block, examining in detail the state in which they were, checking compliance with the technical regulation of facilities electrical (RETIE). The main board has 2 barrages, a primary one with 6 circuits and a secondary one with 30 circuits.

Secondly, the design of an electrical system was carried out based on the existing electrical equipment, in which the loads of the 36 electric circuits plotted in the single-line diagram, located in the plane, were distributed in a balanced manner. No.1; the load charts corresponding to each laboratory located within block 19 were made. The three-phase voltage drop caliber was calculated. The chargeability of the transformer was calculated. A new design of the external grounding system for the block was made. All calculations were made in compliance with the regulations of the Technical Regulation of Electrical Installations (RETIE) in force and the Colombian electric code NTC 2050.

Finally, the conclusions highlight the most significant findings in the project cycles and the recommendations were oriented highlighting the importance of continuing to carry out activities and works such as this, which promote research and personal and institutional development.

*Keywords: Diagnosis, electrical design, materialography, norms, technical regulation of electrical installations. Circuit.*

## Glosario.

**Aviso de seguridad:** Advertencia de prevención o actuación, fácilmente visible, utilizada con el propósito de informar, exigir, restringir o prohibir una actuación.

**Barraje:** Barra de cobre o conductor de sección equivalente, al cual pueden conectarse separadamente varios circuitos eléctricos.

**Circuito:** Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorriente. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos.

**Especificación técnica:** Documento que establece características técnicas mínimas de un producto o servicio.

**Impacto ambiental:** Acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio ambiente o en alguno de los componentes del mismo.

**Norma:** Documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

**Norma Técnica Colombiana (NTC):** Norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.

**Persona calificada:** Persona natural que, en virtud de certificados expedidos por entidades competentes, títulos académicos o experiencia, demuestre su formación profesional en electrotecnia y riesgos asociados a la electricidad, ya demás cuente con matrícula profesional vigente que lo acredite para el ejercicio de la profesión.

**Plano:** Representación a escala en una superficie.

**Reglamento Técnico:** Documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria.

**Símbolo:** Imagen o signo que describe una unidad, magnitud o situación determinada y que se utiliza como forma convencional de entendimiento colectivo.

**Sistema:** Conjunto de componentes interrelacionados e interactuantes para llevar a cabo una misión conjunta. Admite ciertos elementos de entrada y produce ciertos elementos de salida en un proceso organizado.

**Sobretensión:** Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

**Tablero:** Encerramiento metálico o no metálico donde se alojan elementos tales como aparatos de corte, control, medición, dispositivos de protección, barrajes, para efectos de este reglamento es equivalente a panel, armario o cuadro.

**Tensión de contacto:** Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.

**Tensión de paso:** Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (aproximadamente un metro).

## **Introducción.**

En el marco del desarrollo y crecimiento de la Institución universitaria Pascual Bravo, para el año 2017 recibió 2.226 alumnos nuevos y amplió su cobertura a 5.625 estudiantes. Las inversiones en infraestructura física contemplaron la culminación de las obras del bloque académico, así como la modernización de los laboratorios y talleres institucionales que demandaron una inversión cercana a los \$15 mil millones, a esto se suma una inversión en maquinaria y equipos de \$3.500 millones y 3.000 millones en infraestructura tecnológica; con el fin de continuar en la senda de mejoras se propuso “diseñar un sistema eléctrico para el bloque de materialografía” cuyo objetivo fue analizar el mejoramiento del sistema eléctrico existente, buscando optimizarlo al 100% aplicando la normatividad vigente, cumpliendo con las especificaciones del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) y el código colombiano NTC 2050. Este trabajo se desarrolló para beneficiar a más de 1.500 estudiantes que realizan sus estudios y prácticas en el bloque cada semestre y una planta de aproximadamente 25 docentes. (PASCUAL BRAVO, 2018)

Colombia a lo largo de su historia, especialmente entre los años 80 y 90's tuvo una gran crisis energética debido a la precaria infraestructura eléctrica que tenía. Como resultado de estas crisis, agravadas por el racionamiento de energía que sufrió el país en 1992, se expedieron varias normas tendientes a reestructurar el sector, las cuales estuvieron enmarcadas por las reformas Constitucional y del Estado realizadas a comienzos de la década de los noventas. Dentro de estas normas se destacan el Decreto 700 de 1992, la Ley Eléctrica (Ley 143 de 1994) y la Ley de Servicios Públicos (Ley 142 de 1994), las cuales crearon las bases para la transformación del sector eléctrico. En 2005, el 87% de la población colombiana ya tenía acceso a la energía eléctrica, aunque la cobertura era inferior al promedio de 95% para Latinoamérica. Y para el 2017 en Colombia, la cobertura eléctrica subió 99,72% por ciento en áreas urbanas y 87,83% por ciento en áreas rurales. Lo que ha hecho que la demanda de energía en el país suba año tras año; en el 2008 fue de 53.870GWh con un aumento de demanda de 1,6%, en el 2009: 54.679GWh con aumento de demanda del 1.8%, en 2010: 56.148GWh con un aumento de demanda del 2,7%.

Para el año 2017 la compañía XM, filial de Interconexión Eléctrica, ISA, reveló que en este año se registró un aumento de la demanda de energía de un 1,3%. Este dato es mayor que el presentado en 2016, cuando el consumo decreció un 0,2%, con una proyección de consumo anual de 70.097 GWh. En 2 décadas Colombia paso de ser un país con una infraestructura energética mala a tener una infraestructura optima que le permitió nivelarse e incluso superar algunos países de la región en cobertura y en generación hidroeléctrica, siendo Antioquia el departamento que más contribuye a la generación de energía eléctrica del país con un 30%, capacidad hidroeléctrica superior a 5.585 MW y un crecimiento del 4.2%. (Melo & Espinosa, 2005) (CODENSA, 2014) (MINMINAS, SECTOR ENERGÍA ELÉCTRICA, 2018) (dataiFX, 2017) (MINMINAS, Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia, 2017) (TIEMPO & Mercado, 2018)

La Institución Universitaria Pascual Bravo no es ajena a esta realidad de renovación y mejoramiento continuo; teniendo en cuenta lo anterior se buscó evaluar el sistema eléctrico del bloque 19 de materialografía, identificando las falencias en el nivel de cumplimiento del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) para proponer un plan de mejora al servicio.

En 2007, el Ministerio de Educación Nacional, mediante Resolución número 1237 del 16 de marzo de 2007, avaló la transformación del Instituto Tecnológico Pascual Bravo a Institución Universitaria, Desde entonces la institución Pascualina viene trabajando en una senda de ampliación del campus, realizando la construcción de modernas estructuras, como el CIS, la biblioteca y el auditorio que fueron entregadas por la alcaldía de Medellín en el 2008. (PASCUAL BRAVO, 2018)

Luego, gracias al Plan Estratégico de Desarrollo institucional 2011-2020 que fue financiado por el Ministerio de Educación Nacional, para el año 2013 entregó obras de modernización del campus por valor de 2.500 millones. Para el 2014 se inicia la construcción de un nuevo bloque académico (bloque 3B), en el marco de la Ciudadela Universitaria Pedro Nel Gómez (CUPNG), convirtiéndose en el primer edificio que posee una red de distribución en media tensión canalizada de forma subterránea y una instalación eléctrica con estándares de calidad y



eficiencia más ajustados que dan cumplimiento con la norma RETIE. El edificio tiene siete pisos, un ascensor panorámico, aulas de clase con capacidad para 4.500 estudiantes, salas de profesores, oficinas, unidades sanitarias, una rampa para personas en situación de discapacidad, plazoleta y amplios espacios destinados para el estudio y el bienestar de estudiantes y docentes. (PASCUAL BRAVO, 2018) (PASCUAL BRAVO, 2014)

A partir del primer semestre del año 2016 gracias a los planes y programas de inversión se iniciaron reformas en el sistema eléctrico y reestructuraciones físicas en varios bloques y talleres, dentro de los que se encuentran: El bloque 4 “Laboratorio de investigación y diagnóstico automotriz-lida”, el bloque 5 “Centro de investigación y desarrollo en nanotecnología y tic-cienti”, el bloque 9 “Laboratorio de dibujo técnico y diseño asistido por computador”, bloque 10 “Procesos eléctricos”, bloque 11 “Taller de mecánica automotriz” y el bloque 12 “Centro de investigación y desarrollo en proceso de energía eléctrica”; lo que conlleva a mejorar la acreditación de la institución educativa, el escenario ambiental, las condiciones en el proceso enseñanza-aprendizaje, mejor desarrollo de las capacidades y subir los estándares de la calidad en la educación. (PASCUAL BRAVO, 2016)

Atendiendo la necesidad de solucionar las fallencias existentes en el sistema eléctrico del bloque 19 de materialografía de la Institución Universitaria Pascual Bravo, iniciativa adoptada al identificar las fallas cuando se realizó un trabajo final propuesto por el profesor en la materia Redes I, basado en una inspección al sistema eléctrico del bloque bajo la reglamentación técnica de instalaciones eléctricas (RETIE), donde se detectó la inadecuada distribución de varios circuitos y cargas eléctricas, la inapropiada selección de las protecciones y del cableado eléctrico, en donde no fue considerada la normatividad vigente establecida en el Código Eléctrico Nacional NTC 2050 para su instalación.

En consecuencia, se optó por realizar un diagnóstico inicial que permitiera mostrar un panorama más amplio y preciso de las condiciones actuales de todo el sistema eléctrico del bloque. Para resolver las novedades encontradas en el diagnóstico previo, una alternativa fue diseñar un sistema eléctrico para el bloque universitario que cumpliera con las especificaciones que rige el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) vigente.

## **1. Planteamiento del problema.**

El mantener los sistemas eléctricos en buenas condiciones en cualquier área, sea residencial, industrial o comercial es pieza fundamental para alcanzar mejores beneficios, permitiendo mayor productividad en los procesos, mejora el rendimiento de los equipos, ahorra considerable, sumas de dinero y disminuye el consumo de energía. Después de realizar una actividad académica de tipo eléctrico - investigativo en el bloque 19 de materialografía en la Institución Universitaria Pascual Bravo; se detectó las regulares condiciones en las que se encuentra el sistema eléctrico, tanto operativas como de seguridad, en donde se pudo notar falencias que van en contra vía de la normatividad vigente establecida en el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) y el Código Eléctrico Nacional NTC 2050.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone como realizar varias actividades en pro del beneficio para dicho bloque y por consiguiente para el campus. Inicialmente se procede hacer un diagnóstico inicial que permita mostrar un panorama más amplio y preciso de las condiciones actuales de todo el sistema eléctrico del bloque, de lo que cumple y especialmente de los elementos que no cumplen, dicha inspección bajo la normatividad actual; luego, teniendo presente y de forma más acertada un balance del entorno vulnerable en que se encuentra, ideal para que se presenten caídas de tensión e incluso secciones que se quedan sin suministro del servicio eléctrico por sobrecargas, entre otras; como alternativa inmediata para resolver las novedades encontradas es diseñar un sistema eléctrico para el bloque universitario que cumpla con las especificaciones que rige el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). Se tendrían ventajas como: Un aumento en la calidad del servicio, disminución en los casos de fallas eléctricas, facilidad en la operación de los sistemas, mejora las condiciones de seguridad para los usuarios, menor índice de interrupciones. Además, en el área documental se mejoraría la falta de planos, diagramas unifilares y escasa información eléctrica con la que cuenta el mismo bloque y la oficina de planeación del plantel.

Considerando lo antes expuesto, cabe resaltar la importancia que tiene la aplicación correcta de la normatividad existente, que contribuye a la disminución de costos monetarios, daños y pérdidas técnicas de energía y a una mejor utilización de los recursos de la institución.

## 2. Justificación.

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) fue creado por el Decreto 18039 de 2004, del Ministerio de Minas y Energía. El objetivo de este reglamento es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminado los riesgos de origen eléctrico. (MINMINAS, Ministerio de minas y energía, 2018)

Para resolver las falencias técnicas y los riesgos asociados del sistema eléctrico del bloque 19 de materialografía, se realizaron 2 diseños; en materia de seguridad, un diseño nuevo del sistema de puesta a tierra de 4 electrodos a una profundidad de 1.50 metros cada uno y una separación de 3 metros entre ellos; su objetivo principal será conducir a la tierra todas corrientes de fuga, proteger todos los equipos del sistema eléctrico, la infraestructura del bloque y especialmente, salvaguardará la vida de las personas. Y en materia estructural se realizó el diseño de un sistema eléctrico, con los cálculos adecuados de cargabilidad. Este proyecto presenta como ventaja una adecuada distribución de las cargas, continuidad del servicio y protección.

Los beneficios de los diseños presentados se enfocan en la confiabilidad de los sistemas, continuidad y optimización en la calidad del servicio. Buscando la disminución de fallas eléctricas por sobrecorriente, y mitigar al máximo las tensiones de toque, tensiones de paso presentadas por situaciones atmosféricas o cortocircuitos.

Los diseños buscan mejorar la dotación eléctrica de las infraestructuras, proteger a todas y cada una de las personas que tienen un vínculo directo o indirecto en el bloque, mejorar el ambiente y la calidad de vida estudiantil, garantizar el cumplimiento de la normatividad vigente.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general.**

Evaluar el sistema eléctrico del bloque de materialografía en la institución universitaria Pascual Bravo, identificando el nivel de cumplimiento del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) para proponer un plan de mejora al servicio.

#### **3.2 Objetivos específicos.**

- Diagnosticar el estado actual de las instalaciones eléctricas del bloque de materialografía de la institución universitaria Pascual Bravo mediante una inspección técnica, bajo el criterio RETIE para identificar el grado de cumplimiento de la normatividad.
- Elaborar un diseño del sistema eléctrico bajo el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), incluyendo cálculos de cargas, calibres de los conductores y protecciones correspondientes para cumplir los estándares que exige la norma.
- Entregar informe y recomendaciones a las directivas de la institución, demostrando la viabilidad del proyecto para mejorar las condiciones técnicas del bloque.

## 4. Marco teórico.

### 4.1 Diagnóstico.

El método previo para realizar un estudio es de vital importancia, su objetivo principal es brindar resultados que se arrojan después de una evaluación o análisis sobre un determinado ámbito u objeto. El diagnóstico tiene como propósito reflejar la situación actual de un sistema, permitiendo valorar para que luego se proceda a realizar una acción, tratamiento o cambios orientados a resolver los problemas o cubrir necesidades que se hayan detectado. (MX., 2013)

**4.1.1 Diseño eléctrico.** Es una representación gráfica de una instalación eléctrica o parte de ella, en la que queda definido cada uno de los componentes de la instalación y la interconexión entre ellos. (Molina Amaya, 1982).

**4.2. Sistema eléctrico.** Aplica al conjunto de elementos eléctricos que lleva por medio de un conductor la electricidad, desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo; esta interconexión de dos o más componentes que contiene una trayectoria cerrada es llamada circuito eléctrico. (Tosatado, 2008)

**4.2.1. Características de un sistema eléctrico.** Todo sistema eléctrico está formado por una fuente, conductores (cables) y un receptor que transforma la electricidad en otra forma de energía que realiza un trabajo, como la energía lumínica o luz, energía mecánica y energía térmica. (MONOGRAFIAS, 2018)

**4.2.2. Componentes de un circuito eléctrico.** Un circuito eléctrico está compuesto por los siguientes elementos:

- Fuente de tensión, unidad de medida en voltios (V).
- Intensidad de corriente, unidad de medida en amperios (A).
- Resistencia eléctrica, unidad de medida en ohmios ( $\Omega$ ).
- Elementos de protección eléctrica y control.
- Conductor eléctrico. (Huertas Montes, 2018)

**4.2.3. Fuente de tensión.** Es un elemento activo capaz de generar una diferencia de potencial entre sus extremos para proporcionar una corriente eléctrica para que otros circuitos funcionen. (Ferro, 2017)

**4.2.4. Conductores eléctricos.** Es un material que normalmente está hecho de metales o aleaciones de estos (oro, plata, cobre, aluminio, hierro...etc.) que ofrecen poca resistencia permitiendo el paso de la corriente eléctrica de un lugar a otro. (PROCOBRE, 2014)

**4.2.5. Intensidad de corriente.** Es el flujo (cantidad) de electrones que pasan por un conductor eléctrico. (TECNOKENT, 2017)

**4.2.6. Electrón.** Es una de las partículas que compone un átomo que tiene carga negativamente. (Middleschoolchemistry, 2018)

**4.2.7. Resistencia eléctrica.** Es la oposición que presenta un conductor al paso de la corriente eléctrica. (Acomee, 2018)

**4.2.8. Elementos de protección eléctrica.** Son dispositivos que protegen al circuito de sobrecargas de tensión y cortocircuitos. (schneiderelectric, 2018)

**4.2.9. Tipos de elementos de protección.** Fusibles, Interruptor magneto térmico, interruptor diferencial, ICP (interruptor de control de potencia), sistema de puesta a tierra, pararrayos. (edu, 2018)

**4.2.10. Fusible.** Es un dispositivo de protección eléctrico que corta el paso de la energía eléctrica cuando se presenta una sobrecorriente en el circuito. (FUSIBLES.CL, 2018)

**4.2.11. Interruptor magnético térmico.** Es un dispositivo de protección eléctrico que corta el paso de la energía eléctrica bajo 2 circunstancias, la parte térmica actúa cuando se presentan sobrecargas en el circuito y la parte magnética cuando se presenta un corto. (MANCEDO, 2018)

**4.2.12. Sistema de puesta a tierra.** Es el grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa; se utiliza enterrando un electrodo en el suelo a cierta profundidad, que va conectado al sistema eléctrico y al chasis de los aparatos metálicos con el fin de dirigir corrientes de falla, corto circuitos y descargas atmosféricas, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad, actuando como mecanismo de seguridad. (TEMESA, 2018).

**4.2.13. Pararrayos.** Es un aparato de protección eléctrica que normalmente se instala en lo alto de la infraestructura eléctrica o edificios, que recibe las descargas atmosféricas (rayos) y por medio de una barra que tiene que está conectada con la tierra, le facilita el paso y conduce directo a la tierra para que no genere daños a los aparatos eléctricos, a la estructura, ni a la vida humana, ni animal. (at3w, 2018)

**4.2.14. Tipos de materiales conductores.** Son los siguientes en orden de mejores a peores conductores: Platino, plata, cobre, oro, aluminio, zinc, hierro, plomo, mercurio, nicrón, níquel. Aleaciones: el nicrón (níquel + cromo), el constantán (cobre + níquel), el ferroníquel (hierro + níquel). (Ureña González, 2018)

**4.2.15. Elementos de un sistema eléctrico.** Se dividen en 2 tipos, elementos activos y elementos pasivos. Los elementos activos son los que transforman una energía cualquiera en energía eléctrica y los elementos pasivos son cuando almacenan, ceden o disipan la energía que reciben. Se refiere a las resistencias, bobinas y condensadores. (Correia, 2016)

**4.2.16. Clases de sistemas eléctricos.** Los sistemas eléctricos manejan varias clases de circuitos, los más comunes son: Circuito en serie, que manejan una misma corriente para todos los elementos que lo compongan, se reparte el voltaje y dispone de un solo camino para el paso corriente eléctrica; circuito en paralelo, que es el más utilizado, el voltaje es el mismo para los elementos, en este se reparte la corriente en dichos elementos y dispone de varios caminos para el paso de la corriente eléctrica; y circuitos mixtos (serie y paralelo) que se compone y cuenta con la característica de ambos. (CEAC, 2018)

**4.2.17. Clases de Leyes Eléctricas.** La electricidad tiene varias leyes fundamentales: Ley de ohm, ley de watt, ley de coulomb, ley de Kirchhoff, ley de mallas o voltaje, ley de joule.  
(conbotassucias, wordpress, 2011)



## 5. Metodología.

### 5.1. Tipo de proyecto.

Este proyecto brindara una propuesta de solución y mejoramiento de acuerdo a las metas planteadas. Por lo tanto, es un proyecto modelo que entregara como producto “Diagnostico y diseño de un sistema eléctrico para el bloque de materialografía en la Institución Universitaria Pascual Bravo”

### 5.2. Método.

Para realizar el diagnóstico del estado actual de las instalaciones eléctricas del bloque de materialografía, se empleará como método la revisión de las instalaciones directamente en el sitio. Se utilizará una lista de chequeo ajustada al procedimiento de inspección contiendo los ítems considerados en el RETIE. (Tabla N° 1).

Tabla 1.

*Lista de chequeo – instalaciones uso final.*

LISTA DE CHEQUEO INSTALACIONES USO FINAL					
FECHA DE INSPECCIÓN:			LUGAR:		
ÍTEM	RETIE/ NTC	REQUISITOS GENERALES DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS	N/A	CUMPLE	
				SI	NO

Fuente: Diseño de Jairo Alberto Barbosa Barrera

Se chequearán las medidas de resistividad de aislamiento entre fases, se relacionarán de acuerdo a la Tabla N°2. Dichas medidas se realizarán con un telurómetro marca METREL, referencia MI2088.

Tabla 2.  
*Medida de resistencia*

MEDIDA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO ENTRE FASES							
LUGAR:							
Fecha:				Equipo:			
Registro de Medidas							
Tablero/Circuito	Medida de Aislamiento (Mega Ohmios - MΩ)						CUMPLE
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L1-T	L2-T	L3-T	

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

Se tomarán medidas de resistividad de puesta a tierra, los datos recopilados se relacionarán los datos recopilados en la Tabla N°3. Dichas medidas serán con un telurómetro marca METREL, referencia MI2088.

Tabla 3.  
*Medida de resistencia de puesta a tierra*

MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA					
LUGAR:					
Fecha:			Equipo:		
Metodo empleado:			Equipo:		
Condiciones Generales de los Conductores					
Soldadura	Conector	Malla	Un Electrodo	Calibre conductor SPT	
Registro de Medidas					
SPT correspondiente a	Mediciones	Distancia Aux Corriente (m)	Distancia X (Aux Tens)	Valor Medido (Ohmios)	Cumple

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

Se tomarán medidas de continuidad entre tierras y neutros del gabinete principal, se relacionarán los datos recopilados en la Tabla N°4. Dichas medidas serán con un telurómetro marca METREL, referencia MI2088.

Tabla 4.

*Medida de continuidad (tierras - neutros).*

<b>MEDIDA DE CONTINUIDAD (TIERRAS - NEUTROS)</b>		
<b>LUGAR:</b>		
<b>Fecha:</b>	<b>Equipo:</b>	
<b>Registro de Medidas</b>		
<b>Componentes de Medición</b>	<b>Valor Medido en <math>\Omega</math> (Ohmios)</b>	<b>Cumple</b>

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

Se relacionarán en la tabla N°5, las no conformidades encontradas basadas en la norma RETIE y la NTC 2050.

Tabla 5.

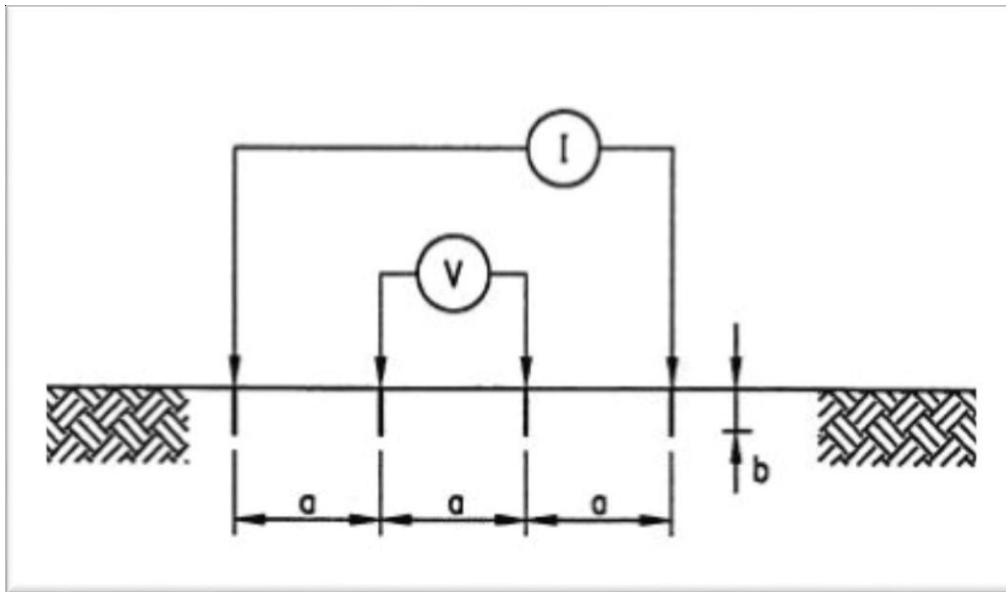
*No conformidades encontradas, basadas en el reglamento RETIE y la NTC 2050.*

<b>NO CONFORMIDADES DOCUMENTALES Y/O CONSTRUCTIVAS</b>			
<b>FECHA:</b>		<b>LUGAR:</b>	
<b># No Conformidad</b>	<b>DESCRIPCIÓN NO CONFORMIDADES DOCUMENTALES Y/O CONSTRUCTIVAS (RESPECTO AL RETIE Y NTC 2050)</b>	<b>Requisito RETIE y/o NTC 2050</b>	<b>Item Lista de Chequeo</b>

Fuente: diseño José Manuel García Holguín

Se verificará la malla de puesta a tierra del bloque en general, en caso tal que esta no cumpla con la normatividad, se realizará un diseño de sistema de puesta a tierra. Para realizar las medidas de resistividad se empleará el método de Wenner, recomendado por la norma ANSI/IEEE Std 81” IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System” y el artículo 15 numeral 15.5 del RETIE “Mediciones para sistemas de puesta a tierra”.

En el método de Wenner, los electrodos se disponen en línea recta espaciados uniformemente y la resistividad aparente del suelo a una profundidad dada es la resistividad medida para un espaciamiento entre electrodos igual a dicha profundidad. En la Figura 1. Se muestra el esquema de conexión.



*Figura 1.* Método de Medición Wenner  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Se utilizará el programa CYMGRD para realizar análisis, cálculos, modelos y simulaciones; el programa funciona conforme a la norma IEEE 80TM 2000, IEEE 81TM 1983, IEEE 837TM 2000 y el programa ATP.

### 5.3. Técnica.

En la elaboración del diseño del sistema eléctrico, se desarrollará bajo el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) y el código eléctrico colombiano NTC 2050.

Se iniciará con el levantamiento y elaboración del diagrama unifilar del tablero eléctrico principal, de acuerdo a la norma CTS 602 “Convenciones para diagramas unificables de redes de distribución” y la norma AE 201 “Diagramas unificables para acometidas alimentadas de la red (baja tensión)”, conteniendo la siguiente información:

- Transformador: Potencia en kVA, tensión de entrada, tensión de salida, frecuencia.
- Instrumento de medición: Tipo de medidor, marca y serie, rango de medida.
- Transformadores de corriente: Relación de transformación y cantidad.
- Tableros eléctricos: Capacidad del interruptor (Amperios), calibre de los conductores, número de hilos, capacidad de corriente de la barra, capacidad de corriente de cortocircuito. Identificación de circuitos.

El diseño eléctrico se realizará teniendo en cuenta el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, el Código Eléctrico Nacional - NTC 2050 y las recomendaciones aplicables de normas internacionales tales como, NEC, NEMA, ANSI, IEEE etc. Adicionalmente se considerarán las recomendaciones de diferentes manuales y textos especializados y recomendaciones de la práctica de ingeniería.

En el diseño se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Seguridad:** Para preservar la vida humana y la de la propiedad, se debe adecuar un buen sistema de puesta a tierra para evitar las tensiones de paso y de contacto. Los elementos

eléctricos tales como conductores, cajas, canalizaciones y equipos deben estar adecuadamente seleccionados cumpliendo con los criterios establecidos por la norma correspondiente o aplicable en cada caso. Se debe tener en cuenta los sistemas de protección de cada elemento de la instalación eléctrica.

- **Simplicidad en la operación:** La instalación eléctrica a implementar debe tener una configuración simple que se adapte a los requerimientos que se tengan y debe ser de fácil manejo y mantenimiento para operarios.
- **Regulación de tensión:** Se debe tener especial cuidado en mantener los niveles de voltaje adecuados en cada salida sea de iluminación, fuerza o salidas particulares cumpliendo con la máxima caída permisible para alimentadores y circuitos ramales según la NTC 2050.
- **Mantenimiento:** La configuración debe proveer facilidad a la hora de realizar el mantenimiento a la instalación y a los equipos.
- **Flexibilidad:** Es importante tener en cuenta este aspecto para este tipo de instalaciones eléctricas, ya que es muy probable un aumento de carga o un cambio en el arreglo de las máquinas. La elección de la carga instalada juega un papel importante, ya que hay que prever este aumento.
- **Costo inicial y de operación:** De acuerdo con lo anterior, se debe tener en cuenta que hay que hacer una adecuada selección de los equipos eléctricos para evitar costos en el futuro. Aun así, este crecimiento debe analizarse correctamente para evitar altos costos iniciales.
- Se elaborarán las memorias de cálculo de acuerdo al artículo 10.1 del RETIE 2014. Calibres de conductores, de acuerdo a la norma, sección 240 NTC 2050, capítulo 8 artículo 27 RETIE y protecciones correspondientes de acuerdo a la norma, capítulo 1, artículo 2 literal 2.4.1 RETIE; sección 210-19 NTC 2050 y libro CENTELSA “Regulación de tensión en instalaciones eléctricas”.

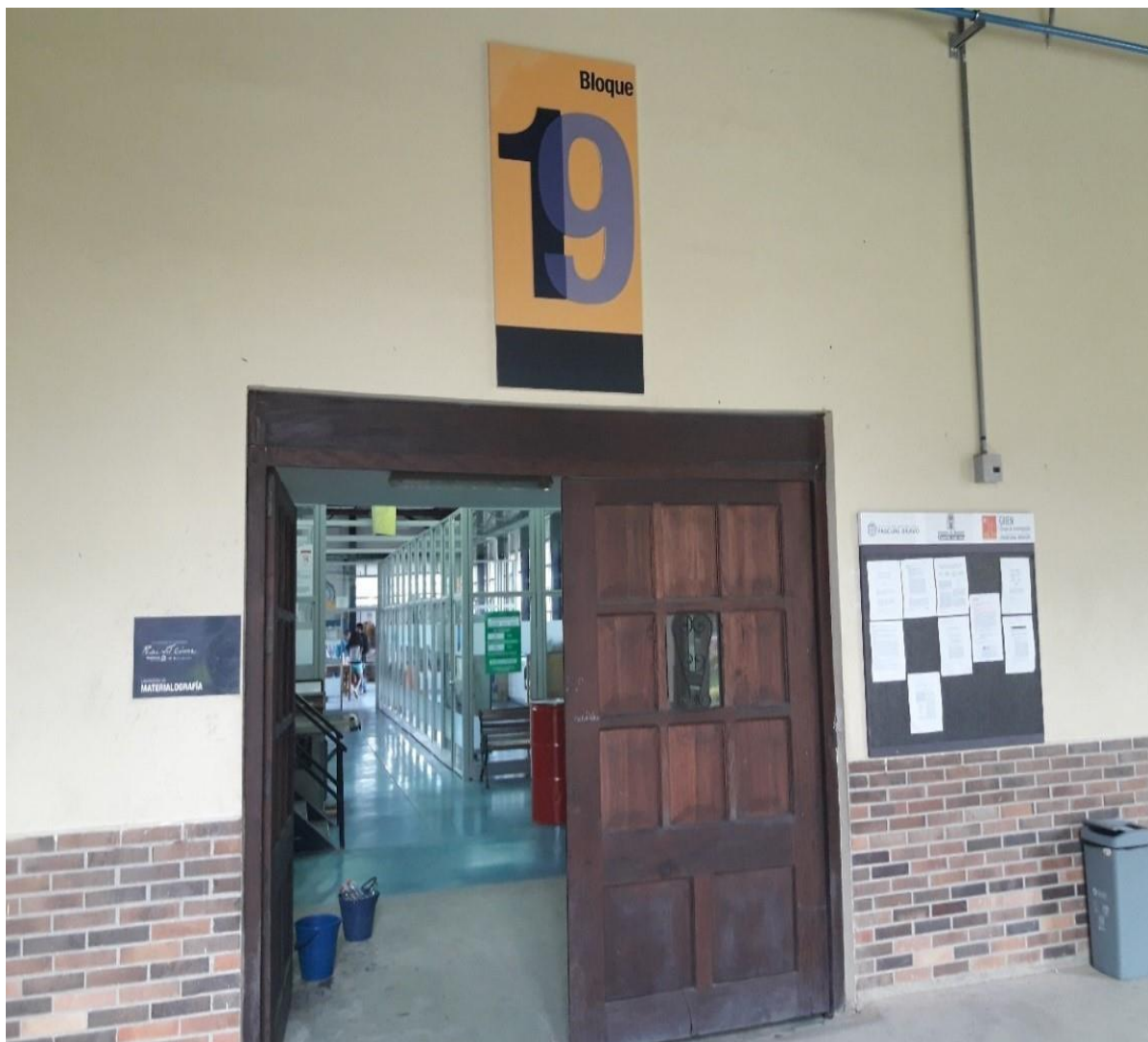
- Se utilizará el programa ATP para realizar cálculos y simulaciones.

#### **5.4. Informe.**

El escrito de este proyecto será un informe detallado de las actividades planteadas y del desarrollo de cada una de estas, Como resultado final de la información recopilada, mediciones y cálculos se materializarán los planos físicos respectivos; Además, se suministrarán en medio magnético.

## 6. Análisis y resultados.

Como se mencionó en el numeral 5.2 de la metodología de este trabajo, el diagnóstico se realiza directamente en el sitio (bloque 19 - Materialografía).



*Figura 2.* Bloque 19 de Materialografía  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Se realiza inspección utilizando lista de chequeo ajustada al procedimiento, conteniendo los ítems considerados en el RETIE, así como se mencionó en el numeral 5.2 de este trabajo,



Tabla 6.  
Lista de chequeo o instalaciones uso final

LISTA DE CHEQUEO INSTALACIONES USO FINAL					
FECHA DE INSPECCION: 23/05/2018			LUGAR: Bloque 19 de Materialografía - Institucion Universitaria Pascual Bravo		
ÍTEM	RETIE/ NTC	REQUISITOS GENERALES DE INSTALACIONES ELECTRICAS	N/A	CUMPLE	
				SI	NO
1	NTC 2050 Art. 110-12	Los equipos eléctricos se instalaron de manera limpia y profesional.			x
2	NTC 2050 Art. 110-13 (a.)	Los equipos eléctricos se instalaron firmemente a la superficie sobre la que van montados (anclados o montados).		x	
3	RETIE Núm.. 2.1	Instalación se encuentra finalmente construida		x	
4	NTC 2050 Art. 110-3 (b.)	Los productos eléctricos fueron instalados para fines exclusivos para los que fueron certificados.		x	
5	RETIE Núm.. 9.3	Se instalaron productos eléctricos con tal que no representen riesgos eléctricos.		x	
6	RETIE Núm.. 22.3 (c.)	La construcción no está construida en la zona de servidumbre de líneas de transmisión (se incluye parqueaderos, talleres o zonas para el desarrollo de actividades comerciales o recreacionales) según Tabla 22.1.		x	
7	NTC 2050 Art. 300-4	Los conductores eléctricos (acometida, alimentador o circuitos ramales) se encuentran debidamente protegidos contra daños físicos.			x
8	RETIE Núm.. 6.1.1	Se instaló símbolo de riesgo eléctrico en equipo			x

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa

ACOMETIDA					
9	RETIE Núm.. 20.23.1.4 (i.)	El armario de medida tiene el diagrama unifilar instalado y actualizado.			x
10	RETIE Núm.. 20.23.1.4 (a.)	El grado de protección o tipo de encerramiento del armario es el adecuado para el lugar de instalación.		x	
11	RETIE Núm.. 20.23.1.4	El armario de medida tiene indicado la siguiente información: a. Tensión(es) nominal(es) de operación. b. Corriente nominal de alimentación. c. Número de fases.		x	
12	RETIE Núm.. 27.3 (a.)	La acometida que atraviese vía vehicular cumple lo siguiente: - Los cables están sólidamente sujetos a la estructura de soporte de la red y a la edificación - La altura no es menor a 5,5 m o la que supere la altura máxima autorizada para vehículos que transiten en esavía  Si la altura de la edificación no permite lograr dicha altura se instaló tubería de acero galvanizado (intermedio o pesado), y si es necesario un poste o torrecilla que realce los conductores en el cruce - La tubería dispone de un capacete o elemento que impida la entrada de agua - El tubo o poste permite el anclaje de una percha o gancho de sujeción de los cables de acometida - El tubo está fijado mecánicamente con templetes, o apoyos debidamente empotrados que no generen riesgos de volcamiento o rotura.	x		
13	RETIE Núm.. 27.3 (a.)	La acometida que no cruce vía vehicular (se permite la derivación directa en cualquier parte del vano de la red) y se utilizaron conectores apropiados sin generar tensiones mecánicas en la red de uso general	x		
14	RETIE Núm.. 27.3 (e.)	La acometida esta correctamente instalada evitando que transporte agua		x	
15	RETIE Núm.. 27.3 (f.)	La acometida tiene empalmes sólo los aceptados o aprobados por el operador de red.	x		
16	RETIE Núm.. 27.3(b.)	El cable de la acometida aérea es antifraude o trenzado y certificado	x		
17	RETIE Núm.. 27.3(b.)	El calibre de acometida aérea no es menor a 10 AWG para instalaciones (1F) de potencia $\leq 3$ kVA	x		
18	RETIE Núm.. 27.3(b.)	El calibre de acometida aérea no es menor a 8 AWG para instalaciones (1F) de potencia entre 3 kVA y $\leq 10$ kVA.	x		
19	RETIE Núm.. 27.3(b.)	En el evento de utilizar conductores de aluminio grado eléctrico para la acometida aérea, estos son de serie AA8000 y la sección es de dos calibres mayores a la del conductor de cobre y se emplearon los conectores bimetálicos . El Operador de Red podrá aceptar otros tipos de cables aptos para acometidas, siempre que cumplan los requerimientos de la capacidad instalable, de uso a la intemperie y estén certificados.	x		
20	RETIE Núm.. 27.3(c.)	Se asegura que la regulación de tensión en la acometida no supere el 3%. En lugares con bajo nivel de fraude.		x	
21	RETIE Núm.. 27.3 (d.)	En la fachada no se existen conductores a la vista o incrustados directamente.	x		
22	RETIE Núm.. 27.3 (d.)	Los cables que lleguen a la caja del medidor son encerrados en tubería metálica incrustada.		x	
23	RETIE Núm.. 27.3 (d.)	En los lugares donde por limitaciones de los materiales de las paredes no se pueda hacer la incrustación, la canalización es certificada para intemperie y a prueba de impacto no menor al de la tubería metálica tipo intermedio. Se aceptarán cables a la vista sólo si el cable de la acometida es tipo concéntrico con cubierta XLPE o HDPE.		x	
24	RETIE Núm.. 27.3 (d.)	La acometida no presenta bucles que generen contaminación visual en la fachada.	x		
25	RETIE Núm.. 27.4	Los conductores neutro y puesta a tierra son independientes entre sí y se conectan con un puente equipotencial principal en el tablero general, donde está la protección principal, se conecta con la puesta tierra de la instalación.		x	
26	NTC 2050 Art. 230-31 (b)	Los conductores no poseen una sección transversal menor a (8 AWG) Cu o (6 AWG) Al Aluminio recubierto de cobre.		x	
27	NTC 2050 Art. 230-23 (a.) NTC 2050 Art. 230-31 (a.) NTC 2050 Art. 230-42 (a.)	Los conductores de acometida poseen la capacidad de corriente suficiente para transportar la corriente calculada de carga		x	
28	NTC 2050 Art. 230-40	La acometida aérea o subterránea sólo alimenta a un grupo de conductores de entrada de acometida.		x	

29	NTC 2050 Art. 230-43 NTC 2050 Art. 230-43 (d.)	Los conductores de acometida están instalados conforme a métodos de alambrado certificados y de modo seguro		x	
30	NTC 2050 Art. 230-46	Los conductores de entrada de acometida no presentan empalmes.		x	
31	NTC 2050 Art. 230-54 (a.)	La canalización de acometida esta equipada con capacete de acometida hermético a la lluvia.		x	
32	NTC 2050 Art. 230-54 (e.)	Los conductores de acometida de distinto potencial que entren en el capacete, lo hacen a través de aberturas independientes protegidas con pasacables.	x		
33	NTC 2050 Art. 230-54 (f.)	Se formo un bucle de goteo independiente en cada conductor.		x	
34	NTC 2050 Art. 230-55	Los conductores de acometida y su canalización terminan en la parte interior de una caja, armario o accesorio equivalente protegiendo eficazmente las partes metálicas energizadas.		x	
35	NTC 2050 Art. 230-54 (g.)	La acometida aérea se instaló de modo que el agua no entre en las canalizaciones o equipos.		x	
36	NTC 2050 Art. 230-52	Los conductores de acometida que entran a la edificio, lo hacen a través de pasacables en el tejado o a través de la pared con una inclinación hacia arriba a través de tubos aislantes individuales. Antes de entrar en los tubos se hace un bucle de goteo en los conductores.	x		
37	NTC 2050 Art. 230-53	Las canalizaciones de acometida expuestas a la intemperie por cuyo interior discurren conductores de entrada de acometida son herméticas a la lluvia y estar dispuestas de modo que se puedan drenar.		x	
38	RETIE Núm. 13.2	La acometida aérea cumple con Distancias mínimas de Seguridad para diferentes lugares y situaciones, donde la altura de los conductores respecto del piso o de la vía, como lo señalan las Figuras 13.2 y 13.3, no son menores a las establecidas en la Tabla 13.2, Ver Anexo B.	x		
39	NTC 2050 Art. 230-2 (a.)	El edificio u otra estructura a la que llegue la corriente eléctrica, posee sólo una acometida.		x	
40	NTC 2050 Art. 230-2 (b.)	Alimentadores y acometidas que llegan a la edificación se identificaron cada una con placa permanente.			x
41	NTC 2050 Art. 230-3	La acometida aérea no pasa a través del interior de otro edificio o estructura.	x		
42	NTC 2050 Art. 230-7	La acometida aérea no se instaló en la canalización con otros conductores.	x		
43	NTC 2050 Art. 230-8	La canalización de acometida subterránea, está sellada según el Artículo 300-5.		x	
44	NTC 2050 Art. 230-9 NTC 2050 Art. 230-24	La acometida aérea la vista están a una distancia no menor a 0,9 m de las ventanas que se puedan abrir (puertas, porches, balcones, escaleras, peldaños, salidas de incendio o similares). Los conductores aéreos de la acometida no son fácilmente accesibles	x		
45	NTC 2050 Art. 230-9	La acometida no pasa debajo de aberturas a través de las que se puedan pasar materiales.		x	
46	NTC 2050 Art. 230-22	La acometida aérea es de conductores certificados para ser usados a la intemperie.	x		
47	NTC 2050 Art. 230-24 (d.)	La acometida aérea no pasa sobre piscinas, ver NTC 2050 Sección 680-8	x		
48	NTC 2050 Art. 230-27	La acometida aérea esta sujeta firmemente a la edificación mediante herrajes.	x		
49	NTC 2050 Art. 230-30 NTC 2050 Art. 230-41	Los conductores subterráneos de entrada de acometida son aislados para la tensión correspondiente.		x	
50	NTC 2050 Art. 230-49	Los conductores subterráneos de entrada de acometida están protegidos contra daños físicos.		x	
51	NTC 2050 Art. 230-64	El equipo de acometida (armario) cumple espacio de trabajo según Artículo 110-16.		x	
52	NTC 2050 Art. 110-16 (f.)	El equipo de acometida (armario) cumple espacio dedicado.		x	
53	NTC 2050 Art. 230-65	El equipo de acometida es adecuado para la corriente de corto circuito.		x	
54	NTC 2050 Art. 230-66 NTC 2050 Art. 230-70 (b.)	El equipo de acometida esta rotulado para su identificación y todos los medios de desconexión.			x
55	NTC 2050 Art. 230-70	El equipo de acometida tiene un medio para desconectar todos los		x	
56	NTC 2050 Art. 230-77 NTC 2050 Art. 230-78	El medio de desconexión de la acometida indica claramente posición de abierto o cerrado y es fácilmente accesible (sin que el operador se exponga a contacto con partes energizadas).		x	

57	NTC 2050 Art. 230-82	No se conecta ningún equipo del lado de la red, antes del medio de desconexión de la acometida.		x	
58	NTC 2050 Art. 230-95	La protección contra falla a tierra de equipos se instala para acometidas eléctricas en estrella puestas a tierra sólidamente con una tensión a tierra superior a 150 V pero que no superen los 600 V entre fases para cada dispositivo de desconexión de la acometida de 1.000 A nominales o más.	x		
59	NTC 2050 Art. 230-202 (a.)	La acometida de más de 600V nominales, no de calibre menor a 6 AWG y en fases de varios hilos no menor a 8 AWG.	x		
60	NTC 2050 Art. 230-203	La acometida de más de 600V nominales, donde pase por ligares a personas no autorizadas se identifica sus tramos con avisos "Peligro, Alta tensión, Manténgase alejado".	x		
61	NTC 2050 Art. 230-200 NTC 2050 Art. 230-212	La acometida de más de 600V nominales, cumple con lo estipulado para aparte H de Art 230-200 a Art. 230-212	x		
62	NTC 2050 Art. 230-203	La acometida de más de 15000V nominales, entra a través de accesorios en armarios metálicos o de un cuarto de transformadores conforme a los requisitos de los Artículos 450-41 a 450-48.	x		
63	NTC 2050 Art. 230-70	El medio de desconexión de la acometida es fácilmente accesible.		x	
64	NTC 2050 Art. 230-72 (a)	Los medios de desconexión están rotulados indicando la carga a la cual alimentan.		x	
65	NTC 2050 Art. 230-74	Los medios de desconexión desconectan simultáneamente todos los conductores.		x	

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA					
66	NTC 2050 Art. 250-79	El calibre del conductor de Puente de conexión equipotencial Principal (PEP) es mayor o igual al estipulado en Tabla 250-94.		x	
67	NTC 2050 Art. 250-94	El calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra es mayor o igual al estipulado en Tabla 250-94.			x
68	NTC 2050 Art. 250-71 (a)	Las partes metálicas no portadoras del equipo de acometida se conectan equipotencialmente de forma eficaz al sistema de puesta a tierra.			x
69	NTC 2050 Art. 250-75 (a)	Las canalizaciones metálicas, bandejas de cables, blindajes de cables, armaduras de cables, encerramientos, marcos, accesorios y otras partes metálicas no portadoras de corriente y que puedan servir como conductores de puesta a tierra con o sin conductores suplementarios de puesta a tierra de equipos, están conectadas equipotencial y eficazmente.			x
70	RETIE Núm.. 20.12.2 a)	No se instalaron dos o más conectores o terminales en la misma bornera o al mismo tornillo.		x	
71	RETIE Núm.. 20.12.2 b)	Debido a las diferentes características del cobre y del aluminio, se usaron conectores o uniones a presión o terminales soldados y apropiados para el tipo de conductor e instalarse adecuadamente.	x		
72	RETIE Núm.. 20.12.2 c)	No se unieron terminales y conductores de materiales distintos, como cobre y aluminio, a menos que el dispositivo esté identificado y aprobado para esas condiciones de uso.		x	
73	RETIE Núm.. 20.12.2 d)	Si se utilizan materiales como soldadura, fundentes o compuestos, son los adecuados para el uso y de un tipo que no cause daño a los conductores, sus aislamientos, la instalación o a los equipos.		x	
74	RETIE Núm.. 20.12.2 e)	El uso de materiales retardantes, geles o inhibidores de corrosión asegura que no se comprometa la conductividad del empalme, conector o terminal y que la parte del conductor cercana a la unión no produzca corrosión, ni tampoco deterioro a las condiciones dieléctricas del aislamiento.	x		
75	RETIE Núm.. 15	Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación tienen una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general.			x
76	NTC 2050 Art. 250-83 (a)	No se usa como electrodo de puesta a tierra la instalación subterránea de tuberías metálicas de gas.		x	
77	RETIE Núm.. 15.3.1 (b.) Núm.. 15.3.1 (f.) Núm.. 15.3.1 (i.)	Se cumplieron las siguientes condiciones de instalación para electrodos: 1) No se empleo aluminio en los electrodos de las puestas a tierra 2) Longitud mínimo 2,4 m			x
78	NTC 2050-86	Para la puesta a tierra de los sistemas eléctricos y equipos no se utiliza la puesta a tierra de pararrayos. Esta disposición no impide la conexión equipotencial requerida de los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas.		x	
79	NTC 2050-86	El calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra para corriente continua CC cumple las siguientes condiciones: a) No es de calibre menor al del neutro b) No es de calibre menor al del conductor más grande. c) No es de calibre menor a (8 AWG).	x		
80	NTC 2050 Art. 250-115	Al electrodo de puesta a tierra no se le conecta más de un conductor con la misma abrazadera o herraje, excepto si la abrazadera o herraje están certificados para usarlos con varios conductores.			x
81	NTC 2050 Art. 250-118	Toda conexión del SPT es limpia (de cemento, pintura, laca o barnices) al igual que las de los equipos eléctricos.			x
82	NTC 2050 Art. 250-119	Los terminales de conexión de los conductores de puesta a tierra de los equipos se identifican por medio de tornillo terminal (pintado de verde) o por el símbolo. Aplica para todo equipos eléctrico.			x
83	NTC 2050 Art. 250-23 (b)	Cuando los conductores de fase de acometida se conecten en paralelo, el calibre del conductor puesto a tierra se selecciona sobre la base de una sección equivalente para conductores en paralelo.		x	

94	RETIE Núm.. 6.3	En sistemas con tensión superior a 380 V, adicional a los colores, se indicó en los tableros y en puntos accesibles de conductores, una leyenda con el aviso del nivel de tensión respectivo.			x
95	RETIE Núm.. 6.3	En ningún circuito no se utiliza el blanco ni el verde para las fases.			x
96	NTC 2050 Art. 110-16	Los espacios de trabajo alrededor del TD (menores a 600V) se cumplen, según Artículo 110-16.			x
97	NTC 2050 Art. 110-16 (f.)	Se respeta el espacio dedicado para el tablero eléctrico.			x
98	RETIE Núm.. 20.23.4 (q.)	Los conductores eléctricos no atraviesan barrajes.		x	
99	NTC 2050 Art. 110-16	Los espacios de trabajo alrededor del TD (mayores a 600V) se cumplen, según Artículo 110-34.	x		
100	RETIE Núm.. 20.23.4 (q.)	No se encuentran instalados tableros en paredes contiguas a escaleras.		x	
101	NTC 2050 Art. 110-16 (c)	El cuarto que contenga un equipo eléctrico de corriente nominal mayor a 1200 A y de ancho mayor a 1,8 m ,tiene una entrada de ancho mayor a 0,6 m y altura mayor a 1,9 m.	x		
102	RETIE Núm.. 15.3.3 (d.)	El conductor de puesta a tierra de equipos, acompaña los conductores activos durante todo su recorrido.	x		
103	RETIE Núm.. 20.5.2 (f.)	Las aberturas no utilizadas están cerradas eficazmente.			x
104	RETIE Núm.. 20.12.2 (a.)	Se utiliza como máximo un conector o terminal en la misma bornera o tornillo.			x
105	RETIE Núm.. 20.12.1	El conector esta instalado haciendo contacto completo superficial al barraje de tal forma que prevenga puntos calientes, arcos eléctricos o falsos contactos.		x	
106	RETIE Núm.. 20.23.1.1 (c.)	Los tableros de distribución solo son accesibles desde el frente del equipo.		x	
107	RETIE Núm.. 20.23.1.2 (f.)	El envolvente metálico del tablero se encuentra puesto a tierra.			x
108	RETIE Núm.. 20.23.1.3 (f.)	Los circuitos que componen el tablero cumplen con el código de colores.		x	
109	RETIE Núm.. 20.23.1.4	El TD tiene adherido el cuadro para identificar circuitos y símbolo riesgo eléctrico.			x
110	RETIE Núm.. 20.23.4 (c.)	En los tableros con sistema de instalación tipo Riel DIN no se supera el nivel de ocupación definido por el productor.	x		
111	RETIE Núm.. 20.23.4 (j.)	Se utilizan terminales para hacer las conexiones entre cables y barrajes. (si son cables de aluminio se utilizan conectores bimetálicos).			x
112	RETIE Núm.. 20.23.4 (n.)	Los cables de control en celdas y tableros se instalaron en canaleta.	x		
113	NTC 2050 Art. 250-95	El calibre del conductor de puesta a tierra de equipos no es menor al estipulado en Tabla 250-95.		x	
114	NTC 2050 Art. 373-8	Los tableros eléctricos no se pueden usar como cajas de paso, excepto si existe espacio suficiente.		x	
115	RETIE Núm.. 20.2.9 (j.)	Si se usaron cables o alambres de aluminio o aluminio recubierto en cobre se cumple lo siguiente: 1. Son de la serie AA 8000. No se admiten los de la serie 1350. 2. Empleo de conectores bimetálicos. 3. Ser instalados y mantenidos por personas calificadas, con la competencia profesional certificada. 4. A toda conexión se le aplica gel retardantes de la oxidación. 5. Sobre el cuerpo del dispositivo o equipo para uso directo con conductores de aluminio, se fija rotulado de advertencia en fondo de color amarillo y letra negra, para informar al usuario que el reemplazo de dicho dispositivo o equipo realizará con un apto para conexión de aluminio.	x		
<b>INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE BAJA TENSIÓN</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
116	RETIE Núm.. 20.16.2.2 a)	Un interruptor automático se fija en una posición tal que al conectarse el circuito alimentador llegue al terminal de línea y la salida se conecte a los terminales de carga. En caso de transferencias, el interruptor de planta podrá alimentarse por los terminales de carga y conectarse al barraje por los terminales de línea, siempre que el productor del interruptor así lo permita y se señalice tal condición.		x	
117	RETIE Núm.. 20.16.2.2 b)	Un interruptor automático tiene unas especificaciones de corriente y tensión, no menores a los valores nominales de los circuitos que controla.		x	
118	RETIE Núm.. 20.16.2.2 c)	Los dispositivos de interrupción de corriente por fuga a tierra, pueden ir incorporados en los interruptores automáticos o ubicados al lado del mismo formando un conjunto dentro del panel o tablero que los contiene.	x		
119	RETIE Núm.. 20.16.2.2 d)	Se instaló protección contra falla a tierra de equipos, en sistemas en estrella sólidamente puestos a tierra, con una tensión a tierra superior a 150 V, pero que no supere 600 V entre fases, por cada dispositivo de desconexión de la acometida de 1000 A nominales o más. El sensor puede abarcar todos los conductores del circuito o sólo el puente equipotencial principal.	x		
120	RETIE Núm.. 20.16.2.2 e)	Cada circuito ramal de un panel de distribución esta provisto de protección contra sobre corriente.		x	
121	RETIE Núm.. 20.16.2.2 f)	No se conecta permanentemente en el conductor puesto a tierra de cualquier circuito, un dispositivo contra sobre corriente, a menos que la apertura del dispositivo abra simultáneamente todos los conductores de ese circuito.		x	
122	RETIE Núm.. 20.16.2.2 g)	La protección automática para bombas contra incendio es contra cortocircuitos, no contra sobrecarga.	x		
123	RETIE Núm.. 20.16.2.2 h)	Los dispositivos de protección contra sobre corriente son fácilmente accesibles.		x	

124	RETIE Núm.. 20.16.2.2 i)	Los interruptores diferenciales contra riesgo de incendio, tienen una corriente nominal diferencial menor o igual a 300 mA, aunque pueden ser de actuación instantánea o retardada.	x		
125	RETIE Núm.. 20.16.2.2 j)	En lugares clasificados como peligrosos se utilizaron interruptores aprobados y certificados para uso en estos ambientes.	x		
126	RETIE Núm.. 20.16.2.2 k)	No se acepta la instalación de interruptores automáticos reutilizados, si no cuentan con protocolos de pruebas tipo que aseguren su funcionalidad, realizados después de haber sido utilizados.		x	
<b>INTERRUPTORES MANUALES PARA ILUMINACIÓN</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
127	RETIE Núm.. 20.16.3.1 a)	Las posiciones de encendido y apagado están claramente indicadas en el cuerpo del interruptor. Este requisito no es exigible a interruptores para usos exclusivamente domiciliarios o similares. (vivienda, comercio, oficinas).		x	
128	RETIE Núm.. 20.16.3.1 b)	Los interruptores están diseñados en forma tal que al ser instalados y cableados, en uso normal las partes energizadas no sean accesibles a las personas.		x	
129	RETIE Núm.. 20.16.3.1 c)	Las cubiertas o tapas metálicas se protegen mediante aislamiento adicional hecho por revestimientos o barreras aislantes.		x	
130	RETIE Núm.. 20.16.3.1 d)	Para uso a la intemperie, los interruptores están protegidos mediante encerramiento a prueba de lluvia.	x		
131	RETIE Núm.. 20.16.3.1 e)	Los interruptores se construyeron de tal manera que, en su utilización normal, su funcionamiento sea confiable y libre de peligro para el usuario y para su entorno.		x	
132	RETIE Núm.. 20.16.3.1 m)	Marcado y etiquetado: Cada interruptor lleva en forma indeleble los siguientes datos: - Razón social o marca registrada del productor. - Tensión nominal de operación. - Corriente nominal a interrumpir.		x	
133	RETIE Núm.. 20.16.3.1 Parágrafo 1	Los reguladores de corriente o tensión conocidos como Dimers y utilizados como interruptores manuales para usos domiciliarios o similares, cumplen los requisitos para interruptores y demostrarlo mediante Certificado de Conformidad de Producto.	x		
134	RETIE Núm.. 20.16.3.1 Parágrafo 2	Los interruptores manuales de baja tensión denominados cuchillas, cumplen los requisitos de seguridad de una norma internacional, de reconocimiento internacional o NTC que les aplique y lo demuestran mediante Certificado de Conformidad de Producto. El uso de este tipo de interruptores (cuchillas) estará ceñido a las restricciones dadas en la norma que les aplique.	x		
135	RETIE Núm.. 20.16.3.1 Parágrafo 3	Sobre el cuerpo del interruptor para uso directo con conductores de aluminio, se fijó un rotulado de advertencia en fondo de color amarillo y letra negra, en el cual se informe al usuario que el reemplazo de dicho dispositivo se realizará con uno apto para conexión de aluminio.	x		
136	RETIE Núm.. 20.16.3.2 a)	Los interruptores se instalaron en serie con los conductores de fase.		x	
137	RETIE Núm.. 20.16.3.2 b)	No se conecta un interruptor de uso general en el conductor puesto a tierra.		x	
138	RETIE Núm.. 20.16.3.2 c)	En ambientes especiales (clasificados como peligrosos) se utilizaron interruptores apropiados a la técnica de protección seleccionada.	x		
139	RETIE Núm.. 20.16.3.2 d)	La caja metálica que alberga al interruptor se conecta sólidamente a tierra.		x	
140	RETIE Núm.. 20.16.3.2 e)	Los interruptores están provistos de sus respectivas tapas que impidan el contacto con partes energizadas.		x	
<b>PULSADORES</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
141	20.16.5	Para diferenciar los botones, se emplea el verde esmeralda para el botón de arranque y el rojo para todos los dispositivos de parada.		x	
<b>PROTECCIONES ELÉCTRICAS DEL TD</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
142	RETIE Núm.. 20.16.2.2 (a.)	Los interruptores de automáticos están conectados de forma que la alimentación llega por la entrada y la salida conecta la carga.		x	
143	RETIE Núm.. 20.16.2.2 (b.)	La capacidad de interrupción del interruptor automático no es menor al valor nominal de los conductores que protege.		x	
144	RETIE Núm.. 27.4.3 (b.)	Cada circuito ramal esta provisto de un protección contra sobre corriente.		x	
<b>COCINAS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
145	NTC 2050 Art. 210-8	En el mostrador de la cocina y baños existen tomacorrientes con falla a tierra GFCI.	x		
146	NTC 2050 Art. 210-52 (c) 5)	Los tomacorrientes en mostradores están ubicados a un máximo de 0,50 m por encima del mostrador.	x		
<b>BANOS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
147	RETIE Núm.. 20.15.2 (c.)	La conexión eléctrica de la ducha es a prueba de agua.	x		
148	RETIE Núm.. 20.15.2 (d.)	La ducha eléctrica se encuentra puesta a tierra.	x		
149	RETIE Núm.. 20.15.2 (e.)	La ducha eléctrica no está a menos de 2 m del piso.	x		
150	RETIE Núm.. 28.1 (e.)	La ducha eléctrica esta instalada en circuito dedicado no menor a 30 A para tensión menor a 150V o de 20 A para 208/220/240V protegidos con un interruptor automático, con neutro y conductor de tierra plenamente identificados y conectado sólidamente a tierra o disponer de una protección diferencial.	x		
151	NTC 2050 Art. 210-5 (d)	Las salidas de tomacorriente en los cuartos de baño están alimentadas por un circuito ramal de 20 A.	x		
152	NTC 2050 Art. 210-70	Existe una salida de alumbrado controlada por un interruptor de pared.		x	

153	RETIE Núm.. 28.1 (d.)	Las tomacorrientes GFCI e interruptores no está instalados a menos de 80 cm de la puerta de la zona de ducha.	x		
154	RETIE Núm. 28.1 (g.)	Si es vivienda y esta ubicada a mas de 1500 msnm dispone de un circuito para ducha u otro medio para calentar agua.	x		
<b>ILUMINACIÓN GENERAL</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
155	NTC 2050 Art. 110-16 (d)	Existe iluminación en todos los espacios de trabajo alrededor de los equipos de acometida, tableros de distribución o centros de control de motores. (No es necesario elementos adicionales si la iluminación proviene de fuente)		x	
156	NTC 2050 Art. 110-16 (d)	En los cuartos de equipos eléctricos, la iluminación no es accionada exclusivamente por medios automáticos.		x	
157	RETIE Núm. 17.1 (f)	La hermeticidad de las luminarias, es mayor a IP20 para interiores e IP65 para exteriores.		x	
158	RETIE Núm.. 20.29.2 (a)	La fase esta conectada el terminal central y el neutro a la camisa roscada.		x	
159	RETIE Núm.. 20.29.2 (b)	Es adecuada la evacuación de calor para evitar incendio de materiales aledaños.		x	
160	NTC 2050 Art. 110-34 (d)	El sistema de iluminación posee una intensidad mínima de 100 luxes alrededor de equipos mayores a 600V.	x		
161	NTC 2050 Art. 110-34 (d)	Las salidas para alumbrado están dispuestas de manera que las personas que hagan reparaciones o cambian bombillas, no corran peligro por las partes u otros equipos energizados.		x	
162	NTC 2050 Art. 110-34 (d)	Los puntos de mando están situados de modo que no sea probable que las personas entren en contacto con ninguna parte energizada o móvil del equipo cuando vayan a encender el alumbrado.		x	
<b>ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
163	RETIE Num.17.1 (a)	Se cuenta con iluminación de emergencia en: rutas de evacuación, escaleras, cuartos técnicos.			x
164	RETIE Num.17.1 (b)	No se utilizan lámparas de descarga con encendido retardado en circuitos de iluminación de emergencia.		x	
165	RETIE Núm.. 17.1 (c)	La iluminación de emergencia equipados con grupos de baterías cumple con 60 minutos de autonomía.	x		
166	RETIE Num.17.1 (d)	Existe un nivel de iluminancia horizontal de mínimo de 5 lux a la altura del plano de uso en lugares con equipos de emergencia como extintores y camillas, instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y en lugares con tableros de distribución del alumbrado.	x		
167	RETIE Num.17.1 (e)	Las rutas de evacuación están claramente visibles, señalizadas e iluminadas con un sistema autónomo con batería.	x		
168	RETIE Num.17.1 (f)	Las luminarias en interiores tienen un grado de protección no menor a IP20.		x	
169	RETIE Num.17.1 (f)	Las luminarias en exteriores tienen un grado de protección no menor a IP65.	x		
<b>CIRCUITOS RAMALES (ILUMINACIÓN, FUERZA Y EQUIPOS)</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
170	NTC 2050 Art. 210-4	El circuito ramal multiconductor solo fue aplicado para circuitos ramales.	x		
171	NTC 2050 Art. 110-9 NTC 2050 Art. 110-10 NTC 2050 Art. 240-1	La capacidad de la protección contra sobre corriente de los conductores es la indicada para abrir circuito en condiciones de falla.		x	
172	NTC 2050 Tabla 210-21 b)	Las tomacorriente instalada en circuito ramal individual no tiene una capacidad no menor a la capacidad del circuito.		x	
173	NTC 2050 Tabla 310-16	La protección contra sobre corriente de los conductores 14 AWG no supera los 15 A.	x		
174	NTC 2050 Tabla 310-16	La protección contra sobre corriente de los conductores 12 AWG no supera los 20 A.		x	
175	NTC 2050 Tabla 310-16	La protección contra sobre corriente de los conductores 10 AWG no supera los 30 A.		x	
176	NTC 2050 Art. 370-4	Todas las cajas metálicas se encuentran puestas a tierra.		x	
177	NTC 2050 Art. 210-97	Las luminarias de contorno están puesta a tierra por un conductor no menor a (14 AWG) Cu.		x	
178	NTC 2050 Art. 250-62	Cuando haya que poner a tierra un equipo que esté alimentado mediante conexiones independientes a más de un circuito o a más de un sistema de puesta a tierra en un predio, existe un medio de puesta a tierra en cada una de esas conexiones, como se especifica en los Artículos 250-57 y 250-59.	x		
179	NTC 2050 Art. 250-45 (d)	Se ponen a tierra las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de equipos conectados con cordón y clavija y que se puedan llegar a energizar: 1) los refrigeradores, congeladores y artefactos de aire acondicionado 2) las lavadoras y secadoras de ropa, lavavajillas, computadores y equipos electrónicos de procesamiento de datos, bombas de sumideros y equipos eléctricos de acuario 3) las herramientas manuales a motor, las herramientas fijas a motor, las herramientas ligeras industriales a motor 4) los artefactos a motor de los siguientes tipos: recorta bordes, cortacéspedes, esparcidores de nieve y lavadores portátiles 5) los artefactos conectados con cordón y clavija y utilizados en locales húmedos o mojados por personas que permanecen de pie sobre el suelo o sobre suelos metálicos o que trabajan dentro de depósitos o calderas metálicas 6) las herramientas que se puedan utilizar en lugares mojados o conductores 7) las lámparas de mano portátiles.		x	



180	NTC 2050 Art. 210-60	Las carcasas de estufas eléctricas, hornos montados en la pared, estufas de sobreponer, secadoras de ropa y cajas de salida o cajas de unión que formen parte del circuito de esos artefactos, se ponen a tierra según se especifica en los Artículos 250-57.	x		
181	NTC 2050 Art. 250-114	El empalme de diferentes conductores de puesta a tierra se hace dentro de la caja que los contiene y no en el aparato o equipo respectivo.		x	
182	NTC 2050 Art. 250-114 (a)	Todas las cajas metálicas que contengan aparatos están puestas a tierra por tornillo (sin darle ningún otro uso).		x	
183	NTC 2050 Art. 250-114 (b)	Toda caja NO metálica que contenga aparatos se le instaló el respectivo conductor de puesta a tierra.		x	
184	RETIE Núm.. 15.3.3. (c.)	Los conductores del sistema de puesta a tierra de equipos son continuos y sus empalmes son mecánica y eléctricamente seguros.		x	
185	RETIE Núm.. 20.2.9 (f.)	Los conductores operan a una temperatura mayor a la de diseño del elemento asociado al circuito eléctrico.		x	
186	RETIE Núm.. 20.2.9 (d)	Se respeta el radio mínimo de curvatura que recomienda el fabricante.		x	
187	RETIE Núm.. 20.2.9 (e.)	No se instalaron conductores en espacios donde se tenga la presencia de materiales inflamables.		x	
188	RETIE Núm.. 20.2.9 (g.)	En los edificios que utilicen ascensores o en lugares con alta concentración de personas, tales como los listados en la sección 518 de la NTC 2050 y salones comunales de edificaciones residenciales, se utilizan conductores eléctricos con aislamiento de muy bajo contenido de halógenos, no mayor a 0,5%, no propagadores de llama y baja emisión de humos opacos, certificados según las normas aplicables. Los conductores de los cables de bajo contenido de halógenos, son del tipo cableado, no se admiten conductores sólidos.			x
189	RETIE Núm.. 20.5.1 (d.)	Las cajas metálicas como las no metálicas, no presentan deformaciones durante su instalación y su operación.		x	
190	RETIE Núm.. 20.5.1 (h.)	Las cajas para la instalación de tomacorrientes o toma-interruptor con protección de falla a tierra tienen como mínimo 60X100X47,6 mm.		x	
191	RETIE Núm.. 20.5.2 (a.)	Las cajas están limpias sin presencia de elementos extraños.		x	
192	RETIE Núm.. 20.5.2 (b.)	Las cajas utilizadas en las salidas de alumbrado (portalámparas) no son cajas rectangulares.		x	
193	RETIE Núm.. 20.5.2 (d.)	En paredes o cielorrasos construidos en madera u otro material combustible, las cajas están a ras de la superficie de acabado.		x	
194	RETIE Núm.. 20.5.2 (e.)	No se retiraron las tapas de entrada de ductos no utilizadas, ni se hacen perforaciones adicionales.			x
195	RETIE Núm.. 20.5.2 (g.)	Las cajas metálicas no han perdido el galvanizado.		x	
196	RETIE Núm.. 20.6.1.2 (h.)	No se instalaron tuberías no metálicas livianas (Tipo A), expuestas ni en cielos falsos; solo se admiten si van embebidas en concreto o en materiales resistentes al fuego mínimo de 15 minutos.		x	
197	RETIE Núm.. 20.9	Las cintas aislantes usadas en instalaciones eléctricas exteriores son de color negro y para las cintas aislantes usadas en instalaciones interiores se recomienda seleccionarlas aplicando el código de colores del RETIE.		x	
198	NTC 2050 Art.250-95	Cuando haya conductores en paralelo (sólo para mayores a calibres 1/0 AWG de Cu o Al) en varios conductos o cables, como lo permite el Artículo 310-4, el conductor de puesta a tierra de los equipos, cuando exista, está instalado en paralelo. Cada conductor de puesta a tierra de equipos instalado en paralelo tiene un calibre determinado sobre la base de la corriente nominal del dispositivo de protección contra sobre corriente que proteja los conductores del circuito en el conducto o cable, según la Tabla 250-95.	x		
199	NTC 2050 Art.250-95	Cuando se instalen conductores de varios calibres para compensar caídas de tensión, los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando se instalen, se ajustan proporcionalmente según su sección transversal.	x		
<b>EXTENSIONES Y CLAVIJAS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
200	RETIE Núm.. 20.18.1 a)	Los contactos macho (clavija) y hembra (tomacorriente) de multitomas y extensiones no presentan partes expuestas energizadas.		x	
201	RETIE Núm.. 20.18.1 d)	Todos los tomacorrientes de una multitomas son del mismo rango de corriente y tienen contactos de neutro y tierra separados. La capacidad de corriente de cada tomacorriente no es inferior a 15 A.		x	
202	RETIE Núm.. 20.18.1 e)	Las extensiones polarizadas indican esta característica y están conectadas de una sola manera (encajando el contacto ancho de la clavija en la ranura ancha neutro del tomacorriente).		x	
203	RETIE Núm.. 20.18.1 f)	Los dispositivos de corte y protección de la multitomas, si los tiene, son dimensionados como los de un circuito ramal.		x	
204	RETIE Núm.. 20.18.1 g)	El tipo de conductor (cable o cordón flexible) tanto en multitomas como extensiones y los terminales de conexión son los adecuados para la capacidad de corriente de toda la carga conectada, en ningún caso podrán ser inferiores al del conductor de cobre calibre 14 AWG.		x	
205	RETIE Núm.. 20.18.1 h)	El cable o cordón flexible usado en la extensión o multitomas están marcados en sobre relieve, bajorrelieve o tinta indeleble permanente, con al menos la siguiente información: número de conductores, calibre del conductor, tipo de aislamiento y máxima corriente permanente permitida.		x	

206	RETIE Núm.. 20.18.1 i)	La marcación de la multitomas es permanente, claramente visible, legible e impresa en el exterior del cuerpo de la multitomas. Tiene registrado como mínimo la siguiente información: Razón social o marca registrada del productor y valores nominales en voltios (V) y amperios (A).		x	
207	RETIE Núm.. 20.18.2 a)	La extensión o el multitoma sólo podrá ser conectados a un circuito ramal cuyos conductores y tomacorriente tengan la suficiente capacidad de soportar la corriente de todas las cargas conectadas, de la longitud apropiada de tal forma que la caída de tensión no supere los valores que afecten las cargas conectadas.		x	
208	RETIE Núm.. 20.18.2 b)	La extensión o multitoma instalada no superar los valores de tensión y corriente especificados, ni incurre en usos prohibidos.		x	
209	RETIE Núm.. 20.18.2 c)	Los accesorios (clavija y tomacorriente) de las extensiones usadas a la intemperie son a prueba de la humedad.		x	
210	RETIE Núm.. 20.18.2 d)	Se evita que al usar extensiones se concentre calor por dejar enrollado o apilado el conductor, comprometiendo la seguridad tanto de la instalación como de su entorno.		x	
211	RETIE Núm.. 20.18.2 e)	Las extensiones de luces decorativas o iluminación navideña, cumplen los requisitos establecidos en el RETILAP.	x		
<b>LUGARES CON PRESENCIA DE NIÑOS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
212	RETIE Núm.. 20.10.2 (e.)	DONDE SE TENGA LA PRESENCIA PERMANENTE DE NIÑOS MENORES DE TRES AÑOS, los terminales de los tomacorrientes están protegidos para evitar que introduzcan objetos y hagan contacto con partes energizadas.	x		
213	RETIE Núm.. 20.10.2 (e.)	EN SALACUNAS O JARDINES INFANTILES O LUGARES DE ALTA CONCENTRACIÓN DE NIÑOS MENORES DE TRES AÑOS los tomacorrientes tienen una protección contra contacto a partes energizadas, tales como protección aumentada, a prueba de manipulación o a prueba de niños como se le conoce (Tamper Resistant), tapas de protección o estar localizadas a una altura (1,70 m) que no afecte la seguridad de los niños.	x		
<b>CANALETAS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
214	RETIE Núm.. 20.6.2.2 (a.)	No se permite el uso de canaletas no metálicas en: a) Instalaciones ocultas b) Lugares expuestas a daño físico c) Espacios vacíos de ascensores d) Ambientes con temperaturas superiores a las certificadas para la canalización e) Lugares donde se alojen conductores de límite de temperatura del aislamiento mayor a la de la canaleta.	x		
215	RETIE Núm.. 20.6.2.2 (b.)	La continuidad mecánica y la continuidad eléctrica se realiza por medio de puentes equipotenciales.			x
216	RETIE Núm.. 20.6.2.2 (c.)	La canaleta esta sólidamente montada y completamente cerrada.		x	
217	RETIE Núm.. 20.6.2.2 (d.)	Se evita el corte del aislamiento de los conductores mediante el uso de pasacables, tubos o accesorios adecuados.			x
<b>BUS DE BARRAS (ELECTRODUCTOS, BUSWAYS O "BLINDOBARRAS")</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
218	RETIE Núm.. 20.6.3.2 (a.)	En instalaciones verticales en donde la canalización con barras incorporadas pasa a través de varios pisos, en cada uno de ellos se instaló un muro de mínimo 11 cm de altura alrededor de la canalización y distanciado del borde del orificio al menos 30 cm, con el fin de proteger la canalización de derrames de líquidos.	x		
219	RETIE Núm.. 20.6.3.2 (b.)	Cuando se instale el electroducto de forma vertical en instalaciones residenciales y comerciales esta es de un IP no menor a 44.	x		
220	RETIE Núm.. 20.6.3.2 (c.)	Los puntos de soporte están instalados a no más de 1,5 m, a no ser que la placa especifique otra cosa.	x		
221	RETIE Núm.. 20.6.3.2 (d.)	En la perforación entre pisos se dejan espacios (mantenimiento) de tal forma que a los lados y parte trasera se separe 20 cm de la barra y 30 cm de frente.	x		
222	RETIE Núm.. 20.3 (c.)	La bandeja y sus accesorios no presentan filos cortantes.		x	
223	RETIE Núm.. 20.3 (d.)	La bandeja no metálica es de material retardante a la llama, no propagador de incendios y de baja emisión de gases tóxicos.	x		
224	RETIE Núm.. 20.3 (e.)	En una misma bandeja cortacables no se instalaron conductores eléctricos con tuberías para otros usos.		x	
225	RETIE Núm.. 20.3 (f.)	Los cables expuestos a radiación ultravioleta instalados en bandeja son resistentes a este tipo de radiación.	x		
226	RETIE Núm.. 20.3 (g.)	Se asegura la equipotencialidad entre las distintas secciones de la bandeja.		x	
227	RETIE Núm.. 20.3 (i.)	Los conductores instalados están certificados y rotulados para usar en bandeja.		x	
228	RETIE Núm.. 20.3 (i.)	No superan el 40% del volumen de llenado de la bandeja para cables de potencia.		x	
229	RETIE Núm.. 20.3 (i.)	Los conductores se marcaron en partes visibles dando cumplimiento al código de colores.		x	

230	RETIE Núm.. 20.3 (j.)	Se podrá aceptar el montaje de conductores de calibres menores a 1/0 en bandejas cortacables, siempre y cuando: - son sección mayor o igual a 12 AWG - se tenga en cuenta el derrateo por temperatura conforme a NTC 2431 - estén separados de los cables de calibre 1/0 o mayores por una pared rígida de material compatible con el de la bandeja - la separación entre travesaños de la bandeja horizontal no supere 15 cm para conductores entre (2 y 8 AWG) y 10 cm entre 10 y 12 AWG.		x	
231	RETIE Núm.. 20.3 (k.)	En instalaciones especiales se puede aceptar la bandeja metálica si es certificada resistente al fuego a 1000 °C (90 min) o los conductores instalados son a prueba de fuego.	x		
232	NTC 2050 Art. 318.4	Las bandejas cortacables no están instaladas en huecos de los ascensores o donde puedan estar sujetos a daños físicos.		x	
233	NTC 2050 Art. 318.4	Las bandejas no están instaladas en espacios de circulación de aire de		x	
234	NTC 2050 Art. 318.6(e)	Si en la misma bandeja se instalaron cables multiconductores, son de 600 V nominales o menos.	x		
235	NTC 2050 Art. 318.6(f)	No instalaron en la misma bandeja cables de más de 600 V nominales con otros cables de 600 V nominales o menos.	x		
236	NTC 2050 Art. 318.6(h)	Las bandejas portacables están expuestas y accesibles.		x	
237	NTC 2050 Art. 318.8(a)	Los empalmes en conductores son accesibles y no sobresales de las barandillas laterales.		x	
238	NTC 2050 Art. 318.8(b)	En los tramos distintos a los horizontales, los cables están sujetos firmemente a los travesaños de las bandejas.		x	
239	NTC 2050 Art. 318.8(d)	Si existen cables de un solo conductor (fase o neutro) en un circuito conectados en paralelo (Artículo 310-4), los conductores se instalaron en grupos, consistentes en no más de un conductor de fase o neutro para evitar desequilibrios de corriente en los conductores debidos a la reactancia inductiva. Los conductores sencillos se empaquetaron firmemente en grupos para evitar movimiento excesivo si se producen fuerzas magnéticas por fallas a tierra.		x	
240	NTC 2050 Art. 318.8(e)	Los conductores sencillos (1/0 AWG a 4/0 AWG) instalados en la bandeja cortacables de escalera o canal ventilado, fueron instalados en una misma capa.		x	
<b>TUBERÍA</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
241	NTC 2050 Art. 348-1	No se empleo tubería EMT en áreas con condiciones de corrosión (zonas húmedas, gases, vapores, etc.).		x	
242	NTC 2050 Art. 348-12	Tubería suspendida o en aplique se encuentra suspendida con soportes ubicados a no más de 3 m.	x		
243	RETIE Núm.. 20.6 (a.)	Las canalizaciones expuestas o a la vista, fueron marcadas con franjas de color naranja de al menos 10 cm de anchas.			x
244	RETIE Núm.. 20.6 (b.)	Si en una misma canalización se instalan conductores eléctricos con cableados o tuberías para otros usos, existe una separación física entre ellos.	x		
245	RETIE Núm.. 20.6.1 .1 (b.)	La tubería y sus accesorios no presentan elementos cortantes.		x	
246	RETIE Núm.. 20.6.1.2 (a.)	La tubería instalada en ambientes corrosivos, con humedad permanente o bajo tierra esta certificada para ese uso.		x	
247	RETIE Núm.. 20.6.1.2 (b.)	En edificaciones de más de tres pisos, las tuberías eléctricas plegables no metálicas están ocultas dentro de cielorrasos, cielos falsos, pisos, muros o techos, siempre y cuando los materiales constructivos usados tengan una resistencia al fuego de mínimo 15 minutos, o menos si se tiene un sistema contra incendio de regaderas automáticas en toda la edificación.	x		
248	RETIE Núm.. 20.6.1.2 (c.)	La distancia entre accesorios que soportan la tubería no es mayor a: a) 1,2 m para tubería hasta de 19 mm de diámetro b) 1,5 m para tuberías entre 25 y 51 mm c) 1,8 m para tuberías entre 63 y 76 mm d) 2,1 m para tuberías entre 89 y 102 mm		x	
249	RETIE Núm.. 20.6.1.2 (e.)	No se permite el uso de tubería eléctrica plegable no metálica, como soporte de aparatos, enterrada directamente en el suelo, ni para tensiones mayores de 600 V, a no ser que esté certificada para ese uso.	x		
250	RETIE Núm.. 20.6.1.2 (f.)	No instalaron tuberías no metálicas expuestas a daños físicos o a la luz solar directa.		x	
251	RETIE Núm.. 20.6.1.2 (h.)	Las tuberías no metálicas instaladas expuestas o en cielos falsos no son de tipo liviano (Tipo A).		x	
<b>TOMACORRIENTES E INTERRUPTORES</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
252	RETIE Núm.. 20.10.2 (a.)	La conexión de los conductores eléctricos a los terminales de los tomacorrientes y clavijas es suficientemente segura.		x	
253	NTC 2050 Art. 300-14	En todos las salidas (tomacorrientes y luminarias) e interruptores se dejó como mínimo una longitud de 15 cm libre en los conductores para empalmes. Los empalmes no se realizan en dichos aparatos.			x
254	RETIE Núm.. 20.10.2 (b.)	Los tomacorrientes instalados en lugares húmedos tienen grado de encerramiento IP (o NEMA). (Aplica también para interruptores).		x	
255	RETIE Núm.. 20.10.2 (c.)	Las clavijas y tomacorrientes para uso en intemperie, tienen un grado de encerramiento IP (o su equivalente NEMA). (Aplica también para	x		

256	RETIE Núm.. 20.10.2 (c.)	Los tomacorrientes instalados en lugares sujetos a la lluvia o salpicadura de agua tienen una cubierta protectora o encerramiento a prueba de salpicadura.	x		
257	RETIE Núm.. 20.10.2 (d.)	En ambientes con chorros de agua (lugares de lavado) se usaron enchufes y tomacorrientes con encerramiento no menor a IP67 o su equivalente	x		
258	RETIE Núm.. 20.10.2 (f.)	Las tomas instaladas en forma horizontal se instalaron con el terminal de neutro en la parte superior.		x	
259	RETIE Núm.. 20.10.2 (f.)	Los tomacorrientes que se instalen de forma vertical, el contacto superior corresponde al de tierra.		x	
260	RETIE Núm.. 20.10.2 (g.)	En lugares clasificados como peligrosos se utilizan clavijas y tomacorrientes aprobados para esos ambientes.	x		
261	RETIE Núm.. 20.10.2 (h.)	Los tomacorrientes están instalados según el nivel de tensión de servicio (diseño).		x	
262	RETIE Núm.. 20.10.2 (j.)	En lugares sometidos a inundaciones frecuentes, la altura del tomacorriente es tal que supera el nivel histórico de inundación.	x		
263	RETIE Núm.. 20.10.2 (k.)	Cuando se instalen tomacorrientes con conductores de aluminio, la conexión se realiza mediante conector de compresión dual Cu-Al, conector bimetalico o bornera de aleación de aluminio serie 6000. Si la clavija y tomacorriente son CO/ALR no se necesitan los conectores.	x		
264	RETIE Núm.. 20.16.3.2 (c.)	En ambientes especiales (clasificados como peligrosos) se utilizan interruptores apropiados a la aplicación.	x		
265	RETIE Núm.. 20.16.3.2 (d.)	La caja metálica que alberga al interruptor esta conectada sólidamente a tierra (también aplica para tomacorrientes).		x	
266	RETIE Núm.. 20.16.3.2 (e.)	Los interruptores están provistos de sus respectivas tapas que impiden el contacto con partes energizadas.		x	
<b>EXTENSIONES Y MULTITOMAS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
267	RETIE Núm.. 20.18.2 (a.)	La extensión o el multitoma sólo podrá ser conectados a un circuito ramal cuyos conductores y tomacorriente tengan la suficiente capacidad de soportar la corriente de todas las cargas conectadas.	x		
268	RETIE Núm.. 20.18.2 (b.)	La extensión o multitoma se instaló según los valores de tensión y corriente especificados, no se utilizan en usos prohibidos.	x		
269	RETIE Núm.. 20.18.2 (c.)	Los accesorios (clavija y tomacorriente) de las extensiones usadas a la intemperie son a prueba de la humedad.	x		
270	RETIE Núm.. 20.18.2 (d.)	Las extensiones de luces decorativas o iluminación navideña, cumplen con los requisitos establecidos en el RETILAP.	x		
<b>MOTORES Y GENERADORES</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
271	RETIE Núm.. 20.21.1 b)	En el caso de generadores, se instaló protección contra sobre velocidad y protección contra sobre corriente.	x		
272	RETIE Núm.. 20.21.1 c)	Todo motor o generador eléctrico está provisto de un diagrama de conexiones, el cual está adherido al encerramiento y una o varias placas de características. Las placas se se elaboraron en un material durable, con letras indelebles e instalarlas en un sitio visible y de manera que no sean removibles, además, contener como mínimo la siguiente información: - Razón social o marca registrada del productor, comercializador o importador. - Tensión nominal o intervalo de tensiones nominales. - Corriente nominal. - Potencia nominal, hasta 1000 msnm. - Frecuencia nominal o especificar que es corriente continua. - Velocidad nominal o intervalo de velocidades nominales. - Número de fases para máquinas de corriente alterna. - Grados de protección IP. - Eficiencia energética a condiciones nominales de operación. - Para las máquinas de corriente alterna, el factor de potencia nominal.		x	
273	RETIE Núm.. 20.21.1 Parágrafo 1	Si la máquina se incorpora a un equipo, que no permita la libre observación de la placa de características, el productor suministra una segunda placa para ser fijada en un lugar visible.	x		
274	RETIE Núm.. 20.21.1 Parágrafo 2	Si una persona distinta del productor repara o modifica parcial o totalmente el devanado de una máquina o cualquier otro de sus componentes, se instaló una placa adicional para indicar el nombre del reparador, el año de reparación y las modificaciones efectuadas.	x		
275	RETIE Núm.. 20.21.2 (a.) y (c.)	Se atendió las indicaciones y recomendaciones de montaje (incluyendo posición vertical o horizontal) del fabricante.		x	
276	RETIE Núm.. 20.21.2 (b.)	Se utilizaron motores aprobados y certificados para uso en lugares clasificados como peligrosos.	x		
277	RETIE Núm.. 20.21.2 (d.)	Las carcasas de las máquinas eléctricas rotativas están conectadas a tierra.		x	
278	RETIE Núm.. 20.21.2 (d.)	Los generadores tienen un sistema aislado de tierra, es cual es monitoreado.	x		
279	RETIE Núm.. 20.21.2 (e.)	No se instalaron motores abiertos en puntos accesibles a personas o animales.		x	
280	RETIE Núm.. 20.21.2 (g.)	El motor o generador es apropiado para el tipo de uso y condiciones ambientales.		x	

281	RETIE Núm.. 20.21. (h.)	Los sistemas accionados por motores eléctricos que impliquen riesgos para las personas, tienen un sistema de parada de emergencia. Igualmente, estas paradas de emergencia se instalaron en bandas transportadoras, parques de juegos mecánicos y las demás máquinas que involucren rodillos y elementos cortantes.			x								
282	RETIE Núm.. 20.21.2 (i.)	Todo motor con corriente nominal igual o superior a 3 A, posee una protección termo magnética dedicada (exclusiva para el motor).		x									
283	RETIE Núm.. 20.21 .2 Parágrafo	Para motores o generadores eléctricos de potencias mayores a 800 kW, el Certificado de Conformidad de Producto, podrá sustituirse por la declaración del proveedor donde se especifique que cumple el presente reglamento, indicar las normas técnicas aplicadas y los resultados de las pruebas tipo y de rutina realizadas por un laboratorio; esta auto certificación se hará dando estricto cumplimiento a los criterios de la norma internacional IEC 17050. Igual tratamiento se dará a motores o generadores reutilizados o re manufacturados de potencia superior a 200kW.	x										
284	RETIE Núm.. 20.24	Las transferencias utilizadas en sistemas de emergencia, suplencias de circuitos, están incorporadas en un encerramiento según RETIE Núm.. 20.23.1.1.	x										
285	NTC 2050 Art. 250-95	Si el dispositivo de protección contra sobre corriente consiste en un interruptor automático de circuitos con disparo instantáneo o un protector de un motor contra cortocircuitos, como permite el Artículo 430-52, el calibre del conductor de puesta a tierra de los equipos se puede calcular de acuerdo con la corriente nominal del dispositivo de protección del motor contra sobrecarga, pero no es menor al especificado en la Tabla 250-95.		x									
286	NTC 2050 Art. 430-16	En los lugares donde se acumulen polvo o sustancias voladoras se instalaron motores tipo cerrado para que no se sobrecalienten en condiciones normales de operación.		x									
<b>UPS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>								
287	RETIE Núm.. 20.26	Las UPS tiene la siguiente indicaciones en la marcación: a. Número de fases (a menos que sea una UPS monofásica). b. Potencia activa nominal de salida en W o kW. c. Potencia aparente nominal de salida en VA o kVA. d. Tensión nominal de salida. e. Corriente nominal de salida. f. Frecuencia nominal de salida.	x										
288	NTC 2050 Art. 645-10	La UPS posee una protección que la desconecta o desenergiza.	x										
289	NTC 2050 Art. 645-10	La UPS posee un tablero dedicado (identificado y ser fácilmente accesible) que desconecta su carga.	x										
290	NTC 2050 Art. 645-15	Las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de la UPS están puestas a tierra según (Sección 250) a no ser que el equipos sea de doble aislamiento.	x										
<b>SÓTANOS O ATICOS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>								
291	NTC 2050 Art. 210-63	Existe una tomacorriente monofásica de 125 V y 15 A o 20 A para el mantenimiento de los equipos de calefacción, congeladores y aire acondicionado.	x										
292	NTC 2050 Art. 210-70 (c.)	Existe una salida de alumbrado controlada por un interruptor de pared, cerca de los equipos que requieran revisión, como los de calefacción, refrigeración o aire acondicionado. El interruptor se instaló en el punto de entrada al ático o al espacio bajo el piso.	x										
<b>CERCAS ELÉCTRICAS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>								
293	RETIE Núm.. 20.8.2 a)	En condiciones normales de operación la cerca eléctrica no genera riesgos a las personas o animales.	x										
294	RETIE Núm.. 20.8.2 b)	Hay junto a las cercas eléctricas almacenamiento o ubicación de materiales combustibles que puedan causar incendios.	x										
295	RETIE Núm.. 20.8.2 c)	Las cercas de púas o cortantes como la concertina, no están energizadas por un controlador.	x										
296	RETIE Núm.. 20.8.2 d)	El controlador tiene un sistema de puesta a tierra o si la resistividad del terreno es muy alta, se admite un cable de tierra paralelo con la cerca.	x										
297	RETIE Núm.. 20.8.2 e)	Los controladores disponen de especificaciones de so portabilidad de las sobretensiones transitorias con origen en los rayos, que provengan desde la cerca o la red eléctrica.	x										
298	RETIE Núm.. 20.8.2 f)	Las partes metálicas de las cercas están protegerse contra la corrosión.	x										
299	RETIE Núm.. 20.8.2 g)	La cerca no se energiza desde dos controladores diferentes o desde circuitos diferentes de un mismo controlador.	x										
300	RETIE Núm.. 20.8.2 h)	El alambrado de toda cerca esta montado sobre aisladores.	x										
301	RETIE Núm.. 20.8.2 i)	Existe un mínimo de 2 m entre dos cercas diferentes, alimentadas con fuentes independientes.	x										
302	RETIE Núm.. 20.8.2 j)	La cerca eléctrica esta a una distancia de separación mínima dada por la Tabla 20.11 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>TENSION DE LA RED (kV)</th> <th>DISTANCIA DE SEGURIDAD (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>&gt;1 y &lt;33</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>≥33</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	TENSION DE LA RED (kV)	DISTANCIA DE SEGURIDAD (m)	<1	3	>1 y <33	4	≥33	8	x		
TENSION DE LA RED (kV)	DISTANCIA DE SEGURIDAD (m)												
<1	3												
>1 y <33	4												
≥33	8												

Tabla 20.11. Distancias mínimas de seguridad de cercas eléctricas a circuitos de distribución

303	RETIE Núm.. 20.8.2 k)	La altura de las cercas eléctricas en inmediaciones de líneas aéreas de energía no sobrepasa los 2 m sobre el suelo.	x		
304	RETIE Núm.. 20.8.2 l)	Toda cerca paralela a una vía pública posee claramente identificada, mediante una placa de 10 cm x 20 cm con el anuncio "CUIDADO – CERCA ELÉCTRICA" con impresión indeleble, inscrita a ambos lados, las letras tienen un mínimo de 2,5 cm en color negro sobre fondo amarillo.	x		
305	RETIE Núm.. 20.8.2 m)	Se permitirá el uso de cercas eléctricas como barreras de seguridad en edificaciones o espacios domiciliarios, comerciales o industriales, siempre que no estén al alcance de los niños, hayan sido construidas por personas calificadas y cuenten con el Certificado de Conformidad, tanto del pulsador como de la instalación.	x		
<b>PANELES FOTOVOLTAICOS</b>			<b>N/A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
306	RETIE Núm.. 20.22	Los paneles solares fotovoltaicos para proveer energía eléctrica a instalaciones domiciliarias o similares y establecimientos públicos, cumplen los requisitos de una norma técnica internacional o de reconocimiento Internacional y demostrarlo mediante Certificado de Conformidad de Producto expedido por un organismo de certificación acreditado.	x		
307	RETIE Núm.. 20.22	La instalación eléctrica y el montaje de los paneles se realiza conforme a la Sección 690 de la NTC 2050, por un profesional competente, quien declara el Cumplimiento del RETIE.	x		

El principal objetivo con el que se realiza la inspección eléctrica basado en el reglamento RETIE y la norma NTC 2050, es el de conocer el estado de cada uno de los componentes del sistema desde el punto de alimentación hasta los dispositivos de uso final. De esta manera se realiza este informe detallado a la institución con el estado actual de las instalaciones del bloque de materialografía, con fin de dar a mostrar el grado de criticidad y/o cumplimiento en que se encuentra.

La inspección de las instalaciones en primera instancia es visual y consiste en recorrer desde la alimentación hasta el último elemento de cada circuito; Luego, se procede a efectuar una serie de chequeos con un instrumento de medida (telurómetro marca METREL MI2088), dicho instrumento entrega resultados de acuerdo al tipo de medición que se desea realizar y que, por tacto, ni visualmente se podrían tener.

Se realiza la medida de resistencia de aislamiento entre fases, así como se mencionó en el numeral 5.2 de la metodología de este trabajo. Se chequearán las medidas de resistividad de aislamiento entre fases

### 6.1. Procedimiento toma de medidas en el tablero de fundición



*Figura 3.* Fundición L1\_L2

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



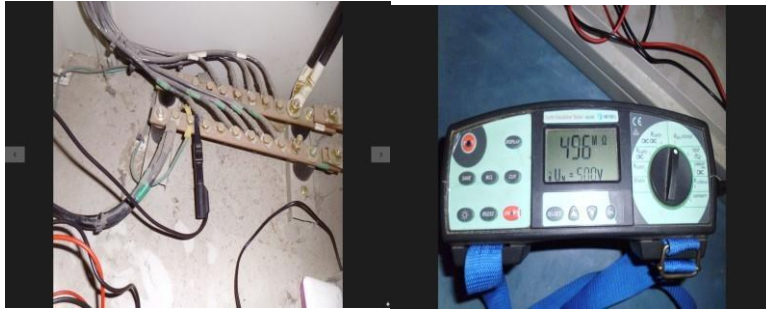
*Figura 4.* Fundición L1-L3

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



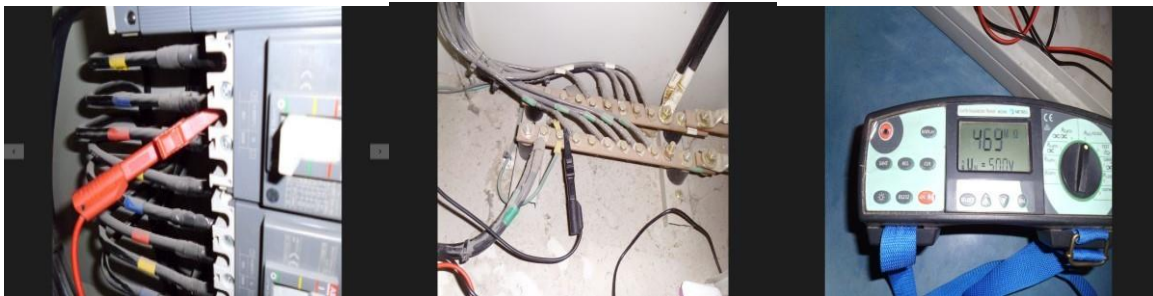
*Figura 5.* Fundición L2-L3

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 6.* T. Fundición L1 – Tierra

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 7.* Fundición L3 – Tierra

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

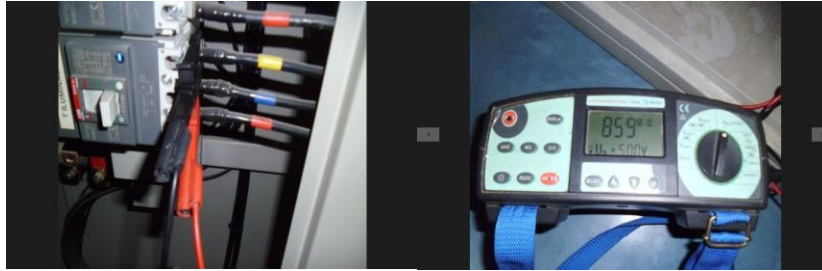


*Figura 8.* Fundición L3 - Tierra.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



## 6.2. Procedimiento toma de medidas en el tablero de iluminación



*Figura 9.* T. Iluminación L1 – L2

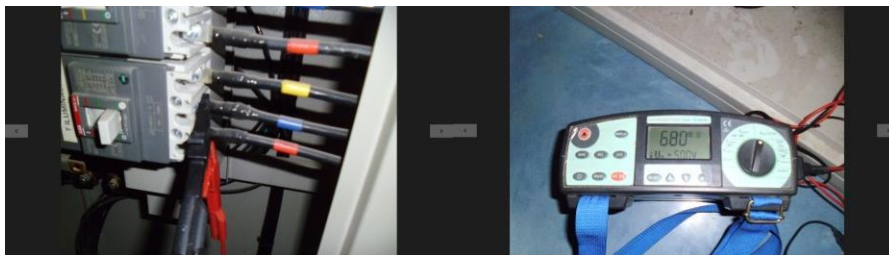
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

..



*Figura 10.* T. Iluminación L1- L3.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 11.* T. Iluminación L2 – L3.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 12.* T. Iluminación L1- Tierra

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 13. T. Iluminación L2 - Tierra.*

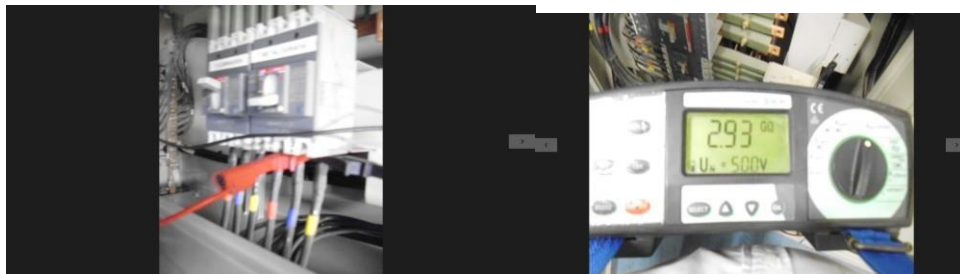
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 14. T. Iluminación L3 Tierra*

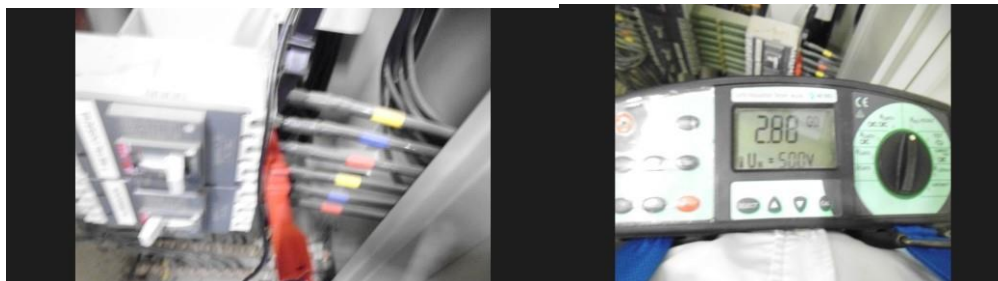
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

### 6.3. Procedimiento toma de medidas en el tablero de materialografía



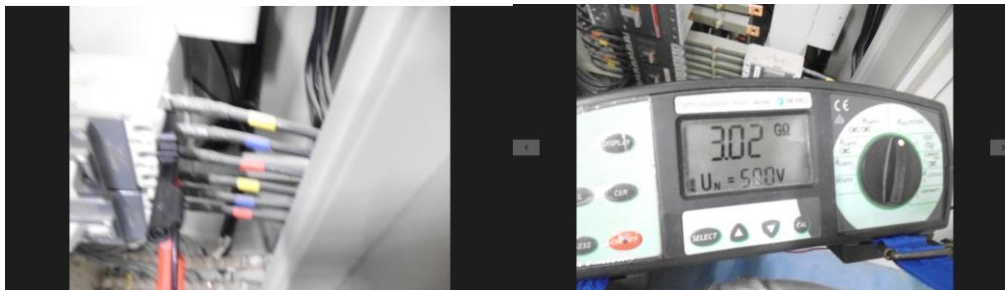
*Figura 15. T. Materialografía L1 - L2*

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

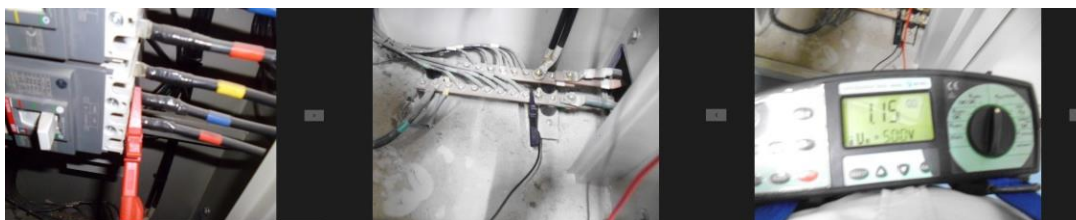


*Figura 16. T. Materialografía L1 – L33*

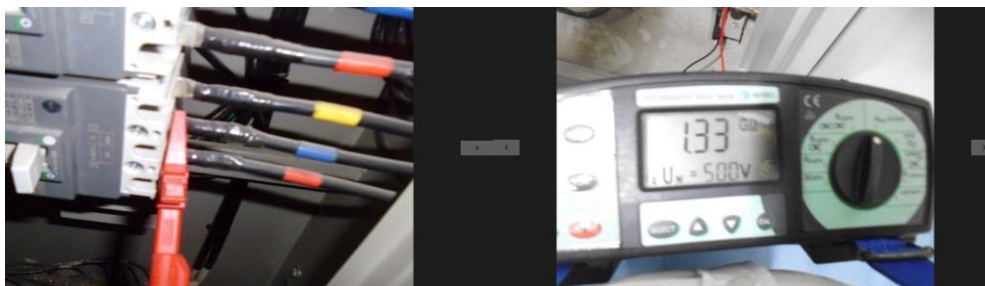
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



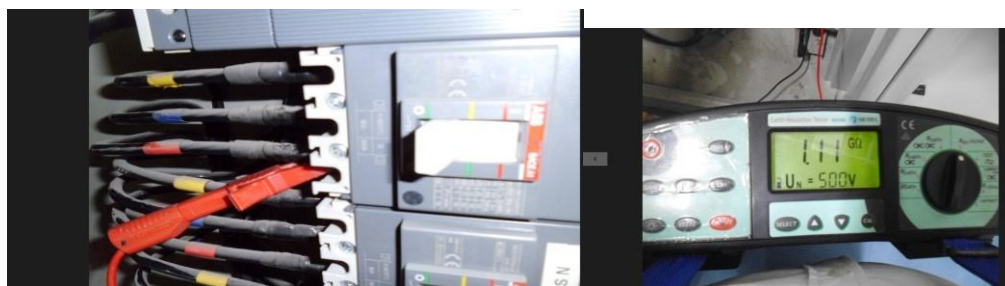
*Figura 17. T. Materialografía L2 – L3*  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 18. T. Materialografía L1 –Tierra.*  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 19. T. Materialografía L2 – Tierra.*  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 20. T. Materialografía L3 – Tierra..*  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

## 6.4 Procedimiento toma de medidas en el tablero de tomas normales



*Figura 21.* T. Tomas normales L1 - L2  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 22.* T. Tomas normales L1 – L3.  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 23.* T. Tomas normales L2 – L3  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

..



*Figura 24.* T. Tomas normales L1 – Tierra  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

.

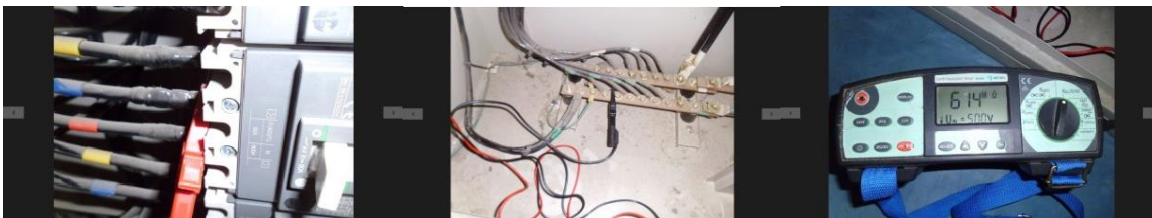


Figura 25. T. Tomas normales L2 – Tierra.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

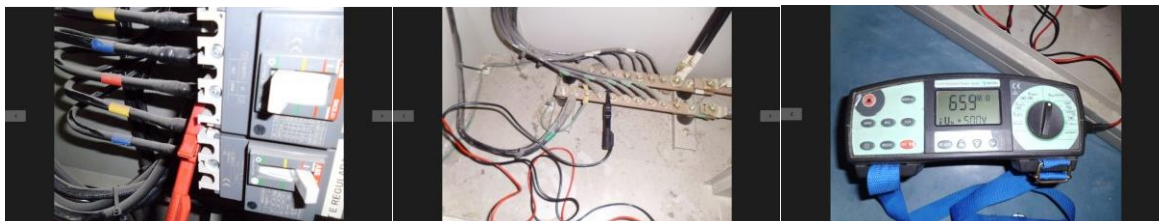


Figura 26. T. Tomas normales L3 – Tierra

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Tabla 7.

Medidas generales resistencia de aislamiento entre fases

MEDIDA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO ENTRE FASES							
Fecha: 23/05/2018				Equipo: Metrel MI2088			
Registro de Medidas							
Tablero/Circuito	Medida de Aislamiento (Mega Ohmios - MΩ)						CUMPLE
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L1-T	L2-T	L3-T	
Tablero Fundación	1.000	1.010	941	496	469	439	SI
Tablero de Iluminación	859	680	680	525	514	470	SI
Tablero Lab. Materialografía	2.930	2.880	3.020	1.150	1.330	1.110	SI
Tablero Tomas Normales	968	1.060	914	698	614	659	SI
<b>Cumple si:</b>	Resistencia de Aislamiento es $\geq 1 \text{ M}\Omega$ , con Tensión de Corriente Continua (V) de 500.						
	Valores mínimos de resistencia de aislamiento de una instalación según Norma IEC 60364.						

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

**Nota:** No se realizó la medición en el tablero regulado, debido a que no se podía desconectar por servicio crítico (alimentación tomas equipos de cómputo).

Se efectúa la medida de continuidad entre tierras y neutros dentro del gabinete principal, como se mencionó en el numeral 5.2 de la metodología de este trabajo.

### 6.4.1. Procedimiento toma de medidas de continuidad entre tierras y neutros



*Figura 27. Medición entre tierra y compartimento del gabinete.*

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 28. Medición entre tierra y estructura (puerta) del gabinete.*

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 29. Medición entre tierra y polo a tierra de un tomacorriente*

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 30. Medición entre tierra y tubería metálica.*

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

Tabla 8.  
Medidas generales de continuidad tierra – neutros.

MEDICIÓN DE CONTINUIDAD (TIERRAS - NEUTROS)		
LUGAR: BLOQUE 19 - MATERIALOGRAFIA		
Fecha: 23/05/2018	Equipo: Metrel MI2088	
Registro de Medidas		
Componentes de Medición	Valor Medido en $\Omega$ (Ohmios)	Cumple
Medición entre Platina de Puesta a Tierra del Gabinete General (equipotencializada con la platina de neutros) y un orificio de uno de los compartimientos del mismo gabinete.	0,11	SI
Medición entre Platina de Puesta a Tierra del Gabinete General (equipotencializada con la platina de neutros) y un tornillo de la bisagra de la puerta del mismo gabinete.	0,02	
Medición entre Platina de Puesta a Tierra del Gabinete General (equipotencializada con la platina de neutros) y el polo a tierra de un toma corriente.	0,3	
Medición entre Platina de Puesta a Tierra del Gabinete General (equipotencializada con la platina de neutros) y un tornillo de la bisagra de la unión metálica entre la tubería y la caja metálica de un tomacorriente.	0,3	

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

Se realiza medición de resistencia de puesta a tierra, como se menciona en el numeral 5.2 de la metodología de este trabajo.

#### 6.4.2. Procedimiento toma de medidas de resistencia de puesta a tierra

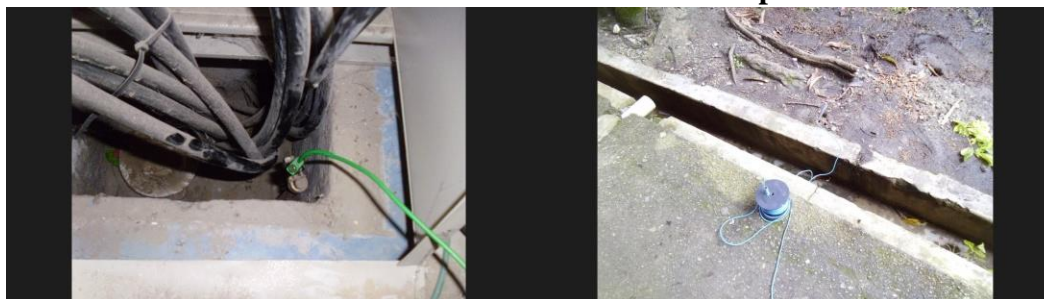


Figura 31. Medición electrodo de puesta a tierra del gabinete principal.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



Figura 32. Resultado medidas SPT (52% - 62% - 72%).

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

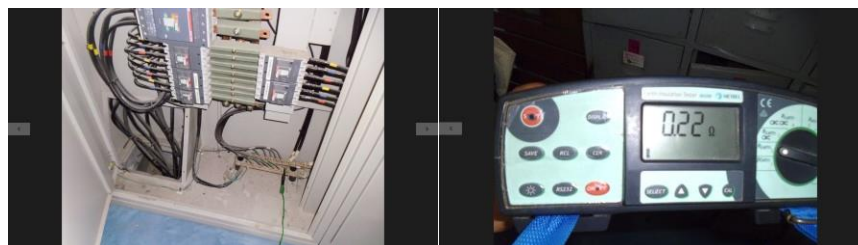


Figura 33. Medición del sistema de puesta a tierra del neutro conectado al SPT de la red externa.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Tabla 9.

Medidas generales de resistencia de puesta a tierra.

MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA					
LUGAR: Bloque 19 - Materialografía					
Fecha: 23/05/2018			Equipo: Metrel MI2088		
Metodo empleado: Caída de potencial					
Condiciones Generales de los Conductores					
Soldadura	Conector	Malla	Un Electrodo	Calibre conductor SPT	
	x		x	No existe	
Registro de Medidas					
SPT correspondiente a	Mediciones	Distancia Aux Corriente (m)	Distancia X (Aux Tens)	Valor Medido (Ohmios)	Cumple
Electro de Puesta a Tierra del Gabinete General, correspondiente al Bloque de Materialografía Pascual Bravo (Desconectado)	Medida 1 (72 %)	15,6	11,232	18,02	SI
	Medida 2 (62 %)	15,6	9,672	17,83	
	Medida 3 (52 %)	15,6	8,112	17,93	
Medición de la Resistencia de Puesta a Tierra del Neutro Conectado al SPT de la Red Externa de Energía.				0,22	SI
<b>Observaciones:</b>	El electrodo de puesta a tierra del Gabinete General, se encuentra completamente desconectado de la platina colectora de tierras de equipos.				
	Se realizó también la medición de la Resistencia de Puesta a Tierra, a través del neutro, el cual se encuentra interconectado al SPT de la red externa de la Red Eléctrica.				

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

Se realiza informe con las no conformidades encontradas en la inspección realizada al bloque 19 materialografía, se relacionan en la siguiente tabla.



### 6.4.3 De la metodología de este trabajo

Tabla 10.

*No inconformidades documentales y/o constructivas.*

NO CONFORMIDADES DOCUMENTALES Y/O CONSTRUCTIVAS			
FECHA: 23/05/2018		LUGAR: Bloque 19 - Materialografía	
# No Conformidad	DESCRIPCIÓN NO CONFORMIDADES DOCUMENTALES Y/O CONSTRUCTIVAS (RESPECTO AL RETIE Y NTC 2050)	Requisito RETIE y/o NTC 2050	Item Lista de Chequeo
1	El Gabinete General se encuentra con un nivel de suciedad significativo (polvo y partículas). Adicional hay TD's a los que les falta tornillos para asegurar la tapa y/o no tienen los tornillos adecuados.	NTC 2050 Art. 110-12	1
2	Los cables que entran y salen por la parte superior de los tableros están en riesgo de sufrir daño en su aislamiento, debido a que a dichos tableros entran canaletas metálicas sin los bordes protegidos y tienen orificios abiertos con bordes cortantes sin la debida protección, por lo tanto se requieren sellar los que no son utilizados y proteger los bordes de los orificios en uso. Adicional, existe una acometida instalada, en forma expuesta y sin canalización, entre el tablero de distribución Regulado y un transformador de aislamiento, la cual debe ser canalizada con la debida protección de los cables a la salida del TD y a la entrada del transformador.	NTC 2050 Art. 300-4	7
3	En el Tablero del Laboratorio de Fundición no se evidencia el símbolo de Riesgo Eléctrico.	RETIE Núm.. 6.1.1	8
4	En el Gabinete General no se evidencia el Diagrama Unifilar de la Instalación.	RETIE Núm.. 20.23.1.4 (i.)	9
5	La acometida general a la entrada del Gabinete General no tiene identificación con placa permanente. Adicional, en la base del poste debe existir una caja de paso en el piso para la acometida general que va desde el transformador al Gabinete Genral y las demás que se phayan derivado hacia otras instalaciones, lo cual no se pudo inspeccionar para verificar la marcación permanente de la acometida.	NTC2050 Art.230-2 (b.)	40
6	Non se evidencia que la acometida, al ingresar al Gabinete general, esté rotulado para su fácil y correcta identificación.	NTC 2050 Art. 230-66 NTC 2050 Art. 230-70 (b.)	54
7	Non se evidencia la existencia de un conductor (cable) que conecte la barra de puesta a tierra del Gabinete General con el electrodo de puesta a tierra existente, es decir, el sistema de puesta a tierra del Gabinete General no se encuentra aterrizado. Adicional, el electrodo de puesta a tierra está instalado en un punto difícil de inspeccionar dentro del mismo gabinete, por lo tanto, debe ser reubicado.	NTC 2050 Art. 250-94	67

8	No se pudo verificar si las partes metálicas no portadoras del equipo de acometida se conectan equipotencialmente de forma eficaz al sistema de puesta a tierra, ya que la zona donde está instalado el poste del transformador, está siendo utilizada como almacenamiento de maquinaria pesada, lo cual no permite inspeccionar la puesta a tierra del transformador, el aterrizaje del bajante y la caja de paso.	NTC 2050 Art. 250-71 (a)	68
9	Existen varias estructuras metálicas como escalerillas, ductos metálicos cerrados y tuberías que no están conectadas a tierra equipotencial y eficazmente.	NTC 2050 Art. 250-75 (a)	69
10	No se evidenció que los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de la edificación, tengan una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general.	RETIE Núm.. 15	75
11	No se evidenció conexión, a través de un conductor, entre la barra de puesta a tierra del Gabinete General y el electrodo de puesta a tierra. Adicional, el electrodo de puesta a tierra está instalado en un punto difícil de inspeccionar dentro del mismo gabinete, por lo tanto, debe ser reubicado de tal forma que quede instalado dentro de una caja de inspección de 30 cm x 30 cm.	RETIE Núm.. 15.3.1 (b.) Núm.. 15.3.1 (f.) Núm.. 15.3.1 (i.)	77
12	No se evidenció conexión, a través de un conductor, entre la barra de puesta a tierra del Gabinete General y el electrodo de puesta a tierra. Adicional, el electrodo de puesta a tierra está instalado en un punto difícil de inspeccionar dentro del mismo gabinete, por lo tanto, debe ser reubicado.	NTC 2050 Art. 250-115	80
13	No se pudo evidenciar que toda conexión del SPT esté limpia (de cemento, pintura, laca o barnices), debido a que el electrodo de puesta a tierra del Gabinete general no está conectado y, el SPT del transformador y acometida no es posible inspeccionarlo debido a que la zona está siendo utilizada como almacenamiento de maquinaria pesada. Adicional, en caso de no existir una caja de Inspección para el electrodo de puesta a tierra del transformador, se debe construir una de 30x30 cms con tapa, de acuerdo al RETIE y que permita la inspección visual y realizar las mediciones.	NTC 2050 Art. 250-118	81
14	No se evidenció que los terminales de conexión de los conductores de puesta a tierra de los equipos se identifiquen por medio de tornillo terminal (pintado de verde) o por el símbolo. Aplica para todo equipo eléctrico.	NTC 2050 Art. 250-119	82
15	No se evidenció la instalación de un DPS; ni existen documentos de diseño y de análisis de riesgo, que sustenten la NO instalación de un DPS para la protección de las instalaciones y equipos, contra sobretensiones transitorias.	RETIE Núm.. 20.14.2 (d.)	84
16	No se evidenció la instalación de un DPS; ni existen documentos de diseño y de análisis de riesgo, que sustenten la NO instalación de un DPS para la protección de las instalaciones y equipos, contra sobretensiones transitorias.	RETIE Núm.. 20.14.2 (g.)	85
17	No se evidenció la instalación de un DPS; ni existen documentos de diseño y de análisis de riesgo, que sustenten la NO instalación de un DPS para la protección de las instalaciones y equipos, contra sobretensiones transitorias.	RETIE Núm.. 20.14 (k.)	86
18	No se evidenció la instalación de un DPS; ni existen documentos de diseño y de análisis de riesgo, que sustenten la NO instalación de un DPS para la protección de las instalaciones y equipos, contra sobretensiones transitorias.	NTC 2050 Art. 280-4	88
19	Se evidenció que existen cinco tableros de distribución, de los cuales tres NO son fácilmente accesibles; éstos son, TD regulado (existe un transformador de aislamiento instalado en la zona baja que dificulta el acceso libre al tablero), TD Metalografía (existe una mesa de trabajo instalada en la zona baja que dificulta el acceso libre al tablero) y TD Fundición (el tablero fué instalado con una altura respecto al piso, mayor que la permitida, lo cual dificulta la apertura de la tapa, su mantenimiento, maniobra y cierre de la tapa).	RETIE Núm.. 27.4.3 (d.)	89
20	No se evidenció en los TD el Diagrama Unifilar, el cuadro para identificar los circuitos no está actualizado.	RETIE Núm.. 20.23.1.4	92

21	No se evidenció que los TD's tuviesen adherida, de manera clara, permanente y visible, el diagrama unifilar actualizado.	RETIE Núm.. 20.23.1.4	93
22	No se evidenció que, para los equipos o sistemas que usan tensión de 440 V, se indicara en los tableros y en puntos accesibles de conductores, una leyenda con el aviso del nivel de tensión respectivo.	RETIE Núm.. 6.3	94
23	Se evidenció que en varios TD's hay circuitos en los que se utiliza el blanco y el verde para las fases, lo cual debe ser corregido de acuerdo al código de colores.	RETIE Núm.. 6.3	95
24	Se evidenció que no se cumple con los espacios de trabajo alrededor de los TD's Regulado, Materialografía y Fundición; ésto según Artículo 110-16	NTC 2050 Art. 110-16	96
25	Se evidenció que NO se respeta el espacio dedicado para los TD's Regulado y Materialografía.	NTC 2050 Art. 110-16 (f.)	97
26	Se evidenció que las aberturas no utilizadas en los TD's, NO están cerradas eficazmente.	RETIE Núm.. 20.5.2 (f.)	103
27	Se evidenció que se utiliza más de un conector o terminal en la misma bornera o tornillo en los TD's	RETIE Núm.. 20.12.2(a.)	104
28	Se evidenció que el envolvente metálico de los TD's NO se encuentran puestos a tierra.	RETIE Núm.. 20.23.1.2(f.)	107
29	Se evidenció que los TD's tienen adherido el cuadro para identificar circuitos, pero no está actualizado.	RETIE Núm.. 20.23.1.4	109
30	Se evidenció que en los TD's no se utilizan terminales para hacer las conexiones entre cables y barrajes.	RETIE Núm.. 20.23.4 (j.)	111
31	Se evidenció que NO existe iluminación de emergencia en: rutas de evacuación, escaleras, cuartos técnicos	RETIE Num. 17.1 (a)	163
32	Al ser la instalación un lugar con alta concentración de personas, ya que es una Institución Educativa, NO se evidenció que se utilicen conductores eléctricos con aislamiento de muy bajo contenido de halógenos, no mayor a 0.5%, no propagadores de llama y baja emisión de humos opacos, certificados según las normas aplicables. Esto debido a que en la cubierta del cable no se evidencia esta información y no existen certificados de producto para el cable donde se pueda verificar este requerimiento.	RETIE Núm.. 20.2.9 (g.)	188
33	Se evidenció que en los TD's y varias cajas metálicas se retiraron las tapas de entrada de ductos no utilizadas, y se hicieron perforaciones adicionales.	RETIE Núm.. 20.5.2 (e.)	194
34	Se evidenció que la continuidad mecánica y la continuidad eléctrica en algunas estructuras metálicas, no ha sido realizada a través de puentes equipotenciales.	RETIE Núm.. 20.6.2.2(b.)	215
35	uso de pasacables, tubos o accesorios adecuados en las entradas y salidas de los TD's.	RETIE Núm.. 20.6.2.2(d.)	217
36	Se evidenció que varias canalizaciones expuestas o a la vista, no fueron marcadas con franjas de color naranja de al menos 10 cm de anchas	RETIE Núm.. 20.6 (a.)	243
37	Se evidenció que en varias salidas (tomacorrientes y luminarias) e interruptores, no se dejó como mínimo una longitud de 15 cm libre en los conductores para empalmes.	NTC 2050 Art. 300-14	253
38	Se evidenció que los sistemas accionados por motores eléctricos en el Laboratorio de Fundición que implican riesgos para los estudiantes y profesores, no tienen un sistema de parada de emergencia.	RETIE Núm.. 20.21. (h.)	281

Los hallazgos encontrados en las instalaciones eléctricas del bloque de materialografía, clasificados como no conformidades es una evidencia objetiva de la situación técnica en la que se encuentra el sistema eléctrico que no cumplen con algunos de los parámetros establecidos por el RETIE.

Lo ideal es que la institución Pascualina analice las causas y diseñe un plan de acción completo para efectuar las acciones correctivas (Acción para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable) o una corrección (Acción para eliminar una no conformidad detectada).

**Aclaración:** Puede haber más de una causa para la no conformidad - la acción correctiva se implementa para evitar recurrencia del problema o no conformidad - es diferente una corrección a una acción correctiva.

Como se mencionó en el numeral 5.2 de la metodología de este trabajo, se verificó el sistema de puesta a tierra del bloque; se detectó que el sistema eléctrico no cuenta con dicho sistema de puesta a tierra, el cual es de vital importancia para la seguridad y salvaguardar la vida de las personas y la vida animal por temas de descargas a tierra, tensiones de paso etc. Situación que también pone en riesgo todos los equipos y dispositivos electrónicos y eléctricos.

**6.4.4. Constitución y dimensionamiento de un sistema de tierra.** Para el dimensionado de la malla de tierra del bloque de Materialografía se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- a. El dimensionado de la instalación de tierra es función de la intensidad que, en caso de fallo, circula a través de la parte afectada de la instalación de tierra y del tiempo de duración del defecto.
- b. El dimensionado de las instalaciones se hará de forma que no se produzcan calentamientos que puedan deteriorar sus características o aflojar elementos desmontables.
- c. Los electrodos y demás elementos metálicos llevarán las protecciones precisas para evitar corrosiones peligrosas durante la vida de la instalación.
- d. Se tendrán en cuenta las variaciones posibles de las características del suelo en épocas secas y después de haber sufrido corrientes de fallo elevadas.

Al proyectar una instalación de puesta a tierra para una subestación, se seguirá el siguiente procedimiento:

- a. Investigación de las características del suelo.
- b. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra (monofásicas a tierra) y el tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.
- c. Diseño preliminar de la instalación de tierra.
- d. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra.
- e. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.
- f. Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación.
- g. Comprobar que las tensiones de paso y contacto calculadas son inferiores a las tensiones de paso y contacto admisibles.
- h. Investigación de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, rieles, vallas, conductores de neutro, blindaje de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de formas de eliminación o reducción.
- i. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

**6.4.5. Configuración del sistema de tierras.** Para la correcta operación del sistema eléctrico, se construye un sistema de tierras.

**6.4.6. Mediciones de resistividad.** La medición de la resistividad del terreno es la razón más importante para los electricistas al diseñar sistemas de puesta a tierra. La resistividad es un factor determinante en el valor de resistencia a tierra que pueda tener un electrodo enterrado, puede determinar a qué profundidad debe ser enterrado el mismo para obtener un valor de resistencia bajo. La resistividad puede variar ampliamente en terrenos que tengan las mismas características, su valor cambia con las estaciones. La misma es determinada grandemente por el contenido de electrolitos, el cual consiste de humedad, minerales y sales disueltas. Un suelo seco tiene un alto valor de resistividad si no contiene sales solubles. La resistividad es también influenciada por la temperatura.

El método más utilizado por los electricistas para realizar las mediciones es el de Wenner:

Para la medición se disponen 4 electrodos en línea recta y equidistantes una distancia "a", simétricamente respecto al punto en el que se desea medir la resistividad del suelo, como se muestra posteriormente, el equipo de medida es un telurómetro de cuatro terminales, los

electrodos externos son los de inyección de la corriente y los centrales los encargados de medir la caída de potencial (en función de la resistencia).

Se tomaron las medidas de resistividad del suelo con un telurómetro marca METREL, referencia MI2088. De acuerdo a la norma RA6-014 el método obtiene la resistividad del suelo para capas profundas sin enterrar los electrodos a dichas profundidades; No es necesario un equipo pesado para realizar las medidas; Los resultados no son afectados por la resistencia de los electrodos auxiliares o los huecos creados para hincarlos en el terreno.

**6.4.7. Instrumento utilizado (telurómetro).** Para el diseño en estudio las medidas de resistividad fueron realizadas con el Telurómetro marca METREL MI2088.



*Figura 34.* Telurómetro METREL MI2088.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

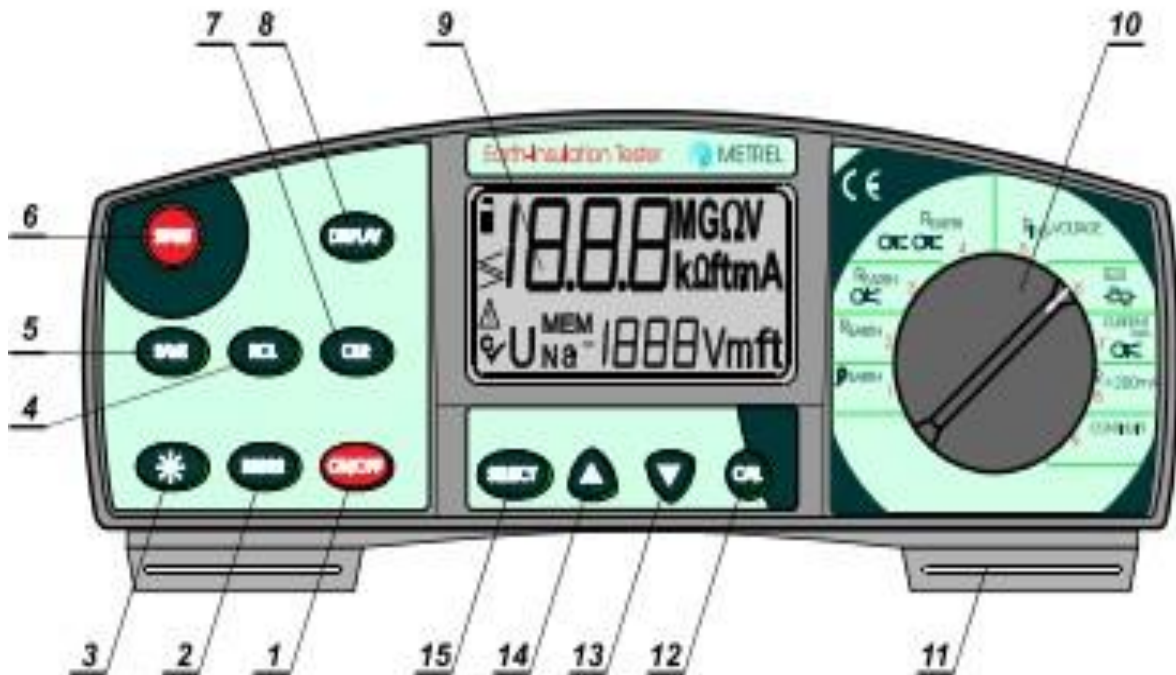


Figura 35. Partes del telurómetro

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

<i>Earth Insulation Tester</i>	<i>Descripcion del instrumento</i>
1	<b>ON/OFF</b> , para encender (ON) y apagar el instrumento. Si en el lapso de 10 minutos no se realiza alguna maniobra, el insmtrumento se apagará (Auto Off) automáticamente.
2	<b>RS 232</b> , para comunicarse con una PC.
3	<b>LAMP</b> , para activar (ON) o desactivar (OFF) la iluminación de la pantalla. Una vez activado (ON) el display se apagará automáticamente (OFF) en 20 segundos luego de que alguna función haya sido utilizada.
4	<b>RCL</b> para recuperar los valores almacenados.
5	<b>SAVE</b> para almacenar en memoria los resultados de las mediciones.
6	<b>START</b> inicia la medición excepto la de Tensión (que comienza automáticamente)
7	<b>CLR</b> para borrar de la memoria magnitudes almacenadas.
8	<b>DISPLAY</b> para: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Chequea las resistencias de las jabalinas de corriente y potencial (rC y rP) en funciones <b>p EARTH</b>, <b>R EARTH</b> and <b>R EARTH</b> (clamp).</li> <li>◆ Con el selector en posición <b>R<sub>INS</sub>/VOLTAGE</b> cambia entre Tensión y Resistencia de Aislación..</li> <li>◆ Chequea la tensión Uac en la función ensayo de Varistor.</li> <li>◆ Chequea los resultados parciales en la función <b>R +/-200mA</b>.</li> </ul>
9	<b>Pantalla LCD</b> con iluminación posterior.
10	<b>Selector de Función</b> , elija el parámetro a ser medido.
11	<b>Ranura para cinta</b> , para adosar una correa para transportarlo.
12	<b>CAL</b> para compensar la resistencia de las puntas de ensayo en la función <b>R +/- 200 mA</b> .
13	↓ Para decrementar el valor del parámetro.
14	↑ Para incrementar el valor del parámetro.
15	<b>SELECT</b> para seleccionar los parámetros de las funciones siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Función de resistividad de tierra: Selecciona la distancia .</li> <li>◆ Funciones de Resistencia de tierra: para elegir el valor del límite superior.</li> <li>◆ Resistencia de aislación: para seleccionar la tensión nominal y el límite inferior.</li> <li>◆ Prueba de Varistor: para elegir el límite inferior y superior de la tensiones de ensayo</li> <li>◆ Continuidad de conductores de Protección (<b>R ± 200mA</b>): para determinar el valor límite superior.</li> <li>◆ Ajustes generales: inmunidad contra ruidos en la señal (frecuencia nominal 50Hz/60Hz) y unidad de Resistividad a Tierra (<math>\Omega m</math> o <math>\Omega ft</math>).</li> </ul>

Figura 36. Descripción de las partes del Telurómetro  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

#### 6.4.8 Metodo de medida wenner



Figura 37. Método de medida Wenner.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



#### 6.4.9. Medición resistividad del suelo con longitudes de 0, 1, 2 y 3 metros



*Figura 38.* Punto de inicio (0).

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 39.* Longitud (1 metro).

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 40.* Longitud (2 metros )

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



Figura 41. Longitud (3 metros).

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

Medida a 1 metro	
Longitud	Resultado
0	34.7 $\Omega$ m
1 metro	
2 metros	
3 metros	

Figura 42. Resultado medidas de resistividad del suelo, longitudes de 0,1,2,y 3 metros.

Fuente: diseño José María García Holguín

#### 6.4.10 Medición resistividad del suelo con longitudes de 0,2,4 y 6 metros.



Figura 43. Punto de inicio (0).

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 44. Longitud (2 metros).*

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 45. Longitud (4 metros).*

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 46. Longitud (6 metros).*

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 47.* Resultado medidas de resistividad del suelo con longitudes de 0,2,4 y 6 metros  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

#### 6.4.11 Medición resistividad del suelo con longitudes de 0,3,6 y 9 metros



*Figura 48.* Punto de inicio (0)  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 49.* Longitud (3 metros).  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 50.* Longitud (6 metros).

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 51.* Longitud (9 metros).

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Medida a 3 metros	
Longitud	Resultado
0	155.1 $\Omega$ m
3 metros	
6 metros	
9 metros	


 A close-up photograph of a soil resistivity meter's digital display. The screen shows a reading of 155.1  $\Omega$ m. The meter has various buttons and a rotary dial.

*Figura 52.* Resultado medidas de resistividad del suelo con longitudes de 0,3,6 y 9 metros.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

**6.4.12. Resultados.** Para las medidas se siguió el método de Wenner. En la Tabla N°12 se muestra los valores de resistividad obtenida.

**Datos para el cálculo del modelo del terreno de dos capas**

---

Medidas de resistividad del terreno por el método de Wenner

Proyecto Wenner: **MEDIDA DE RESISTIVIDAD PASCUAL BRAVO**

Número de medida: 1  Habilitar

Espaciado entre electrodos (metros):

Resistividad medida (Ohmios · metro):

Tabla de mediciones de resistividad

Medida	Habilitada	Espaciado (metros)	Resistividad (Ohmios · metro)
1	Sí	1	34,7
2	Sí	2	44,7
3	No	3	155,1
4	Sí	4	100,8

---

Valores iniciales para el cálculo del modelo

Capa	Resistividad (Ohmios · metro)	Espesor (metros)
Superior	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="1"/>
Inferior	<input type="text" value="120"/>	

Utilizar método del máximo descenso

*Figura 53.* Valores medidos resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ].

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

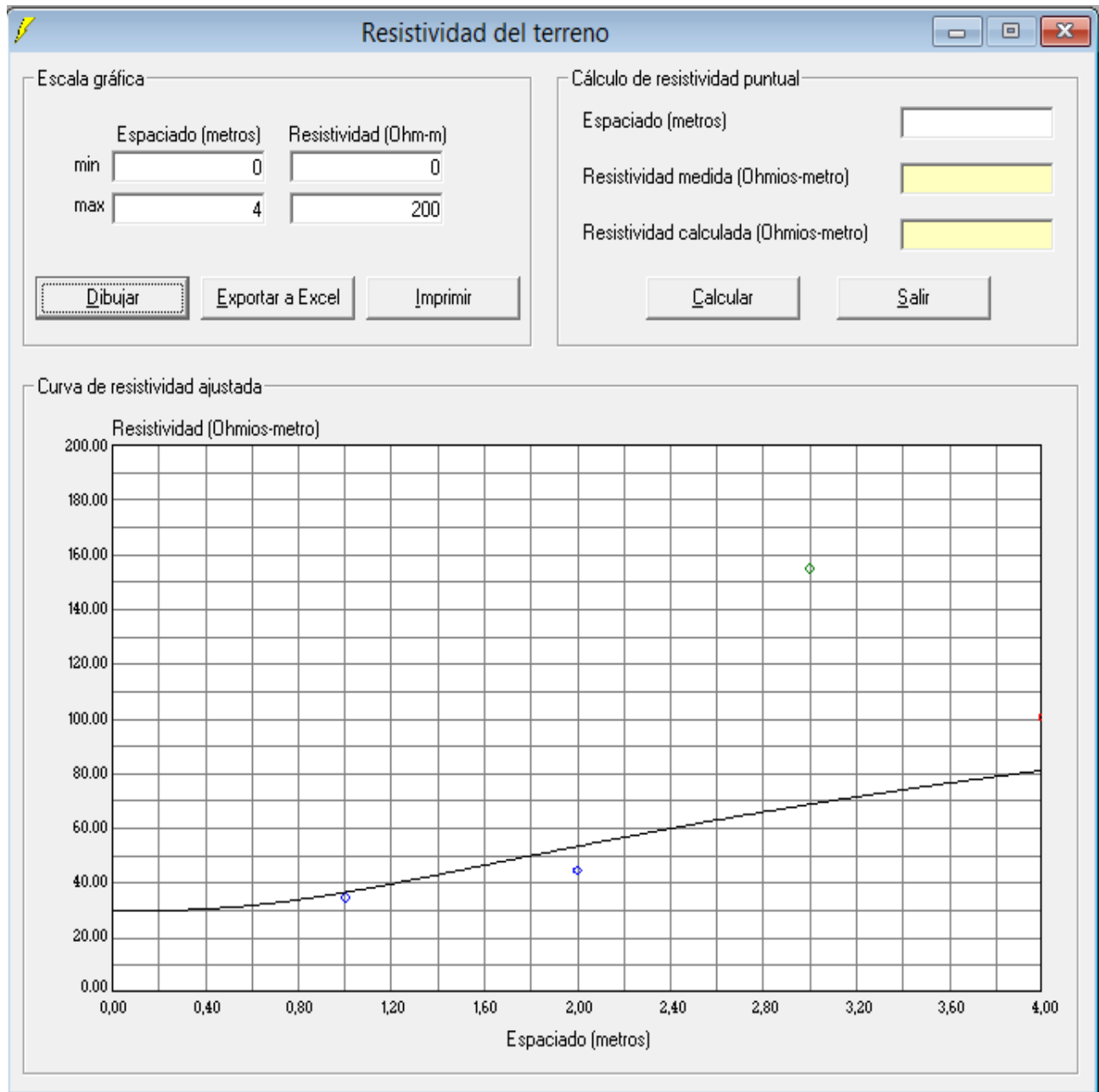


Figura 54. Gráfico resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ].

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

A partir de los datos de resistividad, se obtuvo un modelo del terreno de dos capas con los resultados indicados en la **Tabla N°11**.

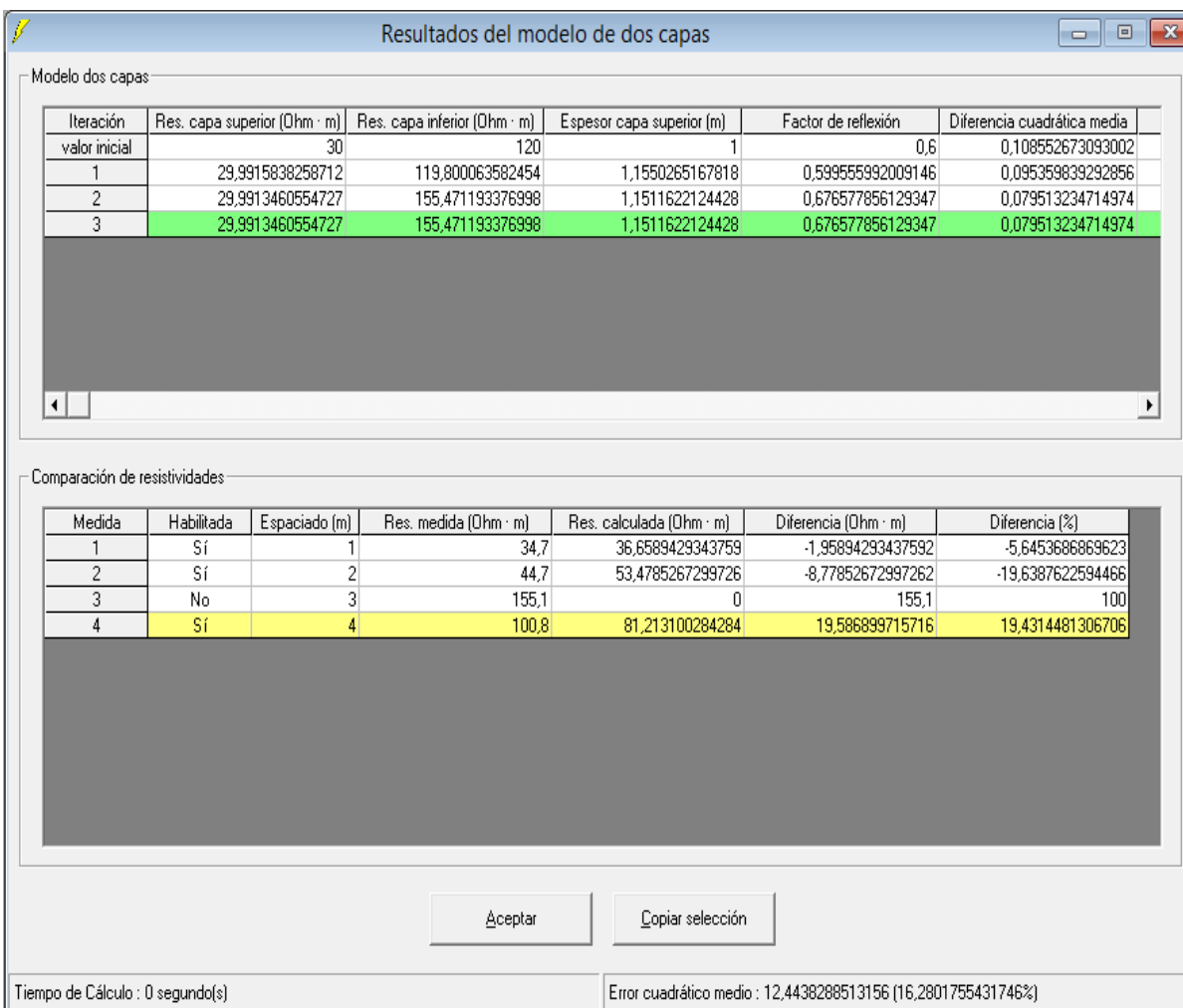


Figura 55. Gráfico resultado modelo de las dos capas.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Tabla 11.

Resultados modelo de las capas del terreno.

Resistividad [ $\Omega \cdot m$ ]		Profundidad capa superior [m]	Coefficiente de reflexión
Capa superior ( $\rho_1$ )	Capa inferior ( $\rho_2$ )	H	K
29.99	155.47	1.15	0.67

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



### 6.4.13 Medición de resistividad del suelo con longitudes de 0,4,8 y 12 metros.



*Figura 56.* Punto de inicio (0)

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 57.* Longitud (4 metros).

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 58.* Longitud (8 metros).

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 59.* Longitud (12 metros).

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Medida a 4 metros	
Longitud	Resultado
0	<b>100,8 <math>\Omega</math> m</b>
4 metros	
8 metros	
12 metros	

*Figura 60.* Resultado medidas de resistividad del suelo con longitudes de 0,4,8 y 12 metros.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

En la siguiente tabla se relacionan las medidas de resistividad del suelo tomadas en campo

Tabla 12.  
*Medidas generales de resistividad del suelo.*

<b>Telurometro METREL MI2088</b>	
<b>Medidas de resistividad del suelo</b>	
<b>Longitud</b>	<b>Resultado</b>
<b>Medida a 1 metro</b>	
0	<b>34.7 <math>\Omega</math> m</b>
1 metro	
2 metros	
3 metros	
<b>Medida a 2 metros</b>	
0	<b>44.7 <math>\Omega</math> m</b>
2 metros	
4 metros	
6 metros	
<b>Medida a 3 metros</b>	
0	<b>155.1 <math>\Omega</math> m</b>
3 metros	
6 metros	
9 metros	
<b>Medida a 4 metros</b>	
0	<b>100,8 <math>\Omega</math> m</b>
4 metros	
8 metros	
12 metros	

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

### 6.5 El modelo de las dos capas.

El diseño del sistema de puesta a tierra se realiza con base en el RETIE y luego se detalla, utilizando para los cálculos, un programa de computador basado en el método de las dos capas y la teoría de las imágenes.

El método de las dos capas consiste en la modelación del suelo en dos capas de resistividad uniforme con base en los valores de resistividad tomados en el terreno. Este modelo sirve para estudiar el comportamiento del sistema de puesta a tierra frente a fallas originadas por

condiciones atmosféricas o en el sistema de potencia. En la Figura No.2 se ilustra el modelo de las capas.

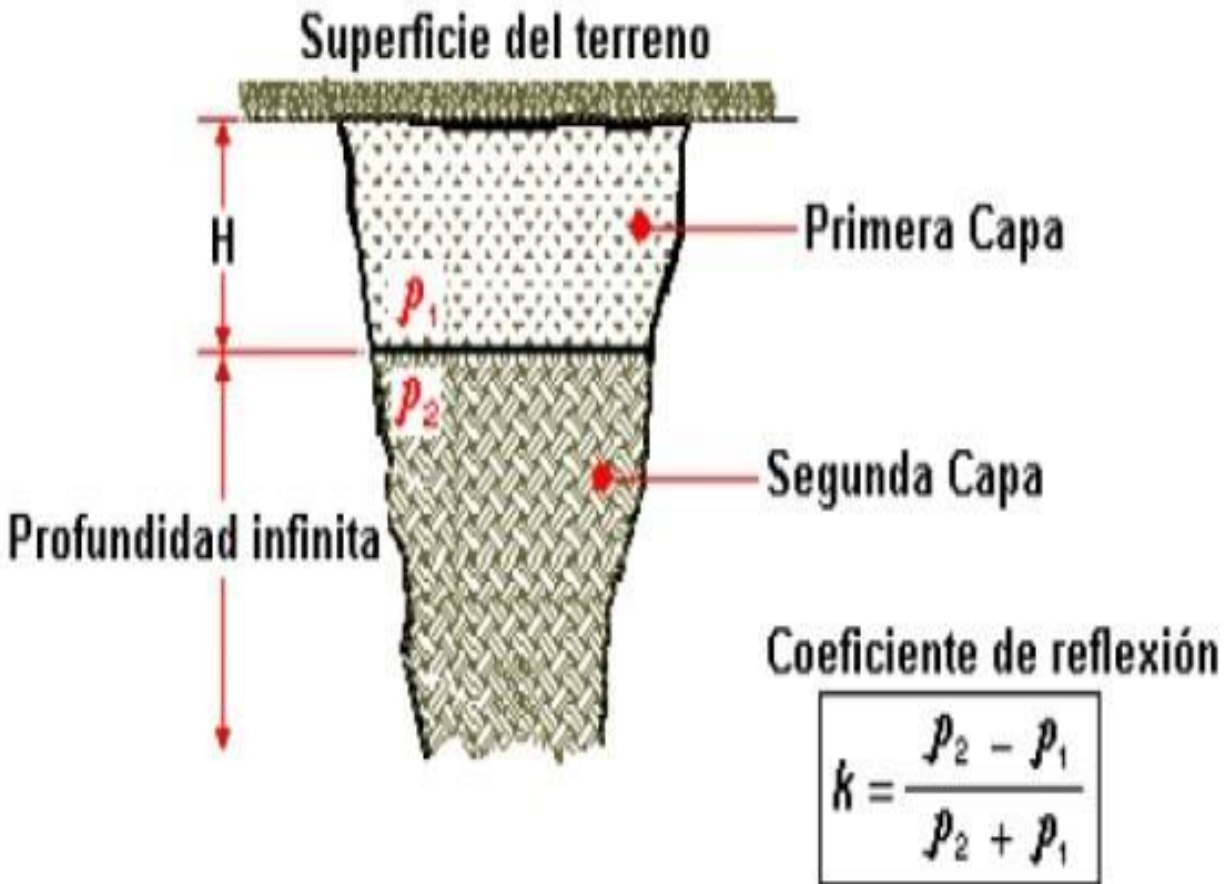


Figura 61. Modelo de las dos capas del terreno.  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Dónde:

$\rho_1$ : Resistividad de la capa superior del terreno

$\rho_2$ : Resistividad de la capa inferior del terreno

## 6.6. Características del sistema eléctrico.

La red que alimenta el proyecto, proviene del circuito de **EPM R31-06** de la subestación del operador de red (O.R.) local. De acuerdo con la información suministrada por el operador de red, se tiene la siguiente información técnica en el punto de conexión del proyecto.

Las características nominales del transformador de distribución que surte el bloque 19 de materialografía, se indica en la tabla N°12

Tabla 13.

*Características nominales del transformador.*

Potencia asignada [kVA]	Tensión primaria [kV]	Tensión secundaria [V]
150	13200	208/120

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

### 6.7 Diseño de la malla de puesta a tierra

El diseño de la malla de puesta a tierra contempla la verificación de la distribución de corrientes a tierra, la selección del conductor, el cálculo de la resistencia de puesta a tierra y el análisis de las tensiones de contacto y de paso, producidas durante fallas a tierra.

El piso de concreto que cubre la zona donde se colocará la malla de puesta a tierra, se simuló como una capa de triturado de 20 cm de espesor y con una resistividad de 2500  $\Omega$ \*m.

Los niveles de corto circuito en el punto de conexión del circuito principal del proyecto Bloque 19 Materialografía – Pascual Bravo, proporcionados por el O.R. local son los siguientes:

Tabla 14.

*Niveles de cortocircuito.*

NIVELES DE CORTOCIRCUITO		
ITEM	CONVENCIÓN	VALOR
Corriente de falla trifásica simétrica	KA	4.06
Corriente de falla monofásica simétrica	KA	3.84
Corriente de falla trifásica asimétrica	KA	4.44

Corriente de falla monofásica asimétrica	KA	2.96

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

Tabla 15.

*Datos en la barra de la subestación del O.R*

<b>DATOS EN LA BARRA DE LA SUBESTACIÓN DEL O. R</b>		
<b>ITEM</b>	<b>CONVENCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
R1	OHMOS	0.9483
X1	OHMOS	1.4308
R0	OHMOS	2.5948
X0	OHMOS	3.4120

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Tabla 166.

*Calibre y longitud de los conductores desde la subestación del O;R hasta el punto de conexión.*

<b>CALIBRE Y LONGITUD DE LOS CONDUCTORES</b>		
<b>TIPO DE CABLE</b>	<b>CONVENCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
350 kCM, XLPE, 15kV, 133% aislamiento.	Km	2.580
266.8, AWG, ACSR	Km	0.334
4/0, AWG, ACSR	Km	0.487
1/0, AWG, ACSR	Km	0.080
2, AWG, ACSR	Km	0
4, AWG, ACSR	Km	0

Fuente: diseño José Mael García Holguín

**6.7.1. Distribución de corrientes.** En la **figura N°6**, con la información suministrada por el O.R. local y de acuerdo a la configuración de la red de distribución, se simuló mediante el programa ATP una falla monofásica a tierra utilizando los valores entregados por el O.R. local, presentando una inyección de corriente por la malla de **128.33A**.

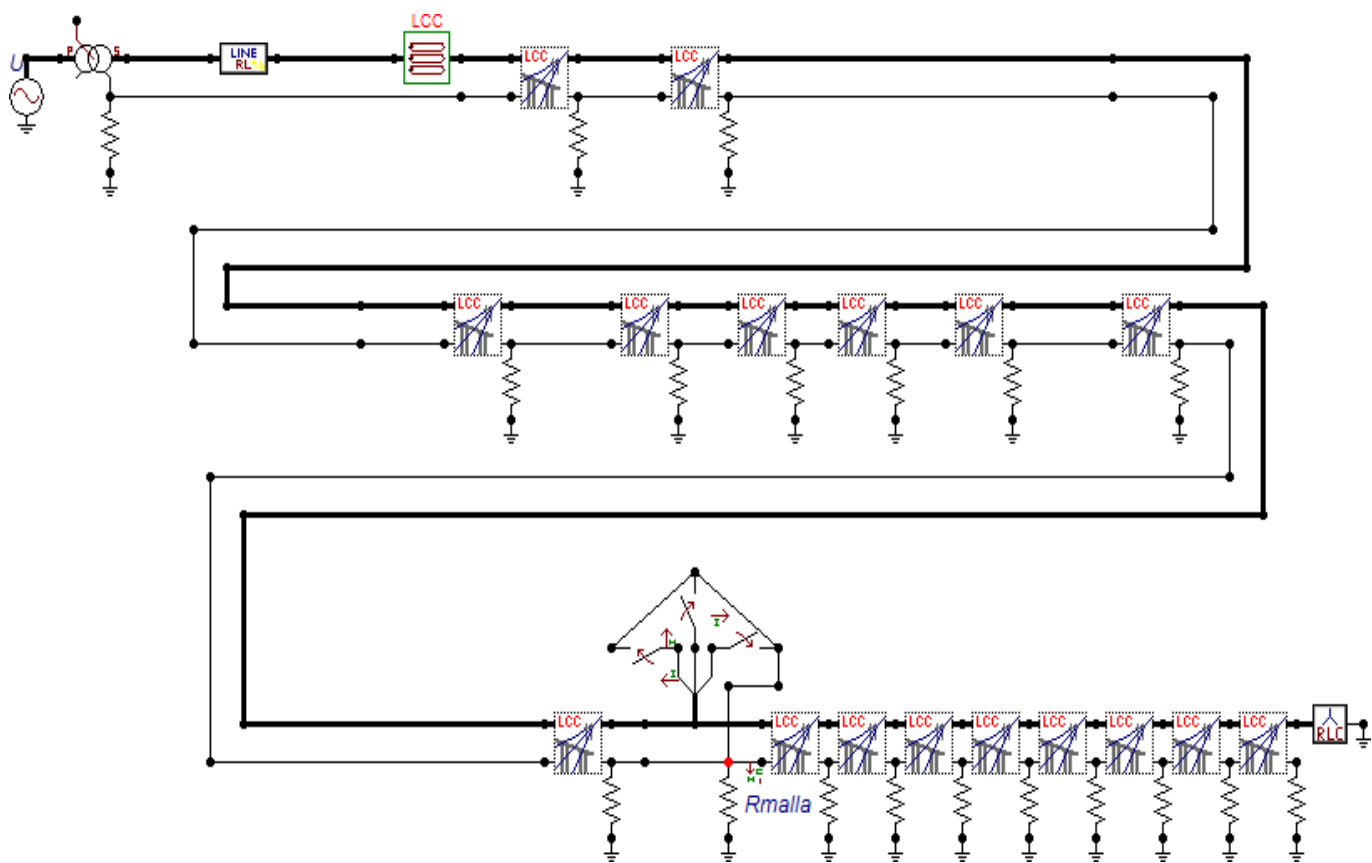
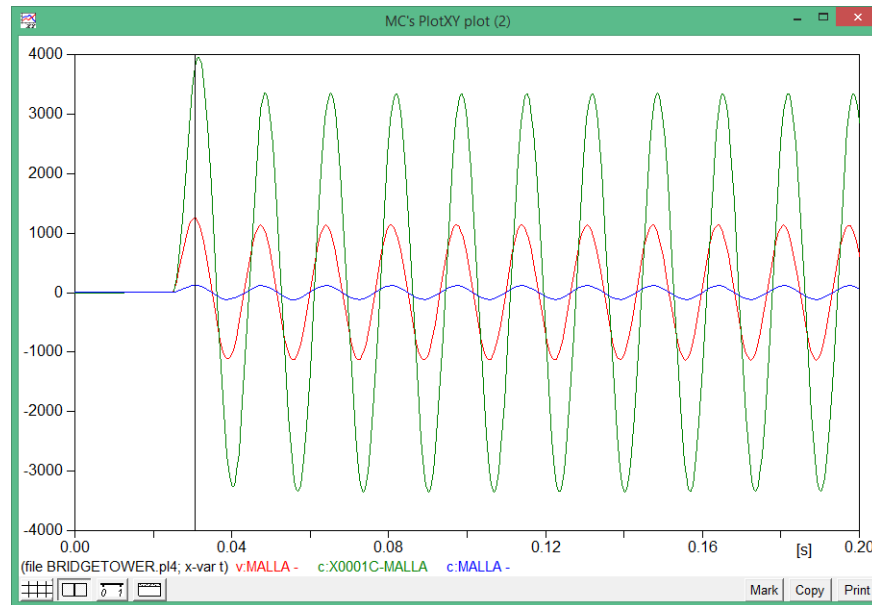
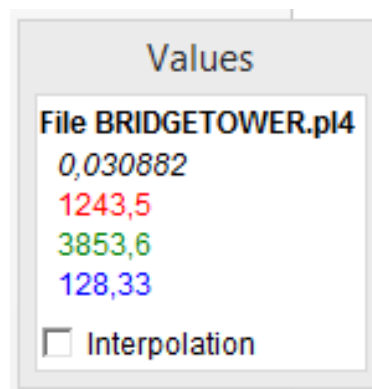


Figura 62. Sistema modelado para hallar la corriente que circula por las mallas.  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

En la figura 63 se ilustra el gráfico con los resultados de la simulación de distribución de corrientes a tierra.



*Figura 63.* Resultados simulación de distribución de corrientes a tierra  
Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 64.* Valores de corriente de falla monofásica asimétrica, GPR y corriente por la malla de diseño.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

La corriente de diseño de la malla de puesta a tierra por seguridad la tomaremos 5% más, del valor encontrado para una corriente de diseño de **134.74A** (rms) y fue calculada siguiendo las directrices de la norma IEEE80-2000.



## 6.8 Selección del conductor de la malla.

Teniendo en cuenta que las protecciones actúen en un tiempo inferior a 200 ms, tal como lo estima la norma ANSI/IEEE Std. 242 “IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems” y dado que la distribución de la corriente por la malla se efectúa por las retículas; El cableado de la malla debe realizarse en cable **2/0 AWG** Cu desnudo (sección mínima), este se seleccionó de la siguiente expresión siguiendo las directrices de la norma ANSI/IEEE 80.

$$A_{kcmil} = I \cdot K_f \sqrt{t_c}$$

$$(\text{mm}^2 \times 1.974 = \text{kcmils})$$

De donde:

$A_{\text{mm}^2}$ : Sección del conductor en  $\text{mm}^2$

I: Corriente de falla a tierra, suministrada por el O.R. (rms en kA)

$K_f$ : Constante del material empleado (=7 para el cobre)

$T_c$ : tiempo de despeje de la falla a tierra en segundos.

Se concluye, que para una corriente de cortocircuito máxima (corriente de falla trifásica asimétrica) de **9.94kA**, de acuerdo a los niveles de corto circuito entregados por el operador de red, con uniones en soldadura exotérmica y un tiempo de despeje de la falla de 0.5s, el área calculada es de **24.92mm<sup>2</sup>**.

Donde se infiere que el área del cable recomendado para la malla de puesta a tierra **para la subestación** es de **67.40mm<sup>2</sup>**, que corresponde a un **No. 2/0 AWG**, que es el calibre mínimo para mallas de puesta a tierra según recomendaciones de la norma IEEE 80, pero se utilizara un **No. 2/0 AWG**, para obtener el valor de la resistencia de puesta a tierra buscado por debajo de **10Ω**.

Se debe colocar la malla a una profundidad de 50 cm, medidos a partir de la superficie del suelo (tierra física).

Para la conexión a tierra de los equipos, celdas, gabinetes y estructuras de la edificación, es necesario emplear una cola en cable de cobre **No. 1/0 AWG** con borne terminal apto para cobre.

Además de los transformadores, se debe conectar a tierra el neutro de la acometida primaria, y los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico en el cuarto de la subestación. Los equipos de la subestación por ningún motivo pueden quedar por fuera de la malla de puesta a tierra.

Se debe construir mínimo una caja de inspección de 30x30 cm libres, para efectos de medida e inspección de la malla de la instalación.

Todas las uniones de la malla se deben realizar con soldadura exotérmica (mirar anexo).

Algunas medidas realizadas sobre losas de concreto (teniendo en cuenta el hierro de la estructura) y estando secas, nos mostraron valores superiores a 50 k $\Omega$ ; este valor sumado a la resistencia de contacto de los pies y del calzado, permite aumentar las tensiones de paso y de toque permisibles en el área de la subestación, debido a la alta resistividad del concreto seco (entre 10<sup>6</sup> y 10<sup>9</sup> W\*m).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la corriente que circularía por el cuerpo de una persona descalza y con los pies secos en el cuarto de la subestación sería de 35 mA (rms) durante 500 ms (bajo una eventual condición de falla), valor que está en la zona segura de las gráficas mostradas en la norma IEC 479-1. Además, la corriente máxima sin riesgo de fibrilación ventricular que permite la norma IEEE80-2000 para personas de 50 kg es de 164 mA (rms) durante 500 ms.

La corriente máxima sin riesgo de fibrilación ventricular se calcula como:

$$I_f = \frac{k}{\sqrt{t_s}}$$

Con:

$k=0.116$  para peso humano de 50 kg

$k=0.157$  para peso humano de 70 kg

Y donde:

$t_s$ : Duración de la corriente [s]

$I_f$ : Corriente máxima sin riesgo de fibrilación ventricular.

La tensión de contacto permisible es **667.59V** y se calcula como:

$$V_t = \left[ R_c + \frac{1}{2} (R_p + R_{mp}) \right] \cdot I_f$$

Siendo  $R_c$  la resistencia del cuerpo;  $R_p$  la resistencia de contacto o de puesta a tierra de un pie;  $R_{mp}$  la resistencia mutua entre los pies.

La tensión de paso permisible es **2178.23V** y se calcula como:

$$V_p = [R_c + 2(R_p - R_{mp})] \cdot I_f$$

Para el cálculo de la resistencia de contacto de los pies, se consideran éstos como discos metálicos de radio  $R_p$ , separados una distancia  $d$ , colocados en la superficie del suelo.

Asumiendo resistividad uniforme  $r$  para el suelo, lo que incluso sería válido en un suelo de dos capas, considerando entonces sólo la capa superior, ya que, para las dimensiones del pie es suficiente considerar esta capa, se tiene:

$$R_p = \frac{\rho}{4 \cdot r_p} \qquad R_{mp} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

Tensión de contacto: **163.29 V**.

Tensión de paso: **31.47 V**.

GPR: **999.69V**.

Las tensiones de contacto son inferiores al GPR (**999.69V**) de la malla de puesta a tierra (mirar simulación) sin embargo todo equipo y cerramiento debe quedar sólidamente puesto a tierra, las tensiones de paso son inferiores al GPR (**999.69V**) de la malla de puesta a tierra (mirar simulación), y se demuestra que se cumplen con las condiciones de seguridad en cuanto a tensiones de contacto y de paso se refiere.

### **6.9. Resistencia de puesta a tierra.**

Este sistema de puesta a tierra propuesto contempla la instalación de una malla en cable de cobre embebida en el piso exterior del edificio 50 cm, consta de **4** electrodos de **5/8" x 2.40 m**, enlazados entre sí, formando un **cuadrado de 3mt de lado**, todo con cable **2/0 AWG Cu** desnudo.

Además del transformador, se debe conectar a tierra el neutro de la acometida primaria, y los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico en el cuarto de la subestación. El seccionador, el transformador, los gabinetes la planta de emergencia y contadores estarán ubicados la subestación.

Se debe conectar a tierra el neutro de la acometida primaria, y los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico en el cuarto de la subestación y/o malla eslabonada exterior.

Para determinar la resistencia de puesta a tierra de la malla, se utilizó el programa de computador, los distintos métodos, hipótesis y teorías en que se fundamentan los cálculos de esta aplicación son:

a. La ecuación fundamental en el cálculo del sistema de puesta a tierra, es la que establece que en determinadas condiciones el laplaciano del potencial eléctrico es nulo.

b. Expondremos métodos físicos, como el de Wenner, para medir la resistividad de un terreno y fundamentaremos el cálculo de potenciales debidos al flujo de corriente por un conductor cilíndrico en suelos uniformes o de dos capas.

c. También se desarrollarán los métodos numéricos utilizados para el cálculo de los parámetros de un modelo de dos capas (Marquardt-Levenberg), resolución de sistemas de ecuaciones de grandes dimensiones (gradiente biconjugado) e interpolación para ajuste de perfiles de corriente o tensión (Spline).

d. El cálculo del sistema de puesta a tierra se basa en una serie de hipótesis fundamentales de partida y en la segmentación de los conductores que forman el sistema.

El método aquí expuesto, es válido únicamente para electrodos de puesta a tierra formados por conductores cilíndricos orientados en el espacio en cualquier dirección (paralelos, perpendiculares o inclinados con respecto a la superficie del terreno), es decir, no es válido, por ejemplo, para electrodos hemisféricos, placas macizas, anillos circulares, etc., aunque algunos de estos se pueden simular con conductores cilíndricos.

En la **tabla N°17** se muestran los datos de entrada al programa.

Se debe construir mínimo una caja tipo distribución de 30x30cm libres, para efectos de medida e inspección de la malla de la instalación.

La malla de puesta a tierra construida, se debe someter a revisión por parte del interventor del O.R. local, o el inspector RETIE, antes de cubrirla, para verificar su tamaño y profundidad de enterramiento, se debe también medir su resistencia (sin tenerla unida con el neutro del sistema) después de cubierta y posteriormente ponerla en servicio.

Tabla 17.  
*Datos de entrada al programa.*

<b>Magnitud</b>	<b>Valor</b>
	<b>Malla Enterrada</b>
<b>Resistividad capa superior del suelo [<math>\Omega \cdot m</math>]</b>	29.99
<b>Resistividad capa inferior del suelo [<math>\Omega \cdot m</math>]</b>	155.4
<b>Resistividad de la capa de cascajo o concreto [<math>\Omega \cdot m</math>]</b>	2.500
<b>Espesor de la capa de cascajo o concreto [m]</b>	0.2
<b>Profundidad de la primera capa [m]</b>	1.15
<b>Profundidad de enterramiento de la malla [m]</b>	0.5
<b>GPR [V]</b>	999.36
<b>Tiempo de aclaración de la falla [s]</b>	0.5
<b>Radio del conductor [cm]</b>	0.525
<b>Número de varillas [Un]</b>	4
<b>Radio de la varilla [cm]</b>	0.7937
<b>Longitud de la varilla [m]</b>	2,4

Fuente: diseño José Manuel García Holguín

**Parámetros**

---

**Cálculos del modelo de dos capas**

Precisión para la optimización:

Número máximo de iteraciones:

Precisión en el cálculo de series de términos infinitos:

**Valores de entrada**

Corriente descargada a tierra por el sistema (Amperios):

Sobretensión de tierra (Voltios):

Tiempo de despeje de la falta (segundos):

---

**Cálculos del sistema de puesta a tierra**

Potencial medio de un segmento : evaluar potencial en  4 Puntos  8 Puntos

En caso de cálculo de corriente negativa sobre un segmento  No hacer nada  Poner a cero

Suma de series infinitas en cálculos de potencial para modelos de dos capas:

Parar la suma de la serie si el término actual calculado es   $\leq$     $\leq$   % de la suma de la serie

Calcular series mediante la fórmula de Euler-McLaurin  Aproximar hasta la  3ª derivada  5ª derivada

Número de puntos a evaluar para cálculos de tensión de paso  8 Puntos  16 Puntos

Precisión en el cálculo de sistemas de ecuaciones:

---

**Cálculos de seguridad**

Calcular tensiones admisibles según la norma ITC-MIE-RAT 13

Marcar si existe una capa superficial con diferente resistividad

Resistividad de la capa superficial (Ohmios · metro):

Calcular tensiones admisibles según la Guía IEEE Std 80-2000 para la seguridad en la puesta a tierra de subestaciones de CA

Calcular tensiones admisibles para un peso en kg de:

Marcar si existe una capa superficial de protección de alta resistividad

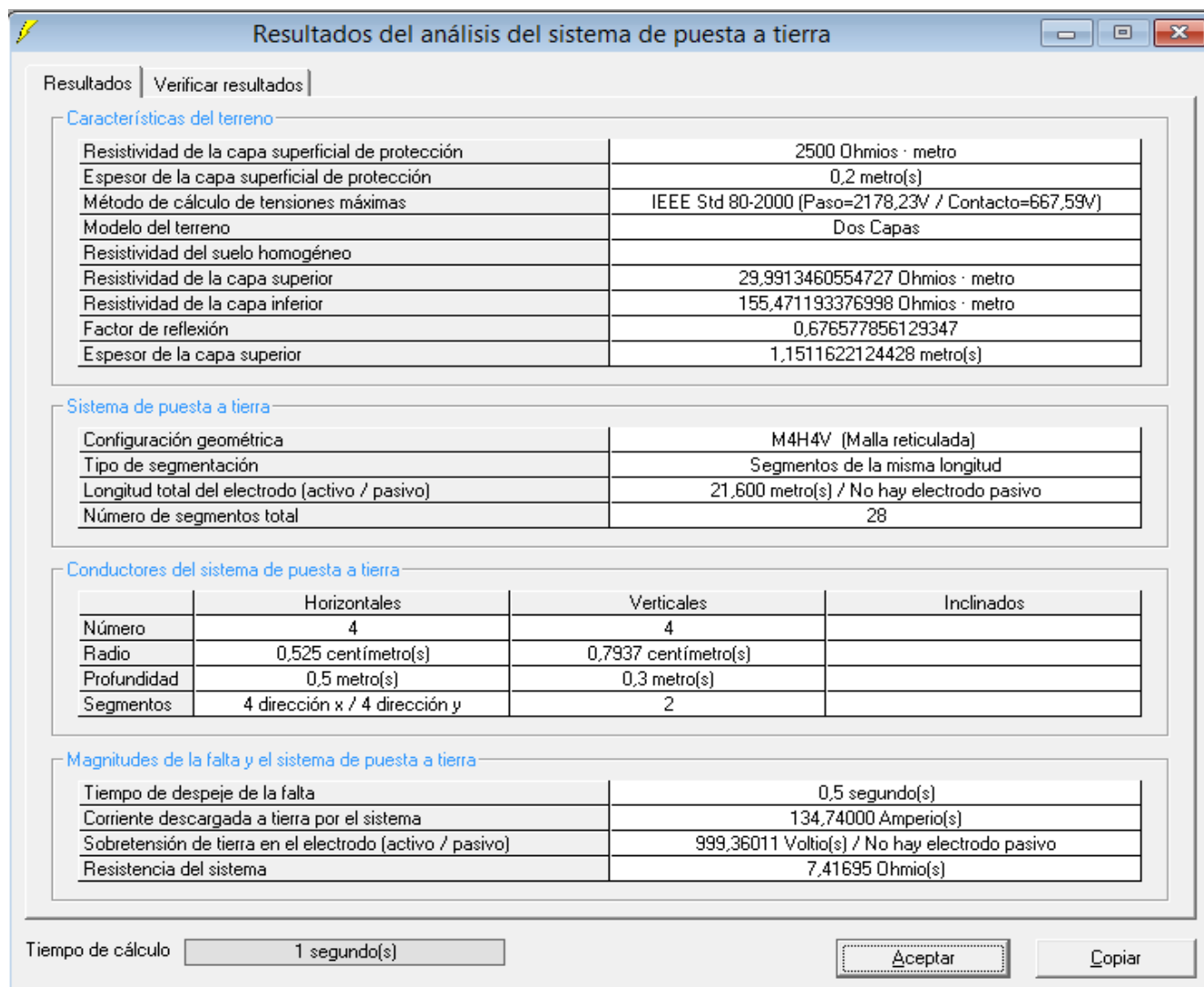
Resistividad de la capa superficial (Ohmios · metro):  Espesor de la capa superficial (metros):

Paso:  Contacto:

Tensiones máximas admisibles definidas por el usuario (Voltios):

*Figura 65.* Parámetros iniciales para la simulación ATP.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



*Figura 66.* Resultados del análisis del sistema de puesta a tierra.

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

La resistencia del sistema de puesta a tierra determinada con el programa, es de **7.41 $\Omega$** , y cumple con los valores máximos recomendados por el RETIE.

### 6.10. Criterios de seguridad.

Los principales criterios de seguridad en el diseño de una malla de puesta a tierra corresponden a la limitación de los potenciales de contacto y potenciales de paso.



El programa de computador permite obtener las tensiones superficiales, tensiones de contacto y tensiones de paso para un perfil seleccionado, ver **figura N°10**.

#### **6.11. Tiempo de duración de la falla.**

La mayor parte de las fallas de un sistema de potencia son aclaradas entre 30 ms y 200 ms, dependiendo del tiempo de operación y de la coordinación establecida, para la operación de las protecciones. Con el propósito de ser conservativos para la verificación de las tensiones de contacto y de paso al interior de la malla, se asumió un tiempo de despeje de 500 ms, como lo recomienda la norma ANSI/IEEE Std. 80 “IEEE Guide for Safety in A.C. Substation Grounding”.

#### **6.12. Tensión supervisor, tensión de contacto y tensión de paso.**

Para el control de las tensiones de contacto y de paso se consideró un G.P.R. (Ground Potential Rise) en la malla puesta a tierra con un valor de **999.69V**.

Se analizó el perfil en la malla embebida en el cuarto de la subestación, tal como se indica en la **figura N°11**.

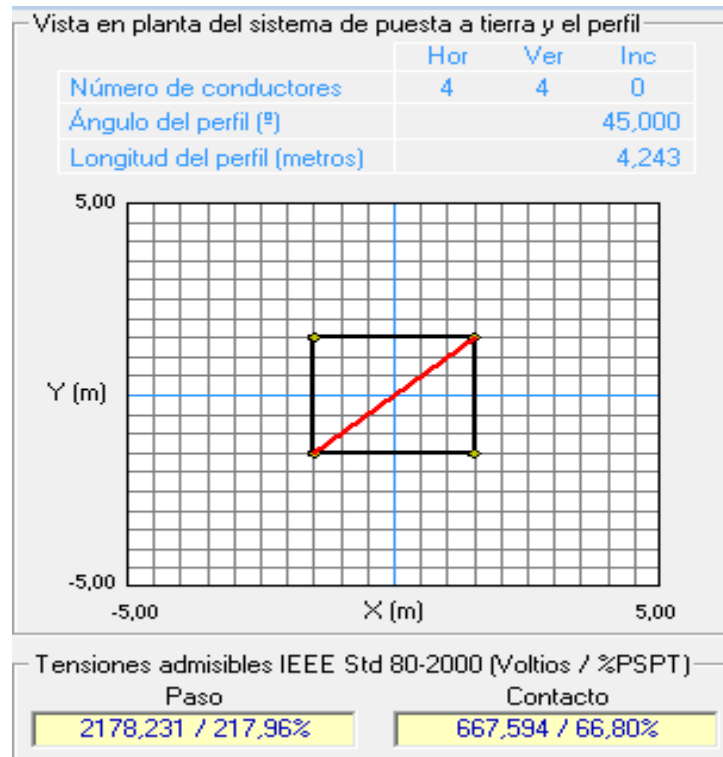


Figura 67. Perfil de tensión evaluado en la malla embebida.

Fuente: diseño José Manuel García Holguín

Del análisis del perfil se concluye que las tensiones de contacto y de paso han sido controladas en el interior del cuarto de la subestación y el área de la puerta.

Ver resultados anexos, simulaciones y gráficos.

Dos objetivos principales deben lograrse en el diseño de las mallas de tierra de las subestaciones bajo condiciones normales y de fallas:

- a. Proveer un medio para disipar las corrientes eléctricas en la tierra sin exceder los límites de operación de los equipos.
- b. Debe asegurar que una persona en la vecindad de este sistema no esté expuesto al peligro de choque eléctrico.

La correcta conexión a tierra de todo el sistema eléctrico, es un factor de suma importancia para la seguridad del personal y del equipo eléctrico en sí.

El propósito que se persigue con la existencia de los sistemas de tierra es:

- a. Protección para el personal operativo, autorizado o no autorizado.
- b. Protección a los equipos e instalaciones contra tensiones peligrosas.
- c. Evitar que, durante la circulación de falla a tierra, se produzcan diferencias de potencial entre distintos puntos de la instalación, proporcionando para esto, un circuito de muy baja impedancia para la circulación de estas corrientes.
- d. Apego a normas y reglamentos públicos en vigor.

### **6.13. Diseño del sistema eléctrico.**

Se elabora diseño de un sistema eléctrico teniendo en cuenta el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, el Código Eléctrico Nacional - NTC 2050 y las recomendaciones aplicables de normas internacionales tales como, NEC, NEMA, ANSI, IEEE etc. Adicionalmente se considerarán las recomendaciones de diferentes manuales y textos especializados y recomendaciones de la práctica de ingeniería, como se mencionó en el punto 4.3 de este trabajo.

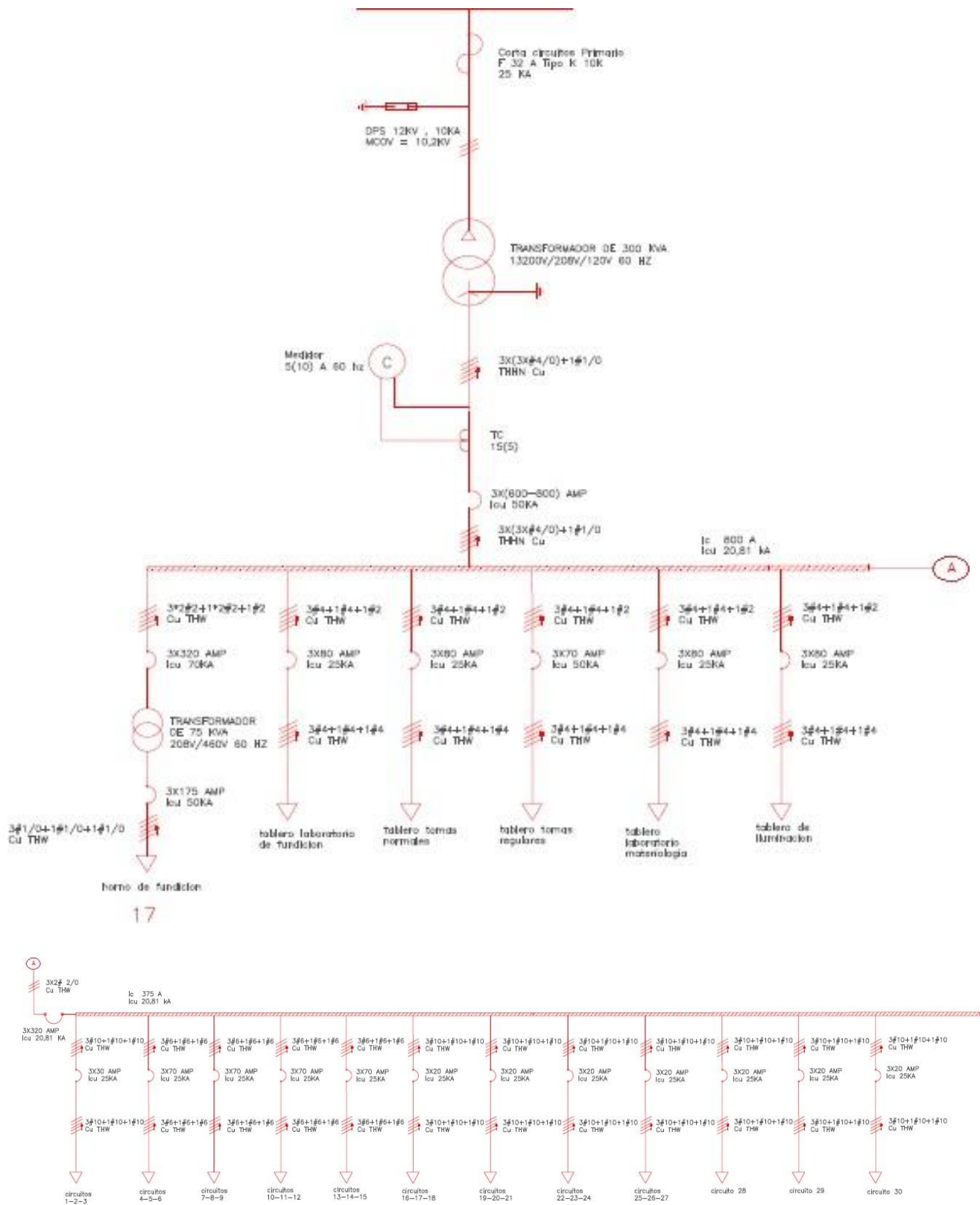


Figura 68. Diagrama unifilar sistema eléctrico bloque 19 Materialografía.  
 Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Realizar el diagrama unifilar del sistema eléctrico del bloque 19 de Materialografía, tiene 2 finalidades muy importantes; lo primero, apoyarnos en la normatividad vigente permitiendo hacer el levantamiento y representar todas las partes que componen el sistema de potencia de un modo gráfico, ilustrando de forma sencilla cada uno de los elementos que lo conforman; lo segundo y no menos importante, se logra al obtener una visualización más amplia de la cargabilidad de cada circuito permitiendo dar inicio al análisis de la información recopilada para desarrollar las memorias de cálculo.

## **6.12. Memorias de cálculo**

De acuerdo al artículo 10.1 del RETIE 2014 se exponen los siguientes cálculos.

**6.12.1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.** Se relaciona cuadro de cargas para el bloque 19 – Materialografía ubicado en la Institución universitaria Pascual Bravo.

**Nota:** El factor de seguridad para todos los cuadros de carga se calculó en el 15%.



Tabla 19. Cuadro de cargas laboratorio de fundición.

CUADRO DE CARGAS LABORATORIO DE FUNDICION							
Circuito	Descripción	Tomas	Carga (Amp)	Carga * TOMA (VA)	Carga TOTAL (VA)	Protección (A)	Conductor (AWG, THHN)
N1	ZARANDA	1	1,04	373	373	3*20	cable # 10
N2	ZARANDA	1	1,04	373			cable # 10
N3	ZARANDA	1	1,04	373			cable # 10
N4	TOLVAS	1	1,39	500	500	3*20	cable # 10
N5	TOLVAS	1	1,39	500			cable # 10
N6	TOLVAS	1	1,39	500			cable # 10
N7	MESCLADORA DE ARENA PARA MATACHOS	1	5,19	1.870	1.870	3*20	cable # 10
N8	MESCLADORA DE ARENA PARA MATACHOS	1	5,19	1.870			cable # 10
N9	MESCLADORA DE ARENA PARA MATACHOS	1	5,19	1.870			cable # 10
N10	ASPIRADORA NEUMÁTICA	1	2,07	746	746	3*20	cable # 10
N11	ASPIRADORA NEUMÁTICA	1	2,07	746			cable # 10
N12	ASPIRADORA NEUMÁTICA	1	2,07	746			cable # 10
N13	HORNO DE INDUCCION	1	170,45	75.000	75.000	3*175	cable # 1/0
N14	HORNO DE INDUCCION	1	170,45	75.000			cable # 1/0
N15	HORNO DE INDUCCION	1	170,45	75.000			cable # 1/0
N16	HORNO CRISOL	1	2,78	1.000	1.000	3*20	cable # 12
N17	HORNO CRISOL	1	2,78	1.000			cable # 12
N18	HORNO CRISOL	1	2,78	1.000			cable # 12
N19	COMPRESOR DE AIRE	1	18,64	6.710	6.710	3*40	cable # 10
N20	COMPRESOR DE AIRE	1	18,64	6.710			cable # 10
N21	COMPRESOR DE AIRE	1	18,64	6.710			cable # 10
N22	ESMERIL	1	5,56	2.000	2.000	3*20	cable # 10
N23	ESMERIL	1	5,56	2.000			cable # 10
N24	ESMERIL	1	5,56	2.000			cable # 10
N25	MAQUINA ELECTRO MOLDEADORA	1	2,08	750	750	3*20	cable # 10
N26	MAQUINA ELECTRO MOLDEADORA	1	2,08	750			cable # 10
N27	MAQUINA ELECTRO MOLDEADORA	1	2,08	750			cable # 10
N28	TALADRO COLUMNA	1	2,08	750	750	3*20	cable # 10
N29	TALADRO COLUMNA	1	2,08	750			cable # 10
N30	TALADRO COLUMNA	1	2,08	750			cable # 10
N31	GRANULADORA NEUMÁTICA	1	2,08	750	750	3*20	cable # 10
N32	GRANULADORA NEUMÁTICA	1	2,08	750			cable # 10
N33	GRANULADORA NEUMÁTICA	1	2,08	750			cable # 10
N34	CENTRIFUGADORA VERTICAL	1	1,82	200	200	1*15	cable # 10
N35	CENTRIFUGADORA HORIZONTAL	1	1,82	200	200	1*15	cable # 10
N36	MESA DE PRESNA	1	0,00		0		
Subtotal		20	643,74		90.849		
ACOMETIDA EN 4xNo 2 AWG THHN							
		Fase R	215,19		AMP		
		Fase S	215,19		AMP		
		Fase T	213,37		AMP		
		TOTAL AMP	643,74		AMP		
		TOTAL VA	90849,00		W		
CARGA TOTAL INSTALADA			90849,00		W		
FACTOR DE SEGURIDAD			104476,35		W		
CORRIENTE DE LINEA			290,21				

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera





Tabla 21.  
Cuadro de cargas Materialografía y microscopios.

CUADRO DE CARGAS LABORATORIO MATERIALOGRAFIA Y MICROSCOPIOS							
Circuito	Descripcion	Tomas	Carga (A)	Carga * Toma (VA)	Total (VA)	Protección (A)	Conductor AWG, THHN
N1	MAQUINA DE CORTE CON DISCO ABRAZICO	1	4,17	1500	1.500	3*20	Cable # 10
N2	MAQUINA DE CORTE CON DISCO ABRAZICO	1	4,17	1500			Cable # 10
N3	MAQUINA DE CORTE CON DISCO ABRAZICO	1	4,17	1500			Cable # 10
N4	DESBASTADORA DE PROBETAS	1	5,56	2000	2.000	3*20	Cable # 10
N5	DESBASTADORA DE PROBETAS	1	5,56	2000			Cable # 10
N6	DESBASTADORA DE PROBETAS	1	5,56	2000			Cable # 10
N7	PULIDORA DE 2U	1	0,69	250	250	3*20	Cable # 10
N8	PULIDORA DE 2U	1	0,69	250			Cable # 10
N9	PULIDORA DE 2U	1	0,69	250			Cable # 10
N10	PULIDORA DE VELOCIDAD VARIABLE	1	2,27	250	250	3*20	Cable # 10
N11	PULIDORA DE VELOCIDAD VARIABLE	1	2,27	250			Cable # 10
N12	PULIDORA DE VELOCIDAD VARIABLE	1	2,27	250			Cable # 10
N13	PULIDORA AUTOMATICA	1	2,27	250	250	3*20	Cable # 10
N14	PULIDORA AUTOMATICA	1	2,27	250			Cable # 10
N15	PULIDORA AUTOMATICA	1	2,27	250			Cable # 10
N16	MICROSCOPIO ESTEREOSCOPICO	1	1,39	500	500	3*20	Cable # 10
N17	MICROSCOPIO ESTEREOSCOPICO	1	1,39	500			Cable # 10
N18	MICROSCOPIO ESTEREOSCOPICO	1	1,39	500			Cable # 10
N19	COMPUTADOR	1	1,39	500	500	3*20	Cable # 10
N20	COMPUTADOR	1	1,39	500			Cable # 10
N21	COMPUTADOR	1	1,39	500			Cable # 10
N22	SIERRA SIN FIN	1	9,09	1000	1.000	1*20	Cable # 10
N23	MICROSCOPIO ANALOGO	1	0,91	100	100	1*20	Cable # 10
N24	BALANZA ANALITICA	1	0,91	100	100	1*20	Cable # 10
N25	INCLUIDORA HIDRAULICA	1	9,09	1000	1.000	1*20	Cable # 10
N26	PULIDORAS MANUALES	1	1,55	170	170	1*20	Cable # 10
N27	ANALIZADOR DE IMAGEN INVERTIDA	1	1,55	170	170	1*20	Cable # 10
subtotal		27	76,31	18.290	7.790		
CUADRO DE CARGAS ILUMINACION							
N28	LAMPARA FLUORECENTE T8	16	2,33	32	512	1*20	Cable # 10
N29	LAMPARA FLUORECENTE T8	16	2,33	32	512	1*20	Cable # 10
N30	LAMPARA FLUORECENTE T8	16	2,33	32	512	1*20	Cable # 10
subtotal		48	6,99	96	1.536		
		FASE R		38,25		AMP	
		FASE S		22,53		AMP	
		FASE T		22,53		AMP	
		TOTAL AMPERAJE		83,31		AMP	
		TOTAL VA		9326		VA	
CARGA TOTAL INSTALADA				9326		VA	
FACTOR DE SEGURIDAD				10724,9		VA	
CORRIENTE DE LINEA				28			

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

Tabla 22.  
 Tablero general (Barraje general).

TABLERO GENERAL (BARRAJE GENERAL)		
DESCRIPCIÓN	CARGA EN VA	CARGA EN AMPERIOS POR FASE
LABORATORIO DE FUNDICION	104.476	290,21
LABORATORIO TERMICO	78.660	219
LABORATORIO DE MATERIALOGRAFIA Y MICROSCOPIOS	10.724,9	28
LABORATORIO DE ARENAS	85.940	239
<b>TOTAL</b>	<b>279,801</b>	<b>776</b>
ACOMETIDA	3x3N4/0 AWG THHN FASE	
	3xN2/0 AWG THHN NEUTRO	
	1xN1/0 AWG CU TIERRA	
PROTECCIÓN	3x780A (600-800)	

Fuente: diseño José Manuel García Holguín

**6.12.2 Análisis de coordinación de aislamiento.** La instalación es de pequeña potencia, las redes de media tensión son propiedad del operador de red y cumplen con las distancias de seguridad.

El nivel de aislamiento de los equipos es de 15 KV, para las redes de baja tensión, acometidas y alimentadores se utilizarán cables con aislamiento de 600 V, gabinetes y tableros fabricados según norma NTC 17050.

**6.12.3 Análisis de cortocircuito y falla a tierra.** Potencia del transformador: 300 KVA

Tensión primaria: 13.2 kV

Tensión secundaria: 208/120 V

Ucc: 4%

Ztrafo: 4% = 0,04

Para calcular la corriente de cortocircuito, en el caso de una falla en bornes secundarios del transformador, referida al primario; se deben aplicar las ecuaciones 4 a 7 [7]:

$$(4) \quad I_{Nom} = \frac{KVA \times 1000}{E2 \times \sqrt{3}}$$

$$(5) \quad \text{Factor Multiplicador (M)} = \frac{100}{Z\%}$$

$$(6) \quad I_{cc \text{ Secundario}} = I_{Nom} \times M$$

$$(7) \quad I_{cc \text{ Primario}} = I_{cc \text{ Sec}} \times \frac{E2}{E1}$$

Donde	Inom	: Corriente Nominal Secundario Transformador
	KVA	: Potencia Nominal Transformador
	Z ( %)	: Valor de la Impedancia de cortocircuito del Transformador
	Icc	: Corriente del Cortocircuito
	E1	: Tensión de línea en el primario del transformador
	E2	: Tensión de línea en el secundario del

**Nota:** Utilizando esta fórmula obtenemos que para el transformador de 300 KVA instalado en poste su Icc = 20,81 KA simétrica trifásica en los bornes del transformador.

**6.12.4 Análisis de nivel de Nivel de Tensión Requerido.** Para media tensión el operador de red tiene redes aéreas Trifásicas 13.200V

Para baja tensión el voltaje de operación para equipos, y otras cargas será 208/120V

**6.12.5 Cálculo de Campos Electromagnéticos.** El campo electromagnético es una modificación del espacio debida a la interacción de fuerzas eléctricas y magnéticas simultáneamente [10], producidas por un campo eléctrico y uno magnético que varían en el tiempo, por lo que se le conoce como campo electromagnético variable. Es producido por diferencias de potencial y cargas eléctricas en movimiento y tiene la misma frecuencia de la corriente eléctrica que lo produce. Se ha demostrado que los campos electromagnéticos de

bajas frecuencias (0 a 300Hz) no producen efectos nocivos en los seres vivos. Las instalaciones del sistema eléctrico a 60 Hz producen campos electromagnéticos a esta frecuencia, lo que permite medir o calcular el campo eléctrico y el campo magnético en forma independiente.

No aplica según artículo 14 del RETIE.

**6.12.6 Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de armónicos y factor de potencia de la carga.** Según cuadro de cargas, tenemos que la carga a instalar es de 279,801 KVA

**Expresiones utilizadas:**

Q: KVAR, potencia reactiva

P: KW, potencia activa

S: KVA, potencia aparente

$P_{in} = V_L \cdot I_L \cdot \cos\theta$ ; potencia absorbida de la red para transformador monofásico.

**Cargas en tablero de distribución:**

Tabla 23.

*Cargas tablero de distribución.*

DESCRIPCIÓN	CARGA EN VA	CARGA EN AMPERIOS POR FASE
LABORATORIO DE FUNDICION	104.476	290,21
LABORATORIO TERMICO	78.660	219
LABORATORIO DE MATERIALOGRAFIA Y MICROSCOPIOS	10.724,9	28
LABORATORIO DE ARENAS	85.940	239
<b>TOTAL</b>	<b>279.801</b>	<b>776</b>
ACOMETIDA	3x3N4/0 AWG THHN FASE	
	3xN2/0 AWG THHN NEUTRO	
	1xN1/0 AWG CU TIERRA	
PROTECCIÓN	3x780A (600-800)	

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

En nuestro caso no se calcularon efectos de armónicos y factores de potencia, ya que las carga son lineales y no representan efectos significativos en los resultados.

Teniendo en cuenta la carga para la radio base, como se especifica en el cuadro de cargas del literal a, tenemos lo siguiente:

$$S \text{ trafo} = 104476\text{VA} + 78660\text{VA} + 10724,9\text{VA} + 85940\text{VA} = 279801 \text{ VA.}$$

Por tanto, se selecciona un transformador de 300 KVA TRIFÁSICO, 13200/208-120 V.

**6.12.7 Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de energía.** Acometida del transformador seleccionada de acuerdo con la norma RA8-001 de EPM.

3\*3N° 4/0 AWG, CU, THWN x FASE + 3N° 2/0 AWG, CU, THWN x NEUTRO, desde los barrajes secundarios hacia el ML.

Tabla 24.

*Tabla acometida del transformador.*

<b>TABLERO GENERAL (BARRAJE GENERAL)</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CARGA EN VA</b>	<b>CARGA EN AMPERIOS POR FASE</b>
<b>LABORATORIO DE FUNDICION</b>	104.476	290,21
<b>LABORATORIO TERMICO</b>	78.660	219
<b>LABORATORIO DE MATERIALOGRAFIA Y MICROSCOPIOS</b>	10.724,9	28
<b>LABORATORIO DE ARENAS</b>	85.940	239
<b>TOTAL</b>	<b>279,801</b>	<b>776</b>
<b>ACOMETIDA</b>	<b>3x3N4/0 AWG THHN FASE</b>	
	<b>3xN2/0 AWG THHN NEUTRO</b>	
	<b>1xN1/0 AWG CU TIERRA</b>	
<b>PROTECCIÓN</b>	<b>3x780A (600-800)</b>	

Fuente: diseño José Manuel García Holguín

**6.12.8 Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de corto circuito de la red y la capacidad de corriente del conductor.** Se realiza para determinar la máxima sollicitación térmica a que se ve expuesto un conductor durante la evolución de corrientes de breve duración o cortocircuitos. Existirá, entonces, una sección mínima  $S$  que será función del valor de la potencia de cortocircuito en el punto de alimentación, el tipo de conductor evaluado y su protección automática asociada. En esta verificación se deberá cumplir con:  $S < SC$  siendo  $SC$  la sección calculada térmicamente y verificada por caída de tensión.

El cálculo de esta sección mínima está dado por:

$$S = \frac{I_{CC} \times \sqrt{t}}{K}$$

Fórmula válida para  $100\text{ms} \leq t \leq 5\text{seg}$ .

Siendo:

$S$  = Sección mínima del conductor en  $\text{mm}^2$  que soporta el cortocircuito.

$I_{cc}$  = Valor eficaz de la corriente de cortocircuito en Amperes.

$T$  = Tiempo de actuación de la protección en segundos.

$K$  = Constante propia del conductor, que contempla las temperaturas máximas de servicio y la alcanzada al finalizar el cortocircuito previstas por las normas:

**K: 115** conductores de cobre aislados en PVC.

**K: 76** conductores de aluminio aislados en PVC

**K: 143** conductores de cobre tipo XLP y EPR

**K: 94** ídem para aluminio

Si la  $S$  que verifica el cortocircuito es menor que la  $SC$ , se adopta ésta última. En caso contrario, se deberá incrementar la sección del cable y volver realizar la verificación hasta que se compruebe  $S < SC$ . Otra posibilidad, ventajosa en muchos casos, es poner en valor el tiempo de disparo de los relés de cortocircuito de los interruptores automáticos.

Para nuestro caso:

**Desde Trafo hasta Gabinete ML: 3 N° 4/0 por fase.**

$$I_{cc} = 20,81 \text{ KA}$$

$t = 0.1\text{s}$ , considerando que tardaría 100ms en despejar la falla.

$$K = 115$$

$$S = 57,20\text{mm}^2$$

$SC = 107.22 \text{ mm}^2$  lo que garantiza que podría soportar el corto circuito por lo menos 100ms.

**6.12.9 Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.** No aplica, las estructuras, herrajes son normalizadas por EPM.

**6.12.10 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.** De acuerdo al cuadro de carga y Diagrama unifilar en plano, en media tensión se dimensiona fusible primario de acuerdo a la norma EPM RA8-002 dando como resultado.

Tabla 25.  
Coordinación de protecciones.

<b>COORDINACION DE PROTECCIONES</b>						
<b>1.0 Datos del transformador</b>		protocolo o NTC 819				
Potencia			300	KVA		
Tension primario			13200	V		
Tension secundario			208	VI		
Impedancia Uz			0,04	%		
<b>Instalado en poste</b>						
<b>2.0 Calculo de corriente en MT</b>						
Corriente nominal del primario	S/V		13,12			
Icc Primario	In(prim)/Zcc		32804,0	A		
* 1,25 %			41004,99			
<b>3.0 Calculo de corriente en BT</b>						
Corriente nominal del secundario	S/V		832,7			
Icc Secundario	In(sec)/Zcc		2081853	A		
Icc Secundario referida al primario			32805,0			
<b>4.0 Curvas de coodinacion</b>						
Para el transformador de	300	KVA, se selecciona:	Los tiempos de despeje de la falla estan determinados en las curvas			
Fusible 32 A						
Se utiliza en BT un totalizador de 780 A						
<b>4.1 CURVA PROTECCION BT</b>						
			CURVA 1			
Icc	Factor	Corriente	Tiempo (s)	→ Icc	En la curva se ubica el factor	
2081853	61,7	33752,5	0,05			
Referencia	41005,0 A	Corriente de arranque				
<b>4.2 CURVA FUSIBLE MT</b>						
			CURVA 2			
Corriente (A)		Tiempo (s)				
41005,0		0,15	→ Icc			
<b>Conclusiones</b>						
<b>Se garantiza la adecuada coordinación de protecciones el margen de tiempo entre la proteccion de BT y MT es de</b>				<b>100 ms</b>		

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera



Tabla 26.

Referencia de fusibles de acuerdo a la cargabilidad del transformador.

TRANSFORMADOR KVA	Fusible limitador corriente (FLC)
150	16A
225	25A
250	25A
300	32A
315	32A
400	32A
500	40A
630	50A
750	50A
800	50A
1000	63A
1250	80A
1600	100A
continua...	

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

**6.12.11 Cálculo de canalizaciones (tubos, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).** Para calcular el porcentaje de ocupación de tubería o conduit hay que incluir los conductores de puesta a tierra o de conexión equipotencial de los equipos, cuando se instalen. En los cálculos se debe utilizar las dimensiones reales de dichos conductores, tanto si están aislados como desnudos. En la tabla 1 del capítulo 9 de la NTC se establecen los requisitos del área máxima de llenado de los ductos:

**Tabla 1. Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores.**

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Nota. Esta Tabla 1 se basa en las condiciones más corrientes de instalación y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables caen dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los tubos conduit

La anterior se aplica sólo a sistemas completos de tubo conduit o tuberías y no se destina para aplicar a las secciones de conduit o tuberías que se emplean para proteger contra daños físicos el alambrado expuesto. El número de conductores en los ductos, para cumplir el requisito de llenado, especificado en la tabla 1, se ha calculado con base en las dimensiones de

los tubos conduit de la tabla 4 capítulo 9 de NTC 2050 y diámetro aproximado de cada tipo de conductor según la tabla 5 de la NTC 2050, que corresponde igualmente a las dimensiones de los cables en cada uno de los diferentes tipos de conductores eléctricos. Tomadas de la tabla C1 a C11 de la NTC-2050.

De acuerdo a las características técnicas para este proyecto, se requiere una acometida en un calibre mínimo de 3\*3 No. 4/0 + 3 No. 2/0

– THHN/THWN:


Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	4/0	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	9	18,48	268,22	2413,99	
2	2/0	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	3	15,68	193,10	579,30	
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
						<b>Area Total</b>	<b>2993,29 mm2</b>
Tipo de Ducto:							
Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro:							
4 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado				Diametro** 101,5 mm			
4 "				Area Total 8091,37 mm2			
<b>Max. Ocupacion</b>				<b>40,00%</b>		<b>Ocupación</b>	
						<b>36,99%</b>	

Figura 69. Ocupación de ductos  
Fuente: diseño José Manuel García Holguín

### 6.12.12 Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

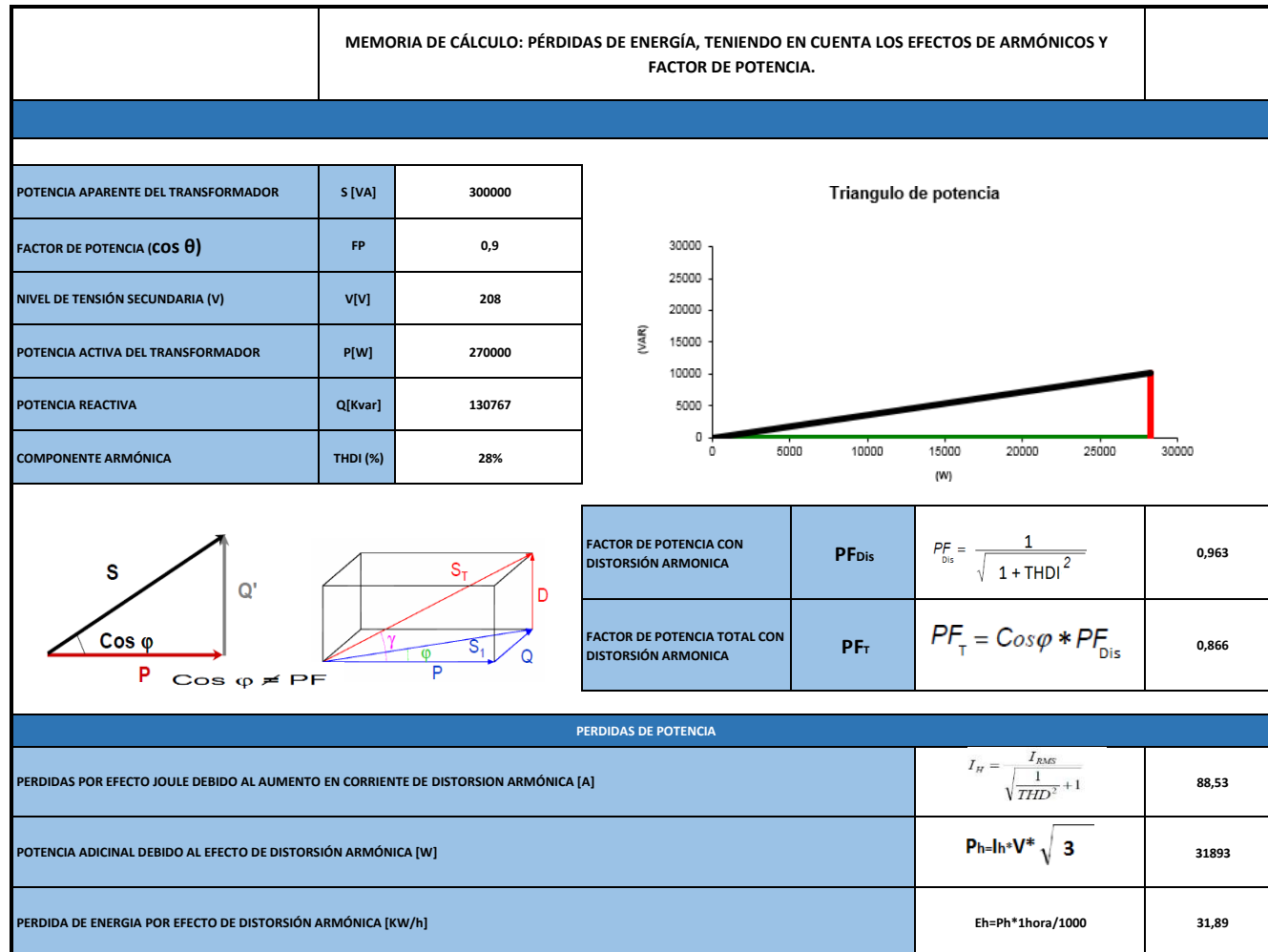


Figura 70. Cálculos de pérdidas de energía teniendo en cuenta efectos de armónicos y factor de potencia.

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

**6.12.13 Cálculos de regulación.** Para el cálculo de regulación se tuvo en cuenta la capacidad total del sistema de telecomunicaciones y su distancia total al tablero de distribución

Para estos cálculos se tiene en cuenta que la acometida esta derivada en 3 No 4/0 + 3 No 2/0 Cu THWN a 208/120 V para una longitud aproximada de 9m.

Esta regulación se halla teniendo en cuenta la siguiente relación, además de otros aspectos como la longitud del cable, la carga instalada, el factor de potencia, etc.

$$\% \text{Reg. V} = \frac{(\text{Vs sin carga} - \text{Vs a plena carga})}{\text{Vs a plena carga}}$$

Vs sin carga: Voltaje de salida sin carga en vacío

Vs a plena carga: Voltaje de salida a plena carga

Regulacion Max.		Caída de tensión sistemas Trifásico (Conductor de Cobre)		Distancia
<input checked="" type="radio"/>	3%	Carga:	300000 VA 300 kVA	0
<input type="radio"/>	5%	Longitud del circuito:	9 m	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{105 \times kV^2}$
		Tensión del sistema:	208 V	
		FP:	0,9	$k = 0,0001$
		Calibre del Cable:	4/0 3 Cond. por fase	
		Material de la tubería:	Aluminio	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
		R:	0,07333333 OHM/kM	
		X:	0,045 OHM/kM	
		<b>Caída de tensión:</b>	<b><math>\Delta V(\%) = 0,53</math></b>	
		<b>Voltaje Final:</b>	<b>206,88 V</b>	1000

Figura 71. Caída de tensión sistemas trifásicos.

Fuente: diseño José Manuel García Holguín

**Concepto:** De acuerdo a los resultados obtenidos, con una caída de tensión en la acometida general de un 0,53% equivalente a un voltaje final de 206,88 V, no existen condiciones desfavorables al sistema bajo estudio, el cual consiste en una acometida para alimentar una carga de 300 KVA. Lo anterior quiere decir que, con las actuales condiciones de calibre del cable, longitud y tensión, se obtiene una adecuada alimentación del tablero para las necesidades eléctricas de este sitio destinado a las telecomunicaciones.

#### 6.12.14 Clasificación de áreas. No aplica.

**6.12.15 Elaboración de diagramas unifilares.** Incluidos en el plano eléctrico del proyecto.

**6.12.16 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.** Incluido en el plano eléctrico del proyecto.

**6.12.17 Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.** No aplica.

**6.12.18 Establecer las distancias de seguridad requeridas.** Los equipos instalados en la subestación cumplen según la sección 110-16, 110-34 NTC 2050 y artículo 13 del RETIE 2013.

**6.12.19 Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.**No aplica.

**6.12.20 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.** No aplica.

## 7. Conclusiones.

Después de realizar el proyecto “Diseño de un sistema eléctrico para el bloque de materialografía en la Institución Universitaria Pascual Bravo”, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

La realización del proyecto de grados propuesto en este trabajo permite a la Institución ser de valiosa importancia e inmenso beneficio, teniendo en cuenta que en los archivos de la secretaria de planeación de la Institución Universitaria Pascual Bravo, en la actualidad no cuenta con una información actualizada de los sistemas eléctricos del bloque de materialografía, la única información con la que cuentan se reduce a tener solamente los planos arquitectónicos.

El diagnóstico inicial permitió identificar de manera precisa, las precarias condiciones en las que se encuentra el sistema eléctrico del bloque; El resultado final demuestra desde un punto de vista constructivo y normativo que aproximadamente el 40% de sus instalaciones eléctricas no cumplen con la normatividad vigente establecidas en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) y NTC 2050.

El bloque 19 de materialografía no cuenta con un sistema de puesta a tierra, siendo este el aspecto más crítico encontrado; sólo está aterrizada a través del neutro al SPT externo de la puesta a tierra del transformador, lo cual no es correcto, tampoco cuenta con un sistema de puntas Franklin en la parte superior de la infraestructura, siendo necesario para todos los sistemas de protección de descargas atmosféricas, teniendo en cuenta que el edificio más cercano al bloque está a un radio superior de 55mts<sup>2</sup>.

Teniendo en cuenta que el bloque de Materialografía no cuenta con un SPT, no se tiene valores iniciales de resistencia de puesta a tierra, ni de tensiones de toque, ni de tensiones de paso, por lo cual en los cálculos del diseño se garantizó un valor  $\geq 10$  ohmios ( $\Omega$ ) de acuerdo como lo exige el RETIE.

Como consecuencia de lo detectado con el SPT, se materializó la propuesta de un diseño que permita mejorar las condiciones de seguridad para todos los usuarios, se realizó un plano escala 1:30, el cual contiene el trazado, los cálculos realizados y las características proyectadas.

Los nuevos cálculos de cargas y proyecciones realizadas al bloque 19 – materialografía arrojan como resultado un transformador de distribución de 300kVA, duplicando la capacidad del transformador actual que es de 150kVA, lo que permite utilizar el 100% de la demanda del sistema eléctrico, mejorando la deficiencia que tiene de no poder encender 2 equipos de alto consumo (hornos) a la misma vez.

Como materialización del diseño propuesto, se realizó dos planos, escala 1:10; el primero contiene la ubicación geográfica del proyecto, el diagrama unifilar de todo el sistema eléctrico, las convenciones utilizadas, cálculo de acometida y notas; en el segundo plano se presenta el trazado de las redes internas de las 2 plantas del bloque de materialografía y el cuadro de cargas con las nuevas características proyectadas.

Teniendo en cuenta que el bloque 19 de materialografía cuenta con una ubicación ya establecida de los laboratorios, no se propuso una nueva distribución de los circuitos eléctricos en el tablero eléctrico principal, ni en la planta; además el cableado existente se encuentra en buen estado.

Los tableros eléctricos de distribución (principal y secundarios) de acuerdo a la inspección inicial no cumplen en un 40% con lo estipulado en la sección 17.9 “Tableros Electricos” del RETIE y con lo especificado en la sección 384. “Cuadros de Distribución y Paneles de Distribución” de la norma NTC 2050 la normatividad vigente.

Este trabajo de grado no presenta el diseño de iluminación, o el estudio del mismo, así como tampoco presenta la evaluación fotométrica, factores que no se consideraron objeto del proyecto.

## 8. Recomendaciones.

La Institución Universitaria debe hacer un análisis y evaluar el grado de criticidad de las no conformidades detectadas en el bloque de Materialografía y desarrollar un plan correctivo; se sugiere la implementación de los diseños propuestos (Diseño de puesta a tierra y Diseño del sistema eléctrico) los cuales garantizan el cumplimiento de la normatividad vigente.

Para garantizar la confiabilidad del sistema eléctrico, es necesario en el momento de ejecutar el proyecto el uso apropiado de materiales de calidad, certificados y garantizados; además, la contratación de mano de obra calificada.

Se requiere cambiar los tableros eléctricos de distribución (principal y secundarios), que cumplan estipulado en la sección 17.9 del RETIE y con lo especificado en la sección 384.

Como sugerencia se plantea desarrollar un programa estructurado de mantenimiento, que incluya la instalación de un analizador de redes que permita el análisis continuo, detectar y corregir posibles averías eléctricas a tiempo, que ayude a prolongar la vida útil del sistema y de los equipos eléctricos.

El bloque de Materialografía se debe proveer de manuales de operación, así como de los planos eléctricos y unifilares, dichos manuales deben ubicarse en lugares asequibles; además, los planos y diagramas unifilares en la puerta del tablero principal, que permitan suministrar información al personal calificado para dar solución a posibles eventos como fallas eléctricas en el cualquier momento determinado que se presenten.

Se propone a las directivas de la institución impulsar nuevas líneas de investigación que ayuden a los estudiantes explorar más alternativas, que permitan desarrollar ideas novedosas, en el área eléctrica u otras áreas que estén orientadas al beneficio de las personas y/o de la institución.

Teniendo presente que cuando se realice la instalación de puesta a tierra al Bloque de Materialografía se debe instalar los dispositivos DPS para garantizar la protección de descargas



atmosféricas de los equipos eléctricos y de las personas que circulan, **con cableado libre de alógenos**, esta aclaración es para todo tipo de cable del sistema eléctrico, sin excepción.

Es fundamental que la institución Pascualina utilice las luces de emergencia, teniendo en cuenta el papel que juegan estos dispositivos. Siendo un tipo de iluminación impuesta por ley de modo que únicamente se coloca para cumplir con la normativa, no cumpliendo ninguna función estética. Quizá porque confiamos demasiado en que nunca vaya a necesitarse, tiende a pasar muy desapercibida y apenas se le presta atención. Sin embargo, su necesidad en situaciones de emergencia es indudable. Se podría definir como un sistema de alumbrado diseñado facilitar la evacuación de forma segura si se produce un fallo en el sistema eléctrico. ya que la institución universitaria maneja horarios nocturnos.

Es importante la instalación de un dispositivo de control dentro del equipo eléctrico de las máquinas, a la vez que son precisos elementos para la puesta en marcha de las mismas (condición principal para la que son concebidas), se deben disponer de elementos que permitan su parada en un momento determinado. Esta parada puede producirse en condiciones normales de funcionamiento una vez finalizado el trabajo o una maniobra y en condiciones anormales de funcionamiento cuando aparece una situación de peligro (emergencia) tanto para el estudiante, el profesor o como para la máquina.

Teniendo en cuenta que dentro del alcance de este trabajo de grado no se contempla la implementación de proyectos de iluminación, ni derivados de este, se sugiere realizar los estudios correspondientes para el bloque de Materialografía.

Se recomienda construir en la brevedad posible un sistema de puesta a tierra para el bloque de Materialografía; Teniendo en cuenta el diseño calculado y propuesto que se entrega en este proyecto. Después de construida la instalación de tierra, se deben hacer las comprobaciones y verificaciones precisas en sitio, y se efectuarán los cambios necesarios que permitan alcanzar valores de tensión aplicada inferiores o iguales a los máximos admitidos.

Mientras se evalúa la construcción del SPT general del bloque, colocar la grapa al electrodo que se encuentra dentro del gabinete principal y aterrizarlo para equipotencial y aliviar un poco el sistema. Aclaración: esta no es la solución de fondo del problema, la solución general fue recomendada en el anterior punto.

La responsabilidad de la correcta ejecución del proyecto, en lo que se refiere a la parte eléctrica será del personal calificado, quienes en todo momento deben velar por el estricto seguimiento y cumplimiento de las normas especificadas según el Reglamento Técnico de las Instalaciones eléctricas (RETIE).

## 9. Referencias bibliográficas.

- Acomee. (08 de Abril de 2018). *RESISTENCIA ELÉCTRICA*. Obtenido de <https://www.acomee.com.mx/RESISTENCIA%20ELECTRICA.pdf>
- at3w. (08 de Abril de 2018). *PARARAYOS*. Obtenido de [https://at3w.com/upload/ficheros/02\\_pararrayos\\_y\\_accesorios\\_es.pdf](https://at3w.com/upload/ficheros/02_pararrayos_y_accesorios_es.pdf)
- BRAVO, P. (07 de Abril de 2018). *HISTORIA*. Obtenido de <http://www.pascualbravo.edu.co/index.php/lainstitucion/quienes-somos/historia>
- CEAC. (08 de Abril de 2018). *Tipos de circuitos eléctricos y sus usos*. Obtenido de <https://www.ceac.es/blog/electricidad-basica-tipos-de-circuitos-electricos-y-sus-usos>
- CODENSA. (07 de Abril de 2014). *MERCADO DE ENERGÍA Y TARIFAS*. Obtenido de <https://www.codensa.com.co/ss/Satellite?blobcol=urldata&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1401119085681&ssbinary=true>
- conbotassucias. (25 de Agosto de 2011). *PRINCIPALES LEYES ELECTRICAS*. Obtenido de <https://conbotassucias.wordpress.com/2011/08/25/ley-de-ohm/>
- conbotassucias. (25 de Agosto de 2011). *PRINCIPALES LEYES ELECTRICAS*. Obtenido de <https://conbotassucias.wordpress.com/2011/08/25/ley-de-ohm/>
- conbotassucias. (25 de 08 de 2011). *wordpress*. Obtenido de <https://conbotassucias.wordpress.com/2011/08/25/ley-de-ohm/>
- Correia, A. (01 de Agosto de 2016). *Sistema Eléctrico*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos73/sistema-electrico/sistema-electrico.shtml>
- dataiFX. (07 de 04 de 2017). *CONSUMO DE ENERGÍA EN COLOMBIA*. Obtenido de <http://www.dataifx.com/noticias/en-2017-consumo-de-energ%C3%ADa-en-colombia-se-reactiv%C3%B3>
- edu. (08 de Abril de 2018). *Elementos de protección*. Obtenido de [https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/315\\_elementos\\_de\\_proteccion.html](https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/315_elementos_de_proteccion.html)
- epistemologia. (02 de Mayo de 2009). *Educadores Siglo XXI Florencia Caqueta*. Obtenido de [http://epistemologia.over-blog.es/pages/DEFINICION\\_DE\\_CURRICULO\\_Y\\_CONTENIDOS-1432924.html](http://epistemologia.over-blog.es/pages/DEFINICION_DE_CURRICULO_Y_CONTENIDOS-1432924.html)
- Ferro, G. (2017). *Departamento de ingeniería eléctrica*. Obtenido de [http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia\\_general/cap\\_1\\_conceptos\\_basicos.pdf](http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia_general/cap_1_conceptos_basicos.pdf)

- FUSIBLES.CL. (08 de Abril de 2018). *CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS DE LOS FUSIBLES*. . Obtenido de [http://www.fusibles.cl/files/memorias/mem\\_1\\_1252620101.pdf](http://www.fusibles.cl/files/memorias/mem_1_1252620101.pdf)
- Huertas Montes, A. (08 de 04 de 2018). *Circuitos electricos*. Obtenido de [http://www.edu.xunta.gal/centros/iesfelixmuriel/system/files/4-elctri\\_repaso.pdf](http://www.edu.xunta.gal/centros/iesfelixmuriel/system/files/4-elctri_repaso.pdf)
- MANCEDO, S. M. (08 de Abril de 2018). *INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO*. Obtenido de <https://www.acomee.com.mx/INTERRUPTOR%20TERMOMAGNETICO.pdf>
- Melo, L., & Espinosa, N. (2005). Ineficiencia en la distribución de energía eléctrica: una aplicación de las funciones de distancia estocástica. *Revista ESPE*, (49), 88-132. Obtenido de [http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/espe\\_049-3.pdf](http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/espe_049-3.pdf)
- Middleschoolchemistry. (08 de Abril de 2018). *maestro*. Obtenido de [http://www.middleschoolchemistry.com/pdf/chapter4/4.1\\_maestro.pdf](http://www.middleschoolchemistry.com/pdf/chapter4/4.1_maestro.pdf)
- Ministerio de educación nacional. (20 de Julio de 2009). *¿Que es la educación superior?* Obtenido de <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-196477.html>
- Ministerio de educación nacional. (15 de Junio de 2010). *Niveles de la Educación Superior*. Obtenido de <https://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-231238.html>
- Ministerio de educación nacional. (08 de Abril de 2018). *Plan de estudios*. Obtenido de <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-79419.html>
- MINMINAS. (Febrero de 2017). *Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia*. Obtenido de [http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/UPME\\_Proyeccion\\_De\\_manda\\_Energia\\_Febrero\\_2017.pdf](http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/UPME_Proyeccion_De_manda_Energia_Febrero_2017.pdf)
- MINMINAS. (Febrero de 2017). *PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y POTENCIA MÁXIMA EN COLOMBIA*. Obtenido de [http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/UPME\\_Proyeccion\\_De\\_manda\\_Energia\\_Febrero\\_2017.pdf](http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/UPME_Proyeccion_De_manda_Energia_Febrero_2017.pdf)
- MINMINAS. (12 de 06 de 2018). *Ministerio de minas y energía*. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/retie>
- MINMINAS. (07 de Abril de 2018). *SECTOR ENERGÍA ELÉCTRICA*. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23400/05-ENERGIA2010-2011.pdf/770a198d-d4ee-4687-b74c-74592b403ae6>
- Molina Amaya, C. (1982). *Esquemas eléctricos*. Obtenido de [http://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1858/1/unidad\\_37\\_esquemas\\_electricos.pdf](http://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1858/1/unidad_37_esquemas_electricos.pdf)
- MONOGRAFIAS. (08 de 04 de 2018). *Caracteristicas De Los Sistemas Electricos*. Obtenido de <https://www.monografias.com/docs/Caracteristicas-De-Los-Sistemas-Electricos-PK2ZMCGPJ8U2Z>

- MX., E. D. (12 de 05 de 2013). *Diagnóstico. Sitio: Definición MX*. Obtenido de <https://definicion.mx/diagnostico/>.
- Osuna , C., & Luna, E. (2008). Características de ser un buen profesional de ingeniería en la Universidad Autónoma de Baja California, México. *Formación universitaria*. 1(1), 29-36. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50062008000100005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50062008000100005&script=sci_arttext&tlng=pt)
- PASCUAL BRAVO. (05 de Febrero de 2014). *WEB INSTITUCIONAL*. Obtenido de <http://www.pascualbravo.edu.co/comunicaciones/index.php/boletines-prensa/2014/186-01>
- PASCUAL BRAVO. (23 de Febrero de 2016). *WEB INSTITUCIONAL*. Obtenido de <http://www.pascualbravo.edu.co/pdf/planesyprogramas/inversion-2016/EBI-infraestructura-para-iu-pascual-bravo.pdf>
- PASCUAL BRAVO. (08 de Abril de 2018). *WEB EDUCATIVO*. Obtenido de <http://www.pascualbravo.edu.co/index.php/academico/facultades/facultad-ingenieria/programas-ingenieria>
- PASCUAL BRAVO. (07 de Abril de 2018). *Web institucional*. Obtenido de <http://asesoriayconsultoria.pascualbravo.edu.co/>
- PASCUAL BRAVO. (07 de Abril de 2018). *WEB INSTITUCIONAL*. Obtenido de <http://www.pascualbravo.edu.co/index.php/lainstitucion/quienes-somos/historia>
- PASCUAL BRAVO. (07 de Abril de 2018). *WEB INSTITUCIONAL*. Obtenido de <http://www.pascualbravo.edu.co/pdf/lainstitucion/plandedesarrollo.pdf>
- PROCOBRE. (DICIEMBRE de 2014). *CONDUCTORES ELECTRICOS*. Obtenido de <https://kamtxatka.noblogs.org/files/2014/12/Conductores-electricos.pdf>
- Profesional. (07 de 12 de 2012). *Definición ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/general/profesional.php>
- schneiderelectric. (08 de Abril de 2018). *La protección de los circuitos*. Obtenido de [https://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/distribucion\\_electrica/guia\\_instalaciones\\_electricas/capitulo-g-proteccion-circuitos.pdf](https://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/distribucion_electrica/guia_instalaciones_electricas/capitulo-g-proteccion-circuitos.pdf)
- SliderShare. (07 de Junio de 2012). *Tipo de diseño*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/roziopiinzon/tipos-de-diseo-13236716>
- TECNOKENT. (Noviembre de 2017). *APUNTES DE TECNOLOGIA*. Obtenido de <https://tecnokent.files.wordpress.com/2007/11/electricidad.pdf>
- TEMESA. (08 de Abril de 2018). *SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA*. Obtenido de <http://temesa.com/portfolio-view/sistemas-de-puesta-a-tierra/>

TIEMPO, E., & Mercado, D. A. (07 de Abril de 2018). *Antioquia trabaja para generar el 70% de la energía del país*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/generacion-de-energia-en-antioquia-37333>

Tosatado, M. (23 de Septiembre de 2008). *Sistema eléctrico*. Obtenido de <http://www.mailxmail.com/curso-red-energia/red-sistema-electrico>

unaula. (2014). *WEB EDUCATIVO*. Obtenido de <http://www.unaula.edu.co/sites/default/files/Bolet%C3%ADn%20Noviembre%202014.pdf>

Universidad del Zulia. (16 de Mayo de 2013). *WEB INSTITUCIONAL*. Obtenido de [http://www.luz.edu.ve/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1367:articulo-33-definicion-de-institutos-universitarios&catid=103&Itemid=508](http://www.luz.edu.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=1367:articulo-33-definicion-de-institutos-universitarios&catid=103&Itemid=508)

Ureña González, A. (08 de Abril de 2018). *Conductores y aislantes*. Obtenido de [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/18009201/helvia/sitio/upload/Ampliacion\\_de\\_electricidad2\\_1.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/18009201/helvia/sitio/upload/Ampliacion_de_electricidad2_1.pdf)

## **10. Anexos.**

### **Anexo A. Registro fotográfico de las no conformidades encontradas en la inspección RETIE.**

se entregan en medio magnético.

**Anexo B. Informe de resultados del sistema de puesta a tierra.**

Proyecto MALLA DE PUESTA A TIERRA BLOQUE 19 - PASCUAL BRAVO  
 Configuración MALLA CUADRADA CON 4 ELECTRODOS UNIDOS CON CABLE DE COBRE DESNUDO 2/0

**Características del terreno**

Modelo de terreno	DOS CAPAS
Resistividad de modelo uniforme	
Resistividad de la capa superior	29,9913460554727 Ohmios-metro
Resistividad de la capa inferior	155,471193376998 Ohmios-metro
Espesor de la capa superior	1,1511622124428 metros
Factor de reflexión	0,676577856129347

**Configuración geométrica**

Clave	M4H4V (MALLA RETICULADA)
Número de conductores horizontales	4
Número de conductores verticales	4
Número de conductores inclinados	0
Longitud total del electrodo activo	21,600 metros
Longitud total del electrodo pasivo	0,000 metros



N°/T/H	X (metros)		Y (metros)		Z (metros)		Radio (centímetros)	Longitud (metros)	Ángulo (°)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final			X	Z
1/A/S	-1,5000	1,5000	-1,5000	-1,5000	0,5000	0,5000	0,5250	3,0000	0,00	
2/A/S	-1,5000	1,5000	1,5000	1,5000	0,5000	0,5000	0,5250	3,0000	0,00	
3/A/S	-1,5000	-1,5000	-1,5000	1,5000	0,5000	0,5000	0,5250	3,0000	90,00	
4/A/S	1,5000	1,5000	-1,5000	1,5000	0,5000	0,5000	0,5250	3,0000	90,00	
5/A/S	-1,5000	-1,5000	-1,5000	-1,5000	0,3000	2,7000	0,7937	2,4000	90,00	
6/A/S	1,5000	1,5000	-1,5000	-1,5000	0,3000	2,7000	0,7937	2,4000	90,00	
7/A/S	-1,5000	-1,5000	1,5000	1,5000	0,3000	2,7000	0,7937	2,4000	90,00	
8/A/S	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000	0,3000	2,7000	0,7937	2,4000	90,00	

### **Segmentación**

Tipo de segmentación	SEGMENTOS DE LA MISMA LONGITUD EN CADA CONDUCTOR
Número total de segmentos	28
Segmentos por conductor horizontal	4 EN PARALELOS AL EJE X / 4 EN PARALELOS AL EJE Y
Segmentos por conductor vertical	2
Segmentos por conductor inclinado	0

### **Magnitudes del sistema**

Intensidad a disipar	134,74000 Amperios
Sobretensión de tierra en el electrodo	999,36011 Voltios (activo) / No hay electrodo pasivo
Resistencia de puesta a tierra	7,4169520 Ohmios

### **Seguridad**

Método de cálculo de tensiones máximas	IEEE STD 80-2000
Tiempo de despeje de la falta	0,5 segundos
Capa superficial de alta resistividad	SÍ
Resistividad de la capa superficial	2500 Ohmios-metro
Espesor de la capa superficial	20 centímetros
Peso estimado para cálculo de tensiones	50 kilogramos
Factor de corrección	0,818529976444892

Máxima tensión de paso admisible 2.178,23 Voltios (217,96% DE LA SOBRETENSIÓN DE TIERRA)

Máxima tensión de contacto admisible 667,59 Voltios (66,80% DE LA SOBRETENSIÓN DE TIERRA)

### **Informe de resultados del modelo de dos capas**

#### **Medidas de resistividad**

Nº/H	Espaciado (metros)	Resistividad (Ohmios-metro)
1/S	1,0000	34,7000
2/S	2,0000	44,7000
3/N	3,0000	155,1000
4/S	4,0000	100,8000

#### **Valores iniciales**

Resistividad de la capa superior 30 Ohmios-metro  
 Anchura de la capa superior 1 metros  
 Resistividad de la capa inferior 120 Ohmios-metro  
 Factor de reflexión 0,6

#### **Resultados del modelo**

Resistividad de la capa superior 29,9913460554727 Ohmios-metro  
 Anchura de la capa superior 1,1511622124428 metros  
 Resistividad de la capa inferior 155,471193376998 Ohmios-metro  
 Factor de reflexión 0,676577856129347

N°	Espaciado (metros)	Resistividad medida (Ohmios-metro)	Resistividad calculada (Ohmios-metro)	Diferencia (Ohmios-metro)	Diferencia (%)
1	1,0000	34,7000	36,6589	-1,95894	-5,64537
2	2,0000	44,7000	53,4785	-8,77853	-19,63876
3	3,0000	155,1000	0,0000	155,10000	100,00000
4	4,0000	100,8000	81,2131	19,58690	19,43145

Error cuadrático medio = 12,4438288513156 (16,2801755431746%)

Tabla 27.  
Segmentación.

SEGMENTACIÓN																
INDICE GLOBAL	ELECTRODO	HABILITADO	ORIENTACION	SEGMENTO	X INICIAL (m)	Y INICIAL (m)	Z INICIAL (m)	X FINAL (m)	Y FINAL (m)	Z FINAL (m)	RADIO (m)	LONGITUD (m)	ANGULO EJE X (°)	ANGULO EJE Z (°)	INTENSIDAD (A)	DENSIDAD (A/m)
1	Activo	Sí	Horizontal	1	-1,5	-1,5	0,5	-0,75	-1,5	0,5	0,525	0,75	0		5,1304618	6,8406157
1	Activo	Sí	Horizontal	2	-0,75	-1,5	0,5	0	-1,5	0,5	0,525	0,75	0		5,5930856	7,4574475
1	Activo	Sí	Horizontal	3	0	-1,5	0,5	0,75	-1,5	0,5	0,525	0,75	0		5,5930856	7,4574475
1	Activo	Sí	Horizontal	4	0,75	-1,5	0,5	1,5	-1,5	0,5	0,525	0,75	0		5,1304618	6,8406157
2	Activo	Sí	Horizontal	1	-1,5	1,5	0,5	-0,75	1,5	0,5	0,525	0,75	0		5,1304618	6,8406157
2	Activo	Sí	Horizontal	2	-0,75	1,5	0,5	0	1,5	0,5	0,525	0,75	0		5,5930856	7,4574475
2	Activo	Sí	Horizontal	3	0	1,5	0,5	0,75	1,5	0,5	0,525	0,75	0		5,5930856	7,4574475
2	Activo	Sí	Horizontal	4	0,75	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	0,525	0,75	0		5,1304618	6,8406157
3	Activo	Sí	Horizontal	1	-1,5	-1,5	0,5	-1,5	-0,75	0,5	0,525	0,75	90		5,1304618	6,8406157
3	Activo	Sí	Horizontal	2	-1,5	-0,75	0,5	-1,5	0	0,5	0,525	0,75	90		5,5930856	7,4574475
3	Activo	Sí	Horizontal	3	-1,5	0	0,5	-1,5	0,75	0,5	0,525	0,75	90		5,5930856	7,4574475
3	Activo	Sí	Horizontal	4	-1,5	0,75	0,5	-1,5	1,5	0,5	0,525	0,75	90		5,1304618	6,8406157
4	Activo	Sí	Horizontal	1	1,5	-1,5	0,5	1,5	-0,75	0,5	0,525	0,75	90		5,1304618	6,8406157
4	Activo	Sí	Horizontal	2	1,5	-0,75	0,5	1,5	0	0,5	0,525	0,75	90		5,5930856	7,4574475
4	Activo	Sí	Horizontal	3	1,5	0	0,5	1,5	0,75	0,5	0,525	0,75	90		5,5930856	7,4574475
4	Activo	Sí	Horizontal	4	1,5	0,75	0,5	1,5	1,5	0,5	0,525	0,75	90		5,1304618	6,8406157
5	Activo	Sí	Vertical	1	-1,5	-1,5	0,3	-1,5	-1,5	1,1512	0,7937	0,85116	90		7,7519325	9,1074678
5	Activo	Sí	Vertical	2	-1,5	-1,5	1,15116	-1,5	-1,5	1,5	0,7937	0,34884	90		0,8718937	2,4994245
5	Activo	Sí	Vertical	3	-1,5	-1,5	1,5	-1,5	-1,5	2,7	0,7937	1,2	90		3,6140791	3,0117326
6	Activo	Sí	Vertical	1	1,5	-1,5	0,3	1,5	-1,5	1,1512	0,7937	0,85116	90		7,7519325	9,1074678
6	Activo	Sí	Vertical	2	1,5	-1,5	1,15116	1,5	-1,5	1,5	0,7937	0,34884	90		0,8718937	2,4994245
6	Activo	Sí	Vertical	3	1,5	-1,5	1,5	1,5	-1,5	2,7	0,7937	1,2	90		3,6140791	3,0117326
7	Activo	Sí	Vertical	1	-1,5	1,5	0,3	-1,5	1,5	1,1512	0,7937	0,85116	90		7,7519325	9,1074678
7	Activo	Sí	Vertical	2	-1,5	1,5	1,15116	-1,5	1,5	1,5	0,7937	0,34884	90		0,8718937	2,4994245
7	Activo	Sí	Vertical	3	-1,5	1,5	1,5	-1,5	1,5	2,7	0,7937	1,2	90		3,6140791	3,0117326
8	Activo	Sí	Vertical	1	1,5	1,5	0,3	1,5	1,5	1,1512	0,7937	0,85116	90		7,7519325	9,1074678
8	Activo	Sí	Vertical	2	1,5	1,5	1,15116	1,5	1,5	1,5	0,7937	0,34884	90		0,8718937	2,4994245
8	Activo	Sí	Vertical	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,7	0,7937	1,2	90		3,6140791	3,0117326

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Tabla 28.  
Potencial, intensidad y densidad de corriente de los conductores.

POTENCIAL, INTENSIDAD Y DENSIDAD DE CORRIENTE EN LOS CONDUCTORES													
CONDUCTOR	ELECTRODO	ORIENTACION	SEGMENTO	INICIO SEGMENTO(m)			FIN SEGMENTO (m)			DISTANCIA (m)	POTENCIA (V)	INTENSIDAD (A)	DENSIDAD (A/m)
1	A	Horizontal	1	-1,5	-1,5	0,5	-0,75	-1,5	0,5	0,375	999,3601109	5,130461779	6,840615706
1	A	Horizontal	2	-0,75	-1,5	0,5	0	-1,5	0,5	1,125	999,3601109	5,593085599	7,457447465
1	A	Horizontal	3	0	-1,5	0,5	0,75	-1,5	0,5	1,875	999,3601109	5,593085599	7,457447465
1	A	Horizontal	4	0,75	-1,5	0,5	1,5	-1,5	0,5	2,625	999,3601109	5,130461779	6,840615706
2	A	Horizontal	1	-1,5	1,5	0,5	-0,75	1,5	0,5	0,375	999,3601109	5,130461779	6,840615706
2	A	Horizontal	2	-0,75	1,5	0,5	0	1,5	0,5	1,125	999,3601109	5,593085599	7,457447465
2	A	Horizontal	3	0	1,5	0,5	0,75	1,5	0,5	1,875	999,3601109	5,593085599	7,457447465
2	A	Horizontal	4	0,75	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	2,625	999,3601109	5,130461779	6,840615706
3	A	Horizontal	1	-1,5	-1,5	0,5	-1,50E+00	-0,75	0,5	0,375	999,3601109	5,130461779	6,840615706
3	A	Horizontal	2	-1,50E+00	-0,75	0,5	-1,50E+00	0	0,5	1,125	999,3601109	5,593085599	7,457447465
3	A	Horizontal	3	-1,5	0	0,5	-1,5	0,75	0,5	1,875	999,3601109	5,593085599	7,457447465
3	A	Horizontal	4	-1,5	0,75	0,5	-1,5	1,5	0,5	2,625	999,3601109	5,130461779	6,840615706
4	A	Horizontal	1	1,5	-1,5	0,5	1,5	-0,75	0,5	0,375	999,3601109	5,130461779	6,840615706
4	A	Horizontal	2	1,5	-0,75	0,5	1,5	0	0,5	1,125	999,3601109	5,593085599	7,457447465
4	A	Horizontal	3	1,5	0	0,5	1,50E+00	0,75	0,5	1,875	999,3601109	5,593085599	7,457447465
4	A	Horizontal	4	1,50E+00	0,75	0,5	1,50E+00	1,5	0,5	2,625	999,3601109	5,130461779	6,840615706
5	A	Vertical	1	-1,5	-1,5	0,3	-1,50E+00	-1,5	1,151162	0,425581106	999,3601109	7,751932455	9,107467815
5	A	Vertical	2	-1,50E+00	-1,5	1,151162	-1,50E+00	-1,5	1,5	1,025581106	999,3601109	0,871893726	2,499424538
5	A	Vertical	3	-1,5	-1,5	1,5	-1,5	-1,5	2,7	1,8	999,3601109	3,614079063	3,011732553
6	A	Vertical	1	1,5	-1,5	0,3	1,5	-1,5	1,151162	0,425581106	999,3601109	7,751932455	9,107467815
6	A	Vertical	2	1,5	-1,5	1,151162	1,5	-1,5	1,5	1,025581106	999,3601109	0,871893726	2,499424537
6	A	Vertical	3	1,5	-1,5	1,5	1,5	-1,5	2,7	1,8	999,3601109	3,614079063	3,011732553
7	A	Vertical	1	-1,5	1,5	0,3	-1,5	1,5	1,151162	0,425581106	999,3601109	7,751932455	9,107467815
7	A	Vertical	2	-1,5	1,5	1,151162	-1,5	1,5	1,5	1,025581106	999,3601109	0,871893726	2,499424537
7	A	Vertical	3	-1,5	1,5	1,5	-1,5	1,5	2,7	1,8	999,3601109	3,614079063	3,011732553
8	A	Vertical	1	1,5	1,5	0,3	1,5	1,5	1,151162	0,425581106	999,3601109	7,751932455	9,107467815
8	A	Vertical	2	1,5	1,5	1,151162	1,5	1,5	1,5	1,025581106	999,3601109	0,871893726	2,499424537
8	A	Vertical	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,7	1,8	999,3601109	3,614079063	3,011732553

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Tabla 29.  
*Potencial y tensión de contacto y paso en los puntos de la malla.*

POTENCIAL Y TENSION DE CONTACTO Y PASO EN LOS PUNTOS DE LA MALLA								
PUNTO	X (m)	Y (m)	POTENCIAL (V)	POTENCIAL (%PSPT)	T.CONTACTO (V)	T.CONTACTO (%PSPT)	T.PASO (V)	T.PASO (%PSPT)
1	-1,5	-1,5	836,06303	83,6598	163,29708	16,3402	31,4731	3,1493
2	-1,5	-0,75	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
3	-1,5	0	857,19685	85,7746	142,16327	14,2254	9,6085	0,9615
4	-1,5	0,75	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
5	-1,5	1,5	836,06303	83,6598	163,29708	16,3402	31,4731	3,1493
6	-0,75	-1,5	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
7	-0,75	-0,75	866,78334	86,7338	132,57677	13,2662	3,10161	0,3104
8	-0,75	0	863,29567	86,3848	136,06444	13,6152	5,587	0,5591
9	-0,75	0,75	866,78334	86,7338	132,57677	13,2662	3,10161	0,3104
10	-0,75	1,5	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
11	0	-1,5	857,19685	85,7746	142,16327	14,2254	9,6085	0,9615
12	0	-0,75	863,29567	86,3848	136,06444	13,6152	5,587	0,5591
13	0	0	858,96671	85,9517	140,3934	14,0483	7,24677	0,7251
14	0	0,75	863,29567	86,3848	136,06444	13,6152	5,587	0,5591
15	0	1,5	857,19685	85,7746	142,16327	14,2254	9,6085	0,9615
16	0,75	-1,5	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
17	0,75	-0,75	866,78334	86,7338	132,57677	13,2662	3,10161	0,3104
18	0,75	0	863,29567	86,3848	136,06444	13,6152	5,587	0,5591
19	0,75	0,75	866,78334	86,7338	132,57677	13,2662	3,10161	0,3104
20	0,75	1,5	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
21	1,5	-1,5	836,06303	83,6598	163,29708	16,3402	31,4731	3,1493
22	1,5	-0,75	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
23	1,5	0	857,19685	85,7746	142,16327	14,2254	9,6085	0,9615
24	1,5	0,75	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
25	1,5	1,5	836,06303	83,6598	163,29708	16,3402	31,4731	3,1493
26	-1,5	-1,5	836,06303	83,6598	163,29708	16,3402	31,4731	3,1493
27	-0,75	-1,5	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
28	0	-1,5	857,19685	85,7746	142,16327	14,2254	9,6085	0,9615
29	0,75	-1,5	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
30	1,5	-1,5	836,06303	83,6598	163,29708	16,3402	31,4731	3,1493
31	-1,5	-0,75	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
32	-0,75	-0,75	866,78334	86,7338	132,57677	13,2662	3,10161	0,3104
33	0	-0,75	863,29567	86,3848	136,06444	13,6152	5,587	0,5591
34	0,75	-0,75	866,78334	86,7338	132,57677	13,2662	3,10161	0,3104
35	1,5	-0,75	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
36	-1,5	0	857,19685	85,7746	142,16327	14,2254	9,6085	0,9615
37	-0,75	0	863,29567	86,3848	136,06444	13,6152	5,587	0,5591
38	0	0	858,96671	85,9517	140,3934	14,0483	7,24677	0,7251
39	0,75	0	863,29567	86,3848	136,06444	13,6152	5,587	0,5591
40	1,5	0	857,19685	85,7746	142,16327	14,2254	9,6085	0,9615
41	-1,5	0,75	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
42	-0,75	0,75	866,78334	86,7338	132,57677	13,2662	3,10161	0,3104
43	0	0,75	863,29567	86,3848	136,06444	13,6152	5,587	0,5591
44	0,75	0,75	866,78334	86,7338	132,57677	13,2662	3,10161	0,3104
45	1,5	0,75	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
46	-1,5	1,5	836,06303	83,6598	163,29708	16,3402	31,4731	3,1493
47	-0,75	1,5	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
48	0	1,5	857,19685	85,7746	142,16327	14,2254	9,6085	0,9615
49	0,75	1,5	856,52573	85,7074	142,83438	14,2926	8,33087	0,8336
50	1,5	1,5	836,06303	83,6598	163,29708	16,3402	31,4731	3,1493

Tabla 30.  
Resistencias propias y mutuas entre segmentos en ohmios.

RESISTENCIAS PROPIAS Y MUTUAS ENTRE SEGMENTOS EN OHMIOS															
Rij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	38,92	10,16	7,23	5,84	4,93	4,84	4,61	4,30	11,55	7,98	6,33	5,30	5,32	5,09	4,73
2	10,16	38,92	10,16	7,23	4,84	4,93	4,84	4,61	8,10	6,98	5,90	5,08	6,37	5,92	5,31
3	7,23	10,16	38,92	10,16	4,61	4,84	4,93	4,84	6,37	5,92	5,31	4,72	8,10	6,98	5,90
4	5,84	7,23	10,16	38,92	4,30	4,61	4,84	4,93	5,32	5,09	4,73	4,33	11,55	7,98	6,33
5	4,93	4,84	4,61	4,30	38,92	10,16	7,23	5,84	5,30	6,33	7,98	11,55	4,33	4,73	5,09
6	4,84	4,93	4,84	4,61	10,16	38,92	10,16	7,23	5,08	5,90	6,98	8,10	4,72	5,31	5,92
7	4,61	4,84	4,93	4,84	7,23	10,16	38,92	10,16	4,72	5,31	5,92	6,37	5,08	5,90	6,98
8	4,30	4,61	4,84	4,93	5,84	7,23	10,16	38,92	4,33	4,73	5,09	5,32	5,30	6,33	7,98
9	11,55	7,98	6,33	5,30	5,32	5,09	4,73	4,33	38,92	10,16	7,23	5,84	4,93	4,84	4,61
10	8,10	6,98	5,90	5,08	6,37	5,92	5,31	4,72	10,16	38,92	10,16	7,23	4,84	4,93	4,84
11	6,37	5,92	5,31	4,72	8,10	6,98	5,90	5,08	7,23	10,16	38,92	10,16	4,61	4,84	4,93
12	5,32	5,09	4,73	4,33	11,55	7,98	6,33	5,30	5,84	7,23	10,16	38,92	4,30	4,61	4,84
13	5,30	6,33	7,98	11,55	4,33	4,73	5,09	5,32	4,93	4,84	4,61	4,30	38,92	10,16	7,23
14	5,08	5,90	6,98	8,10	4,72	5,31	5,92	6,37	4,84	4,93	4,84	4,61	10,16	38,92	10,16
15	4,72	5,31	5,92	6,37	5,08	5,90	6,98	8,10	4,61	4,84	4,93	4,84	7,23	10,16	38,92

Fuente: diseño Edwin Arbey Barbosa Barrera

Tabla 31.  
Sistema de ecuaciones e intensidad de corriente.

SISTEMA DE ECUACIONES E INTENSIDAD DE CORRIENTE							
SEGMENTO	ELECTRODO	HABILITADO	LAMBDA	VECTOR {1}	DIFERENCIA	CORRIENTE (A)	CORRIENTE TOTAL (A)
1	Activo	Sí	5,13E-03	1	1,42E-12	5,130461779	5,130461779
2	Activo	Sí	5,60E-03	1	2,13E-12	5,593085599	10,72354738
3	Activo	Sí	5,60E-03	1	2,22E-12	5,593085599	16,31663298
4	Activo	Sí	5,13E-03	1	2,77E-12	5,130461779	21,44709476
5	Activo	Sí	5,13E-03	1	2,37E-12	5,130461779	26,57755654
6	Activo	Sí	5,60E-03	1	2,91E-12	5,593085599	32,17064213
7	Activo	Sí	5,60E-03	1	2,83E-12	5,593085599	37,76372773
8	Activo	Sí	5,13E-03	1	3,54E-12	5,130461779	42,89418951
9	Activo	Sí	5,13E-03	1	1,39E-12	5,130461779	4,80E+01
10	Activo	Sí	5,60E-03	1	2,00E-12	5,593085599	5,36E+01
11	Activo	Sí	5,60E-03	1	1,95E-12	5,593085599	59,21082249
12	Activo	Sí	5,13E-03	1	2,31E-12	5,130461779	64,34128427
13	Activo	Sí	5,13E-03	1	2,94E-12	5,130461779	69,47174605
14	Activo	Sí	5,60E-03	1	3,32E-12	5,593085599	75,06483165
15	Activo	Sí	5,60E-03	1	3,11E-12	5,593085599	8,07E+01
16	Activo	Sí	5,13E-03	1	3,57E-12	5,130461779	8,58E+01
17	Activo	Sí	7,76E-03	1	1,72E-12	7,751932455	93,54031148
18	Activo	Sí	8,72E-04	1	5,62E-12	0,871893726	94,41220521
19	Activo	Sí	3,62E-03	1	3,19E-12	3,614079063	98,02628427
20	Activo	Sí	7,76E-03	1	2,99E-12	7,751932455	105,7782167
21	Activo	Sí	8,72E-04	1	1,47E-11	0,871893726	106,6501104
22	Activo	Sí	3,62E-03	1	3,47E-12	3,614079063	110,2641895
23	Activo	Sí	7,76E-03	1	2,62E-12	7,751932455	118,016122
24	Activo	Sí	8,72E-04	1	1,60E-11	0,871893726	118,8880157
25	Activo	Sí	3,62E-03	1	3,82E-12	3,614079063	122,5020948
26	Activo	Sí	7,76E-03	1	3,49E-12	7,751932455	130,2540272
27	Activo	Sí	8,72E-04	1	1,20E-11	0,871893726	131,1259209
28	Activo	Sí	3,62E-03	1	3,04E-12	3,614079063	134,74

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



## Anexo C. Gráficos.

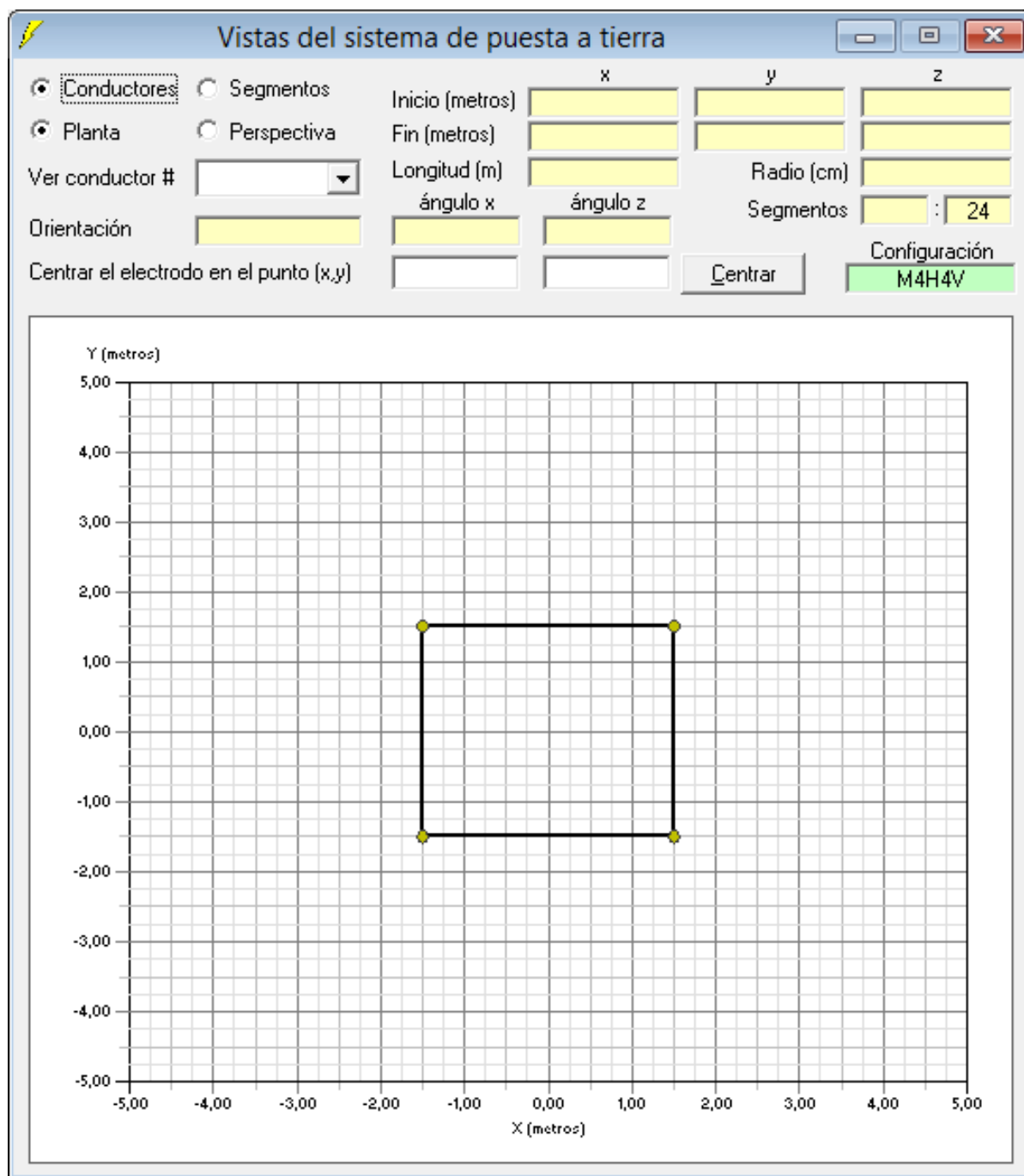


Figura 72. Malla de puesta a tierra vista en planta.

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

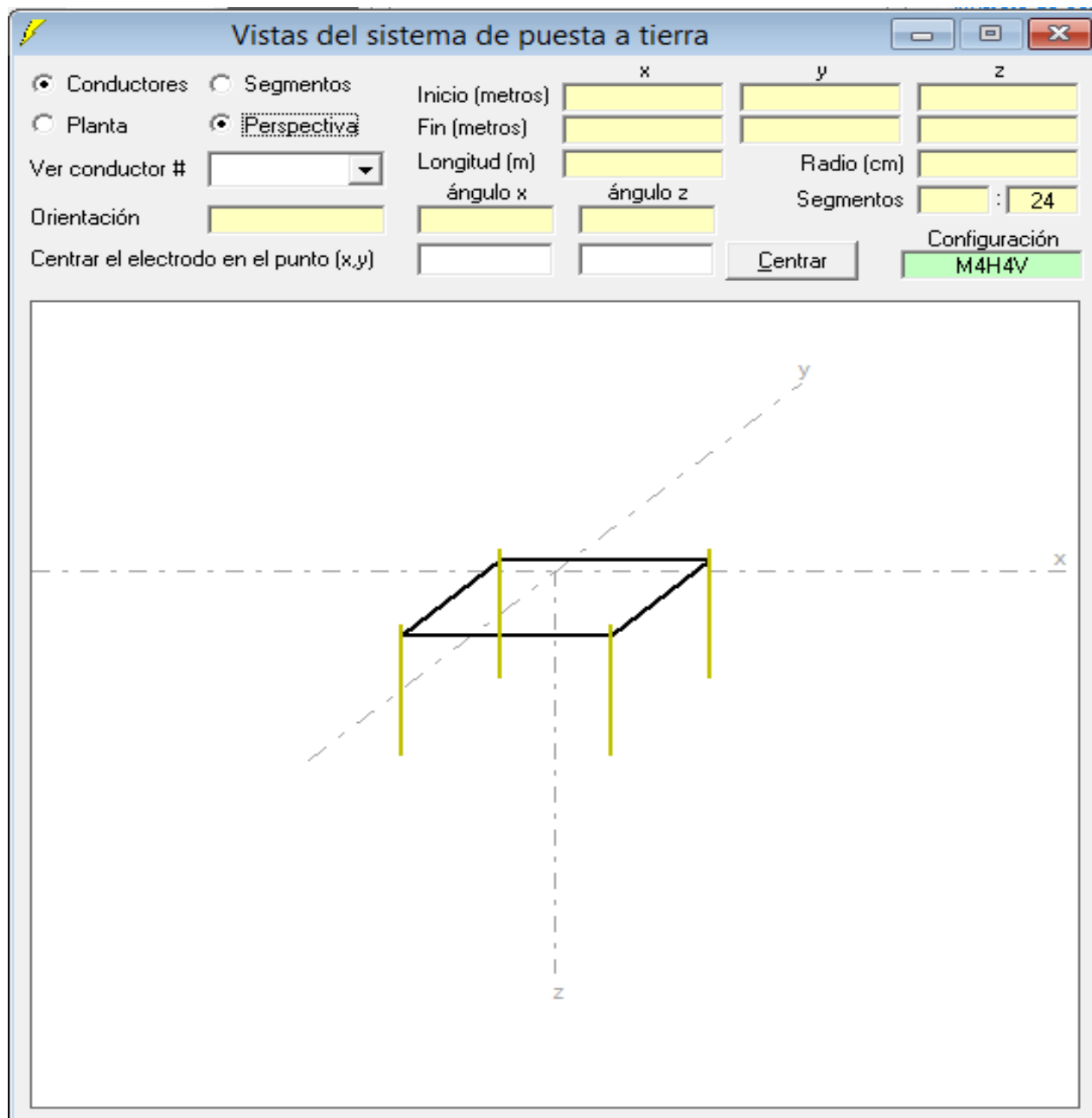


Figura 73. Malla de puesta a tierra vista en perspectiva  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

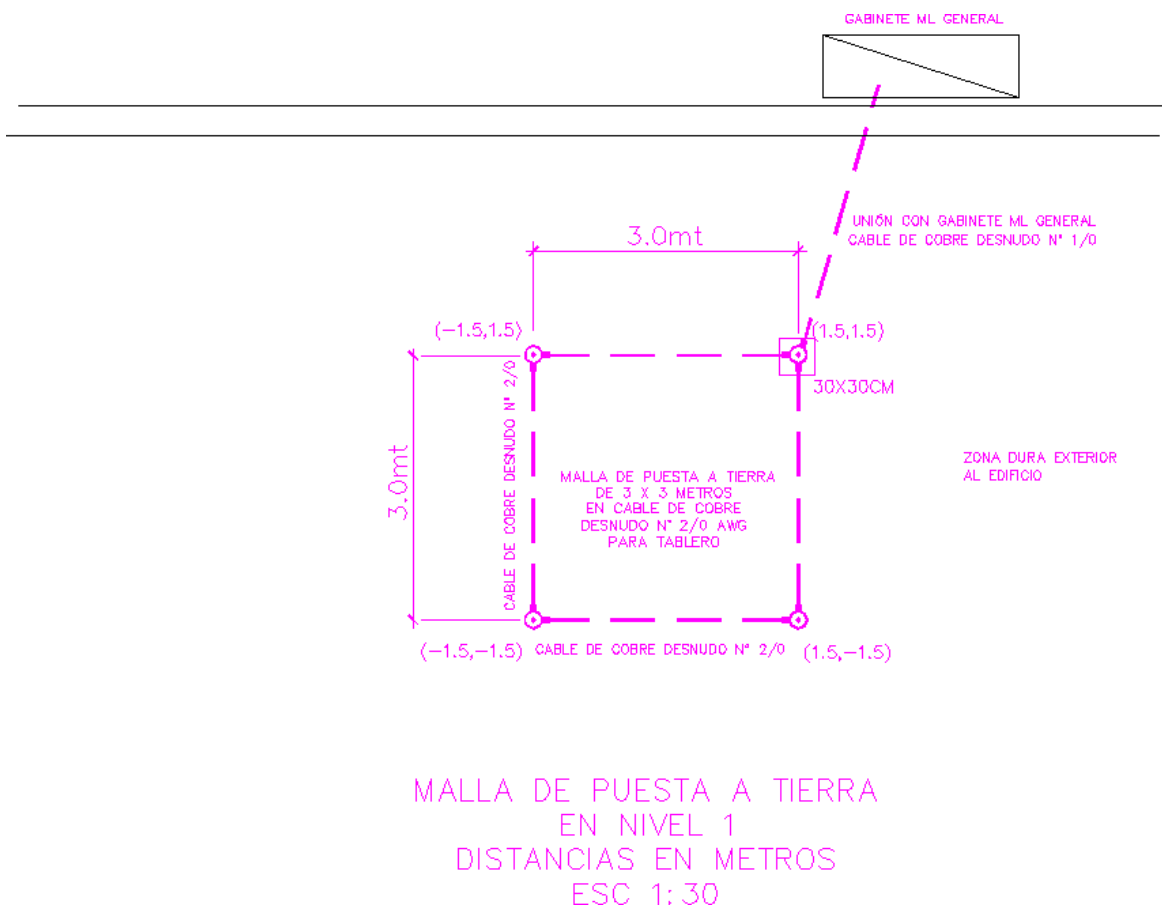





Figura 74. Malla de puesta a tierra vista en planta.

Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

#### Convenciones:

	Conductor Desnudo calibre 2/0 AWG Cu.
	Varilla de 2.4 m y 5/8".
	Caja de inspección 30 x 30 cm libres.

**Nota 1:** Los datos de las coordenadas de la malla están dados en metros.

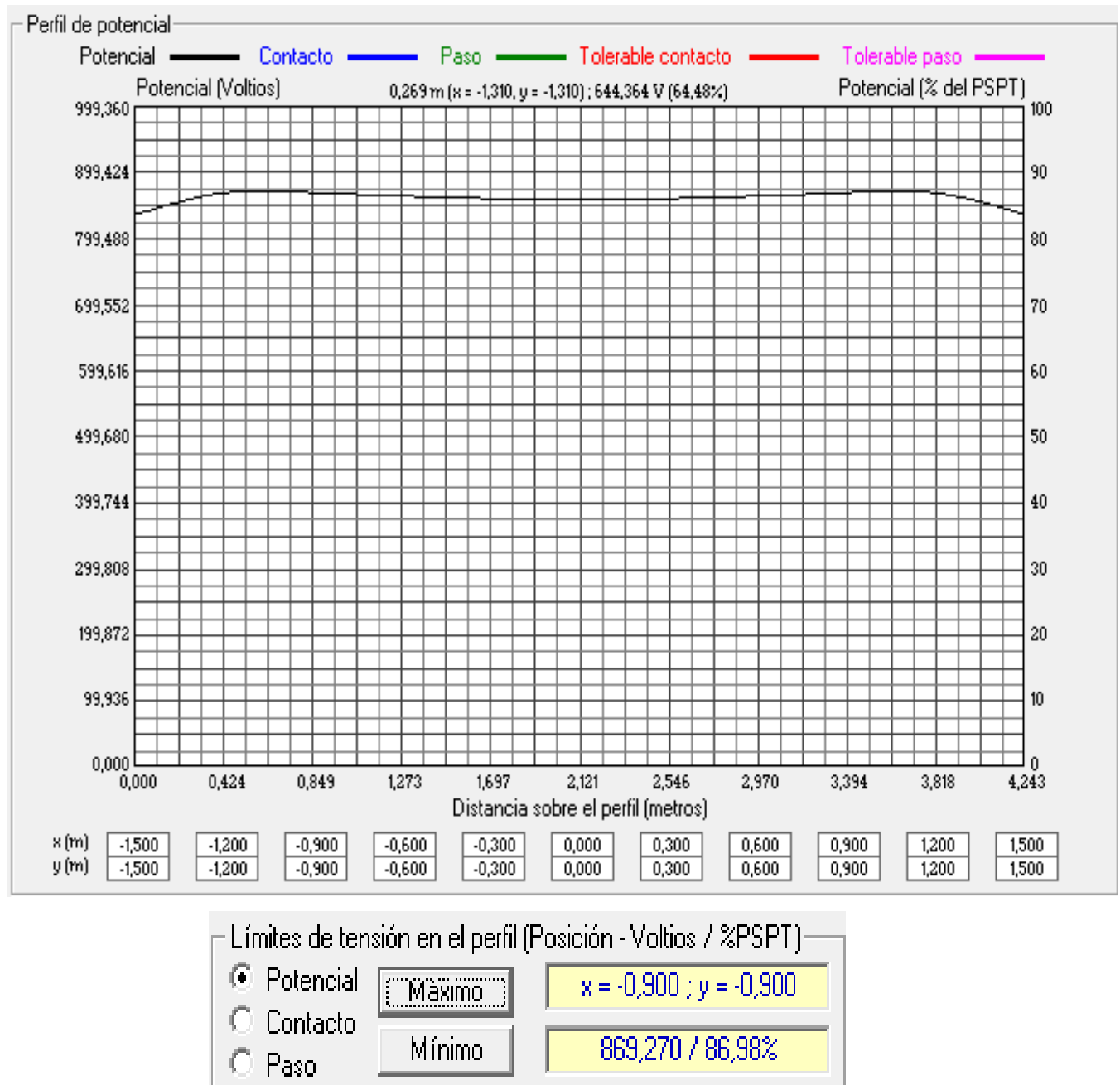


Figura 75. Perfiles de Potenciales sobre el suelo.

Fuente: diseño José Manuel García Holguín

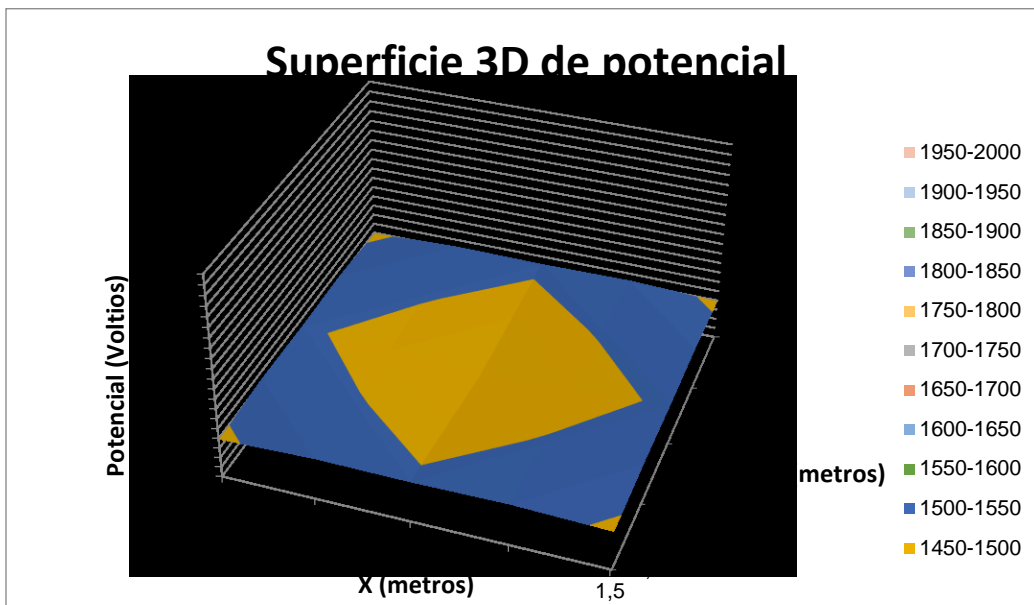


Figura 76. Superficie 3D de potencial  
 Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

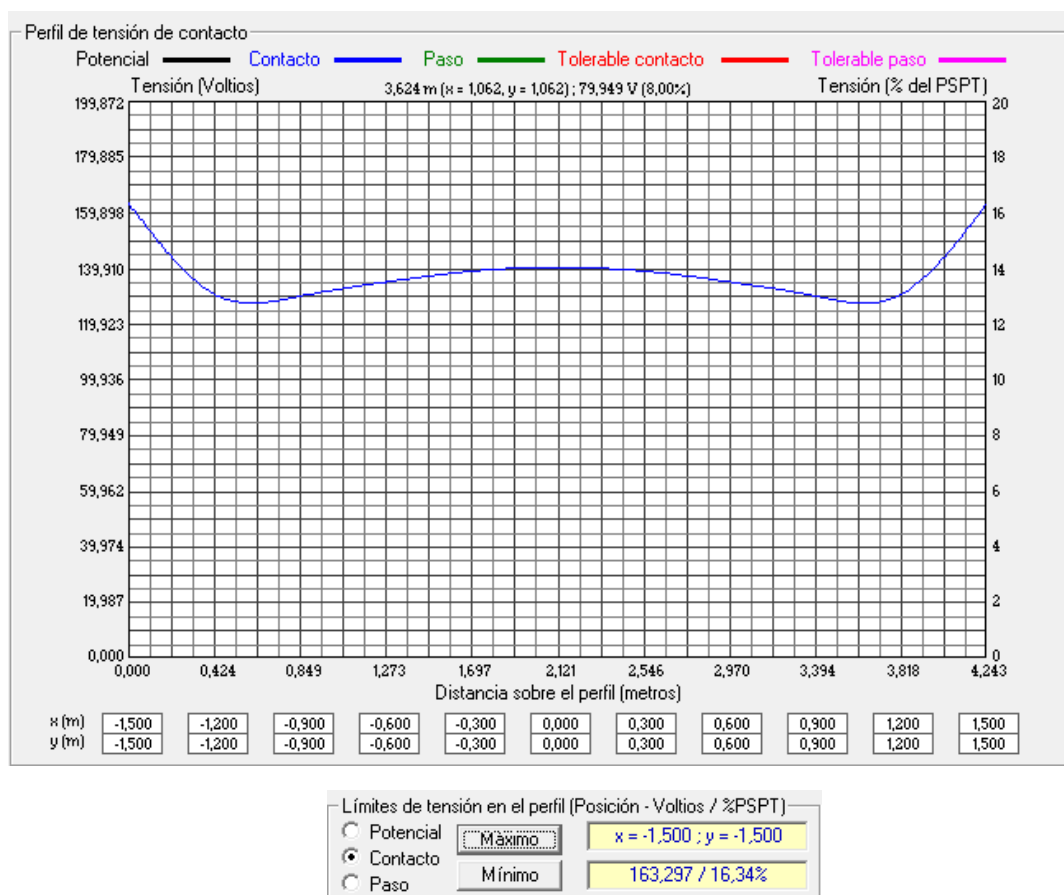


Figura 77. Perfil de Tensión de contacto.  
 Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

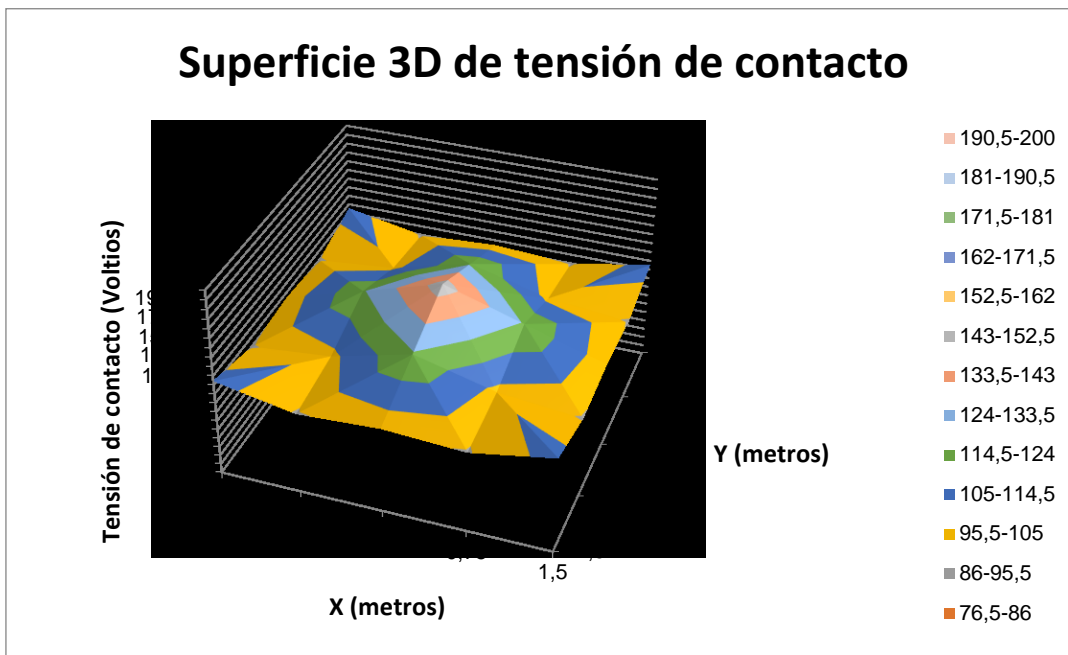


Figura 78. Superficie 3D de tensión de contacto.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

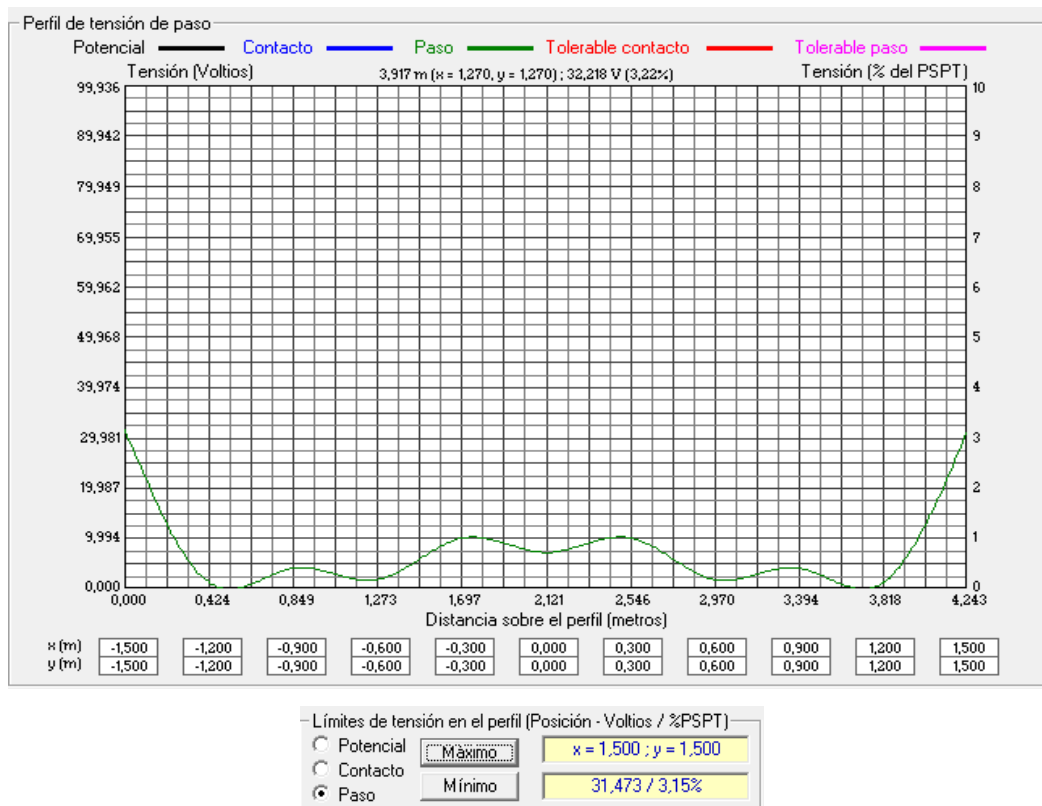


Figura 79. Perfil de Tensión de paso. Fuente:  
diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

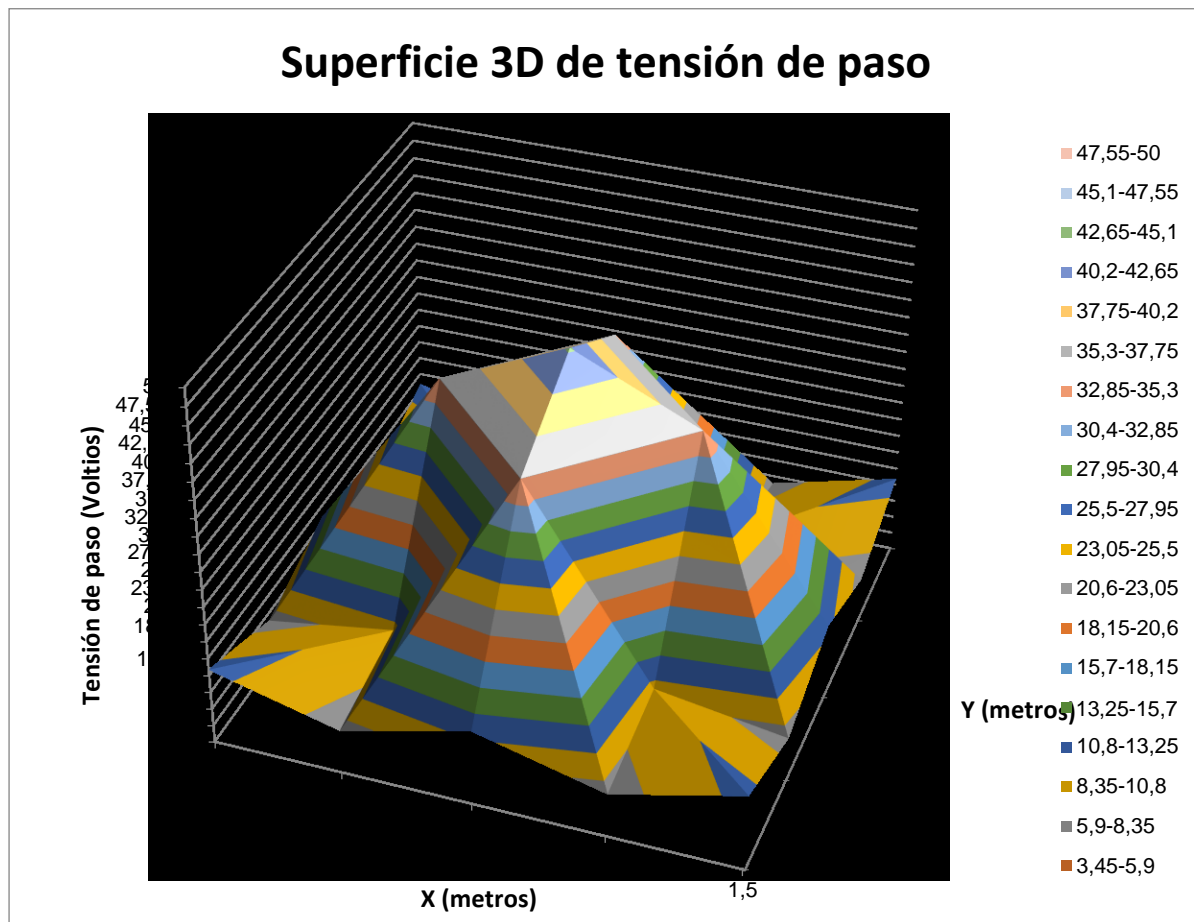


Figura 80. Superficie 3D de tensión de paso.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

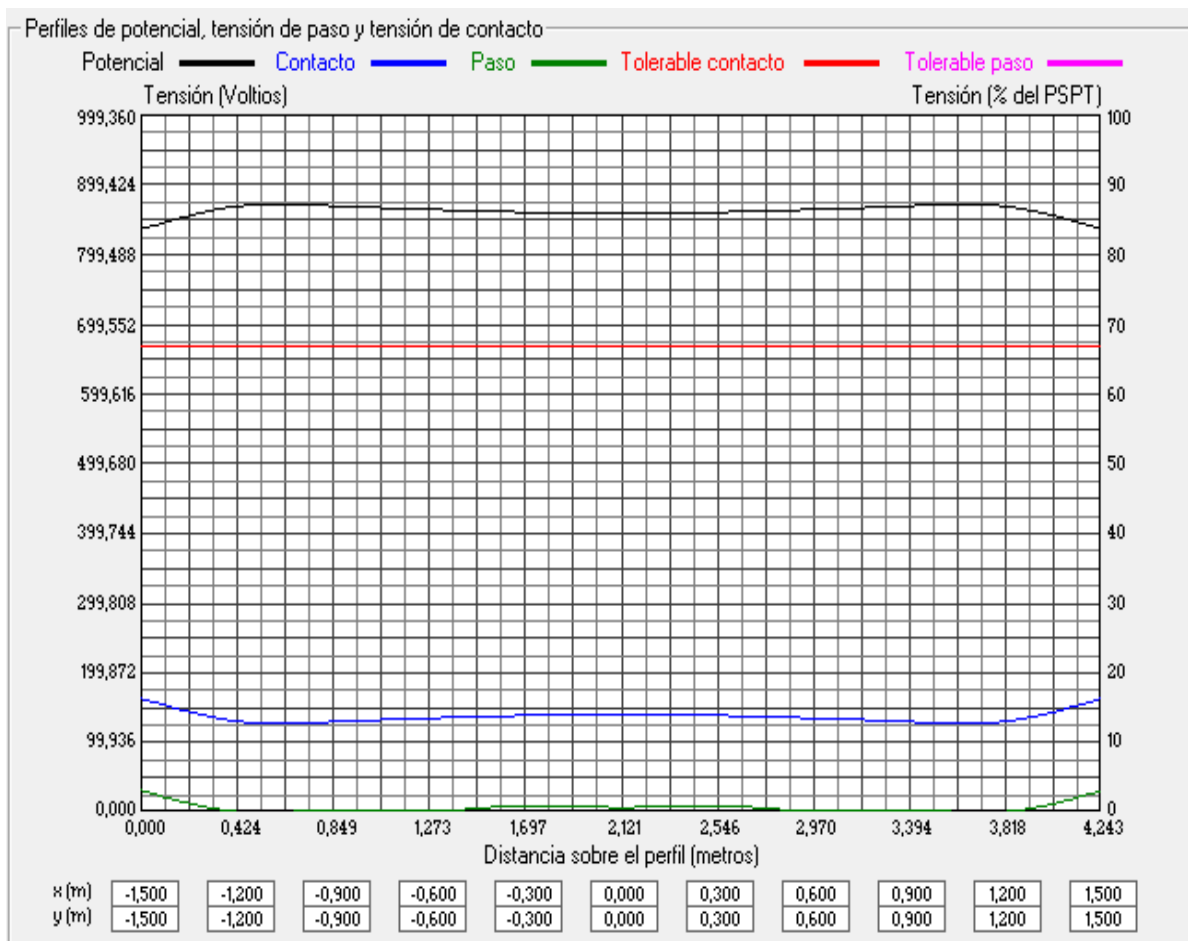


Figura 81. Perfiles de potencial, Tensión de paso y Tensión de contacto.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



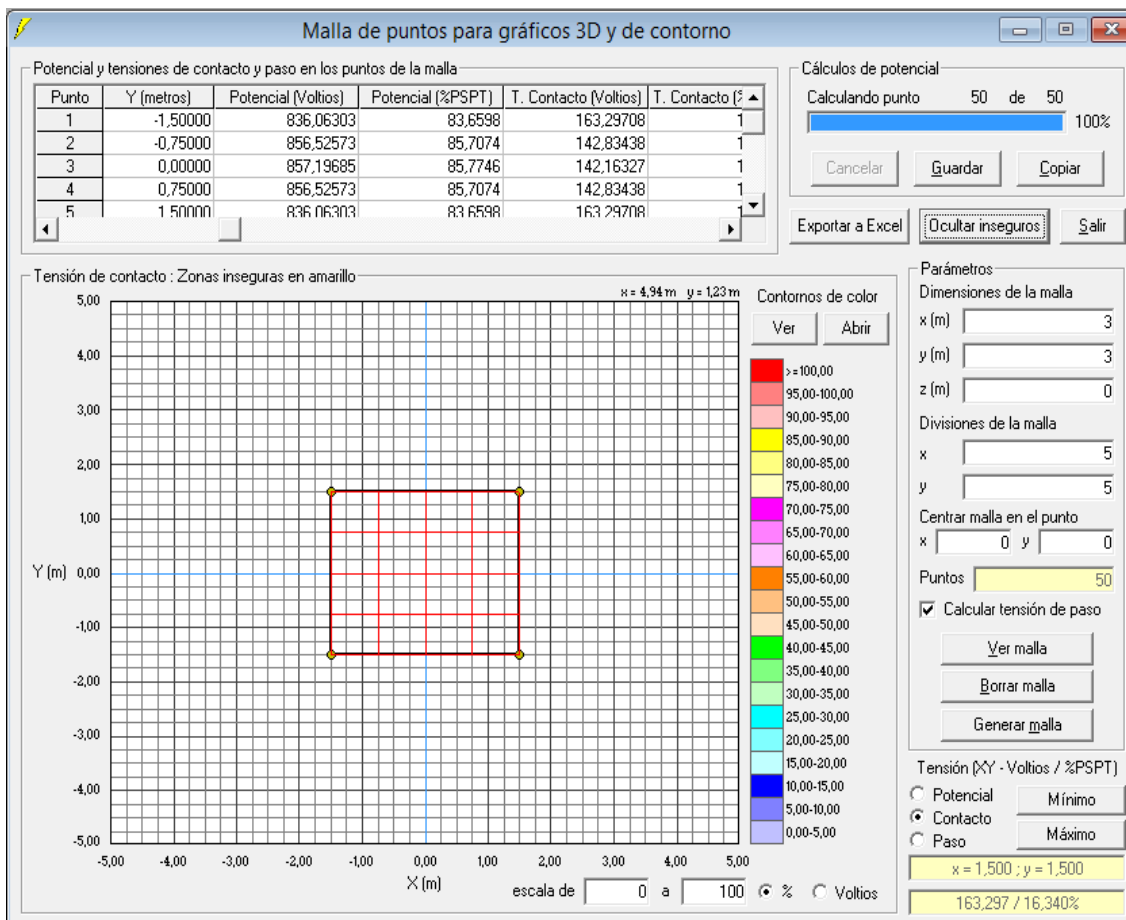
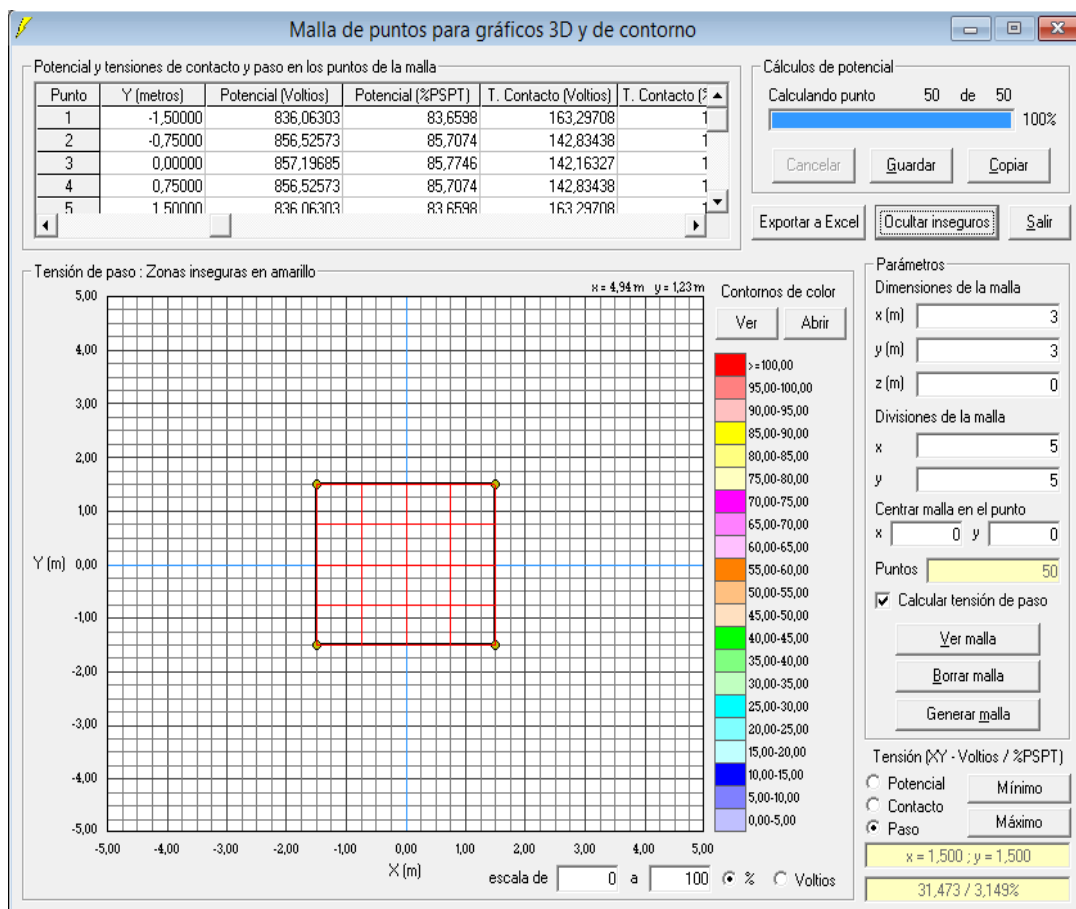


Figura 82. Tensiones de contacto controladas en los puntos de la malla.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 83.* Tensiones de paso controladas en los puntos de la malla.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

### Anexo D. Guía para soldaduras.

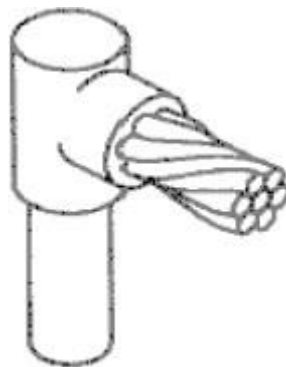
Tabla 32.

*Gramos de soldadura de acuerdo al tipo de unión y calibre de conductores.*

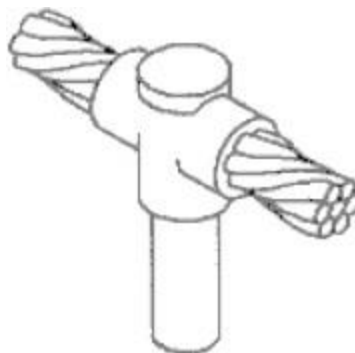
TIPO DE UNION	CONDUCTOR 1/0	CONDUCTOR 2/0	CONDUCTOR 4/0
Cable Cable	45	65	90
Cable Cable en T	90	90	150
Cable Varilla de 5/8"	90	90	90
Cable Varilla de 5/8" en T	90	115	115
Cuatro Cables en Cruz	90	115	200
Cuatro Cables con Varilla de 5/8"	200	250	300

Fuente: diseño José Manuel García Holguín

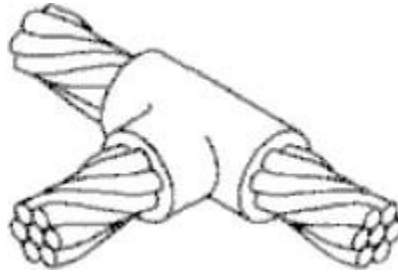
## Anexo E. Tipos de uniones



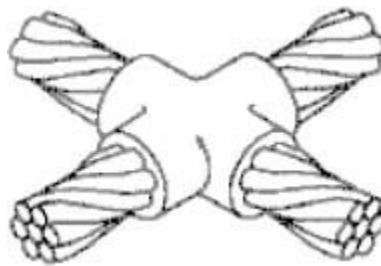
*Figura 84.* Unión de Cable con Varilla de 5/8".  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



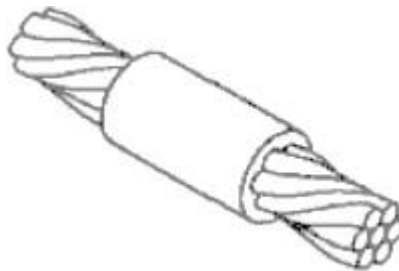
*Figura 85.* Unión de Cable con Varilla de 5/8".  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



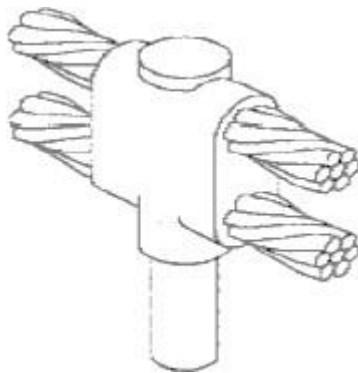
*Figura 86.* Unión de Cable con Cable en T.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 87.* Unión de Cuatro Cables en Cruz.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 88.* Unión de Cable con Cable.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 89.* Unión de Cuatro Cables con Varilla de 5/8".  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

## Anexo F. Guía gráfica de instalaciones.

### Excavación para instalación de cables del SPT.

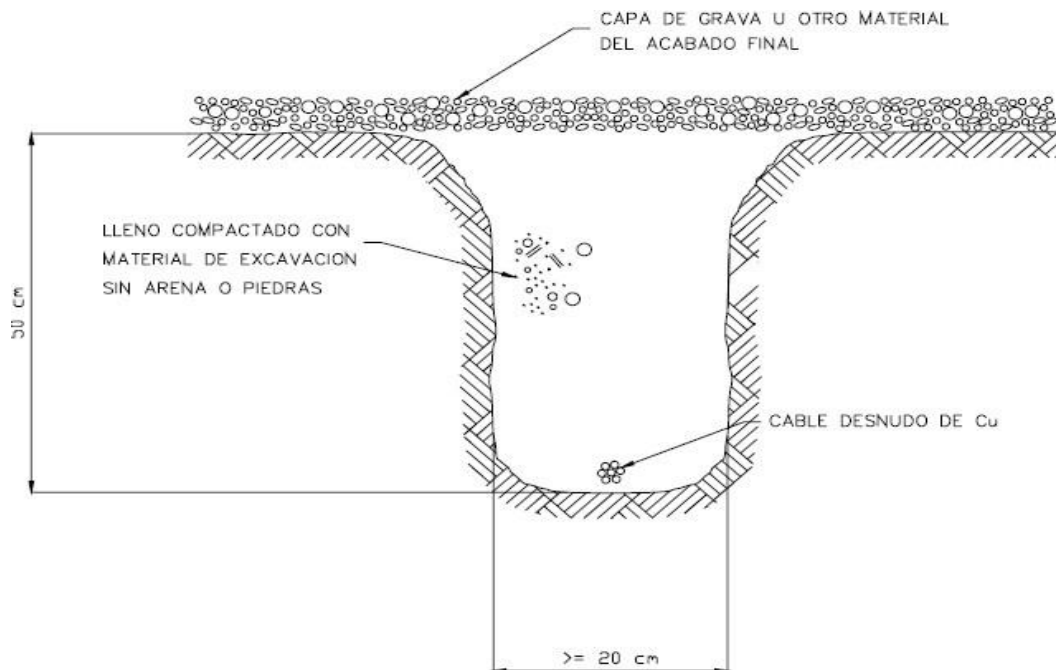
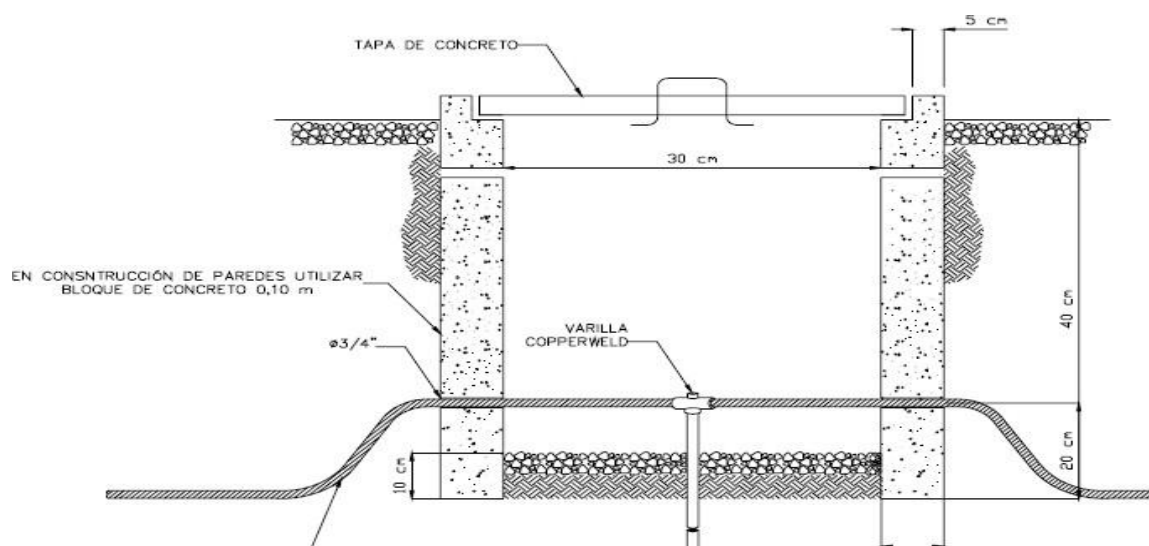
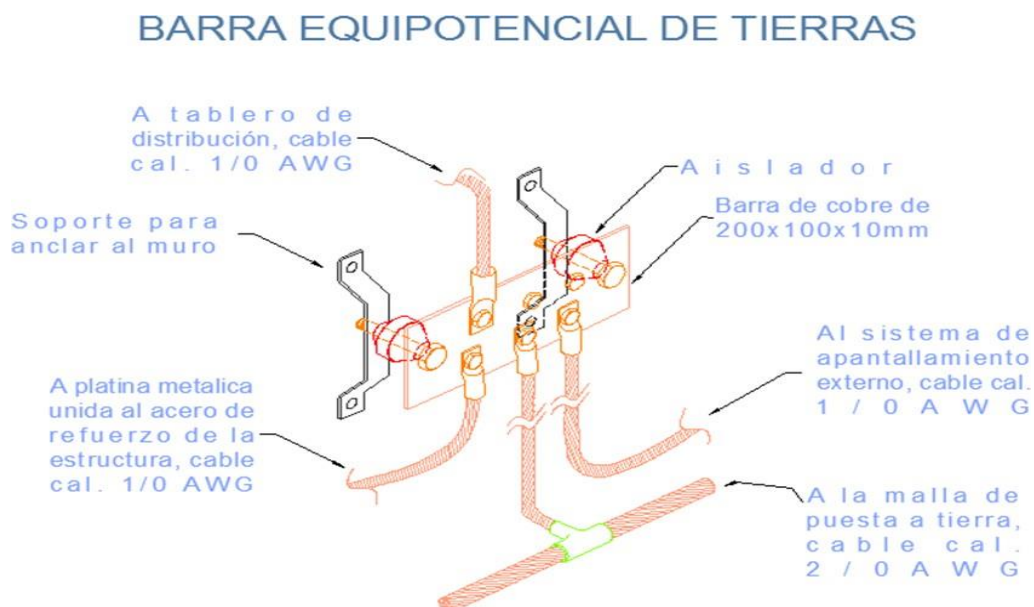


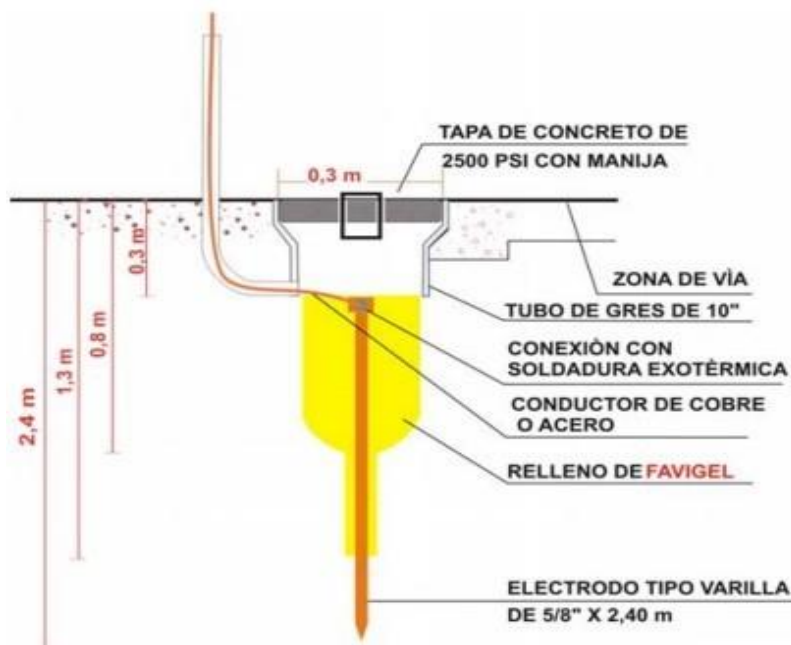
Figura 90. Caja de inspección SPT.  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



## Anexo G. Barra equipotencial de tierras

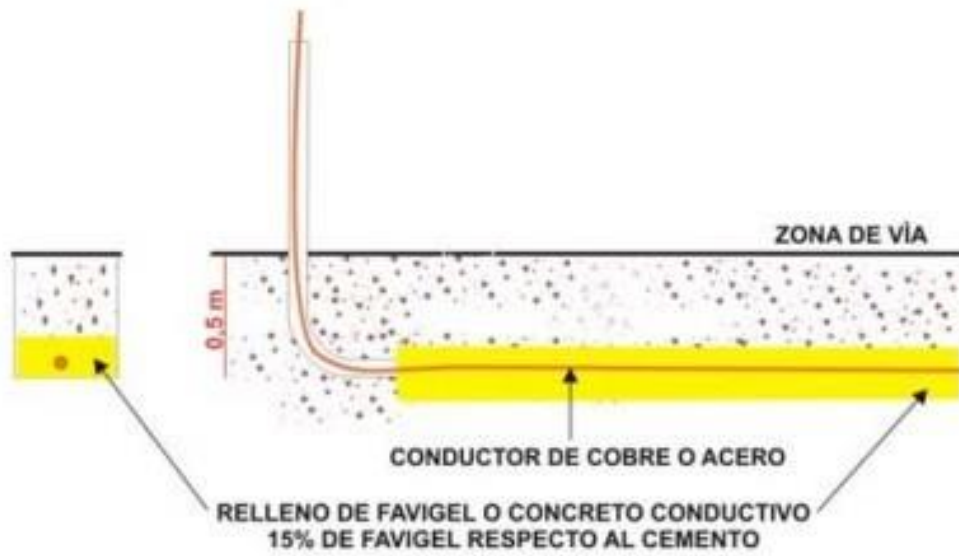


*Figura 91.* Instalación de FAVIGEL para electrodo tipo varilla  
 Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera



*Figura 92.* Instalación de FAVIGEL para conductor de cable  
 Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera





*Figura 93.* Conductor de cobre de acero  
Fuente: diseño Jairo Alberto Barbosa Barrera

**Anexo H. Plano 1. Sistema eléctrico bloque 19 materialografía.**

- a. Diagrama unifilar del sistema eléctrico.
- b. Ubicación geográfica bloque 19 Institución Universitaria Pascual Bravo.
- c. Tabla de convenciones.
- d. Medida altura Gabinete principal.
- e. Tabla de cargas tablero general.
- f. Calculo de caída de tensión trifásica.
- g. Cajetín de notas.
- h. Diagrama arquitectónico del sistema eléctrico planta primer piso.
- i. Diagrama arquitectónico del sistema eléctrico planta segundo piso.
- j. Tabla de convenciones.
- k. Cuadro de cargas del laboratorio de arenas.
- l. Cuadro de cargas del laboratorio Térmico.
- m. Cuadro de cargas del laboratorio de fundición.
- n. Cuadro de cargas del laboratorio de Materialografía, microscopios y circuito de iluminación.
- o. Tabla descripción, ubicación de maquinaria bloque 19, Materialografía.
- p. Cajetín de notas.