



DIAGNÓSTICO A LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TIPO INTERIOR DE LA  
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA (C.U.C.) APLICANDO LA  
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050 Y EL REGLAMENTO TÉCNICO DE  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)

HARRISON DAVID PIEDRAHITA PERÉZ

EFRAÍN RAFAEL SILVA RINCÓN

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA (C.U.C.)

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

BARRANQUILLA - COLOMBIA

2011



DIAGNÓSTICO A LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TIPO INTERIOR DE LA  
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA (C.U.C.) APLICANDO LA  
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050 Y EL REGLAMENTO TÉCNICO DE  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)

HARRISON DAVID PIEDRAHITA PERÉZ

EFRAÍN RAFAEL SILVA RINCÓN

TESIS DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO

DIRECTOR

ING. JORGE IVÁN SILVA ORTEGA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA (C.U.C.)

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

BARRANQUILLA - COLOMBIA

2011



Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Barranquilla, 13 de Abril del 2011



## DEDICATORIA

A DIOS primeramente por permitirnos vivir, aprender, crecer como personas, entregar nuestros triunfos y logros para su gloria y honra, culminar nuestro proceso de formación e investigación de manera satisfactoria.

A nuestras madres por el apoyo incondicional, perseverancia inquebrantable y enseñanzas de vida.

A nuestras familias por su apoyo desinteresado e incondicional.



## AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a:

La CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA (CUC), por permitirnos realizar nuestro proceso de formación e investigación, a partir del cual ejecutamos la gestión y construcción de este proyecto.

A nuestro director de tesis Jorge Ivan Silva por su incansable perseverancia en la consecución de cada una de las etapas del proyecto; por sus consejos y directrices.

A nuestro asesor metodológico Jorge Hernández Mercado quien desinteresadamente dispuso su tiempo y conocimientos para aconsejar, guiar, y respaldar el desarrollo del proyecto.

A nuestra directora de programa Milen Balbis Morejón por su grato acompañamiento y apoyo en las diferentes etapas del proyecto.

Al departamento de mantenimiento de la CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA (CUC), quienes apoyaron de manera directa en el desarrollo de cada una de las labores técnicas que exigía el proyecto.

A cada una de las personas quienes de forma directa e indirecta colaboraron para que este proyecto fuese desarrollado.

## TABLA DE CONTENIDO

|  | Págs. |
|--|-------|
| INTRODUCCIÓN.....  | 14    |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....  | 15    |
| 2. OBJETIVOS.....  | 17    |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL.....   | 17    |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....  | 17    |
| 3. JUSTIFICACIÓN.....  | 18    |
| 4. ESTADO DEL ARTE.....  | 19    |
| 4.1. PROTOCOLOS DE MEDICIÓN REQUERIDOS.....                                    | 19    |
| 4.1.1. EQUIPOS DE MEDICIÓN EXISTENTES.....                                     | 20    |
| 4.1.2. EQUIPOS DE MEDICIÓN SELECCIONADOS .....                                 | 21    |
| 4.2. NORMATIVIDAD TÉCNICA APLICADA PARA EL DESARROLLO DEL<br>DIAGNÓSTICO ..... | 22    |
| 5. MARCO TEÓRICO .....   | 24    |
| 5.1. INSPECCIÓN .....  | 24    |
| 5.2. DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....   | 26    |
| 5.3. ESPACIOS DE TRABAJOS.....   | 27    |
| 5.4. SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD .....   | 29    |
| 5.5. CÓDIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES .....                                  | 30    |
| 5.6. DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO .....   | 31    |
| 5.7. LEVANTAMIENTO .....   | 31    |
| 5.8. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA .....                                      | 32    |
| 5.8.1. EL MÉTODO O REGLA DEL 61,8%.....  | 32    |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 5.9.    | RESISTIVIDAD DEL TERRENO.....  | 33 |
| 5.9.1.  | MÉTODO DE WENNER.....  | 35 |
| 5.10.   | TENSIONES DE PASO.....   | 38 |
| 5.10.1. | MEDICIÓN DE TENSIONES DE PASO.....                                       | 39 |
| 5.11.   | TENSIONES DE CONTACTO.....   | 41 |
| 5.11.1. | MEDICIÓN DE TENSIONES DE CONTACTO.....                                   | 42 |
| 5.12.   | EQUIPOTENCIALIDAD.....   | 44 |
| 5.12.1. | MEDICIÓN DE EQUIPOTENCIALIDAD.....                                       | 46 |
| 5.13.   | ILUMINACIÓN.....   | 48 |
| 5.13.1. | MÉTODO FOTOMÉTRICO PARA MEDICIÓN DE ILUMINANCIA<br>PROMEDIO.....         | 49 |
| 6.      | DELIMITACIÓN.....  | 51 |
| 6.1.    | DELIMITACION ESPACIAL.....   | 51 |
| 6.2.    | DELIMITACION CRONOLOGICA.....  | 51 |
| 6.3.    | ALCANCES.....  | 52 |
| 6.4.    | LIMITACIONES.....  | 52 |
| 7.      | DISEÑO METODOLÓGICO.....   | 53 |
| 8.      | PRESUPUESTO.....   | 56 |
| 9.      | DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN SOBRE LAS CONDICIONES DE LA<br>SUBESTACIÓN..... | 58 |
| 9.1.    | LEVANTAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN.....                                     | 58 |
| 9.1.1.  | PLANO DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN.....                                    | 59 |
| 9.1.2.  | PLANO ARQUITECTÓNICO DE LA SUBESTACIÓN.....                              | 60 |
| 9.2.    | INSPECCIÓN DE LA SUBESTACIÓN.....  | 61 |
| 9.3.    | EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....                           | 99 |
| 9.3.1.  | MEDICIÓN DE RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ....              | 99 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 9.3.2.   | MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD APARENTE .....          | 101 |
| 9.3.2.1. | VALORES DE RESISTIVIDAD APARENTE OBTENIDOS .....    | 101 |
| 9.3.2.2. | DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD APARENTE .....     | 102 |
| 9.3.3.   | MEDICIONES DE TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO ..... | 105 |
| 9.3.4.   | MEDICIÓN DE EQUIPOTENCIALIDAD.....                  | 108 |
| 9.4.     | EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....         | 111 |
| 9.4.1.   | MEDICIÓN DE ILUMINANCIA.....                        | 111 |
| 9.4.1.1. | DETERMINACIÓN DE ILUMINANCIA PROMEDIO.....          | 112 |
| 10.      | RECOMENDACIONES PARA LAS NO CONFORMIDADES .....     | 114 |
| 11.      | CONCLUSIONES .....                                  | 140 |
|          | GLOSARIO.....                                       | 142 |
|          | BIBLIOGRAFÍA.....                                   | 145 |
|          | ANEXOS .....  | 147 |

## ÍNDICE DE GRAFICAS

|   | Págs. |
|---|-------|
| Figura 1. Limites de aproximación según RETIE.....  | 26    |
| Figura 2. Condiciones de espacio de trabajo según NEC Handbook (2005).....                        | 28    |
| Figura 3. Esquema de medición de resistencia de puesta a tierra. ....                             | 33    |
| Figura 4. Presentación de la resistencia especifica de tierra.....                                | 34    |
| Figura 5. Esquema de medición de resistividad aparente según RETIE.....                           | 36    |
| Figura 6. Fórmula para determinar resistividad del terreno según RETIE.....                       | 36    |
| Figura 7. Esquema de medición de resistividad aparente en concreto.....                           | 37    |
| Figura 8. Tensión de paso cerca de una estructura conectada a tierra .....                        | 38    |
| Figura 9. Esquema de medición para tensión de paso.....   | 39    |
| Figura 10. Fórmula para determinar tensión de paso tolerable según IEEE 80. ....                  | 40    |
| Figura 11. Tensión de contacto cerca de una estructura conectada a tierra .....                   | 41    |
| Figura 12. Esquema de medición para tensión de contacto .....                                     | 42    |
| Figura 13. Fórmula para determinar tensión de contacto tolerable según IEEE 80.....               | 43    |
| Figura 14. Esquema de medición para equipotencialidad.....  | 47    |
| Figura 15. Iluminancia emergente en una superficie.....   | 48    |
| Figura 16. Puntos de medición de iluminancia y formula de iluminancia promedio según RETILAP..... | 49    |
| Figura 17. Corporación universitaria de la costa, CI 58 # 55-66.....                              | 51    |
| Figura 18. Flujograma de la metodología.....  | 55    |
| Figura 19. Presupuesto.....   | 57    |
| Figura 20. Plano de red de media tensión. ....  | 59    |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 21. Plano arquitectónico de la subestación. ....                 | 60  |
| Figura 22. Punto de medición de la resistencia de puesta a tierra. .... | 99  |
| Figura 23. Medición de puesta a tierra. ....                            | 100 |
| Figura 24. Medición de resistividad. ....                               | 101 |
| Figura 25. Puntos de mediciones de tensiones de paso y contacto. ....   | 106 |
| Figura 26. Puntos de mediciones de equipotencialidad. ....              | 109 |
| Figura 27. Micro-ohmímetro. ....  | 110 |
| Figura 28. Mediciones de equipotencialidad. ....                        | 110 |
| Figura 29. Puntos de medición de iluminancia. ....                      | 111 |
| Figura 30. Medición de iluminancia. ....                                | 113 |
| Figura 31. Luminaria en mal estado. ....                                | 113 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | Págs. |
|---|-------|
| Tabla 1. Límites de aproximación a partes energizadas de equipos según RETIE. ....  | 26    |
| Tabla 2. Espacio de trabajo según NTC 2050.....                                     | 27    |
| Tabla 3. Clasificación de colores para las señales de seguridad según RETIE.....    | 29    |
| Tabla 4. Código de colores para conductores según RETIE.....                        | 30    |
| Tabla 5. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra según RETIE..... | 33    |
| Tabla 6. Valores orientativos de resistencia específica. [22].....                  | 35    |
| Tabla 7. Valores de resistividad aparente obtenidos. ....                           | 101   |
| Tabla 8. Valores de resistividad aparente obtenidos. ....                           | 102   |
| Tabla 9. Logaritmo natural a valores de la resistividad.....                        | 102   |
| Tabla 10. Media y desviación estándar de la resistividad. ....                      | 103   |
| Tabla 11. Valores de Z en distribución normal estándar. ....                        | 103   |
| Tabla 12. Valores de resistividad determinados al 70% de probabilidad.....          | 103   |
| Tabla 13. Valor de resistividad calculado.....                                      | 104   |
| Tabla 14. Planilla de tensiones de paso y contacto. ....                            | 105   |
| Tabla 15. Planilla de equipotencialidad.....  | 108   |
| Tabla 16. Valor de iluminación promedio.....  | 112   |

## RESUMEN

Palabras claves:

Diagnóstico eléctrico.

Sistema de tierra.

Sistema de iluminación.

Subestación eléctrica.

Inspección

Evaluar la subestación eléctrica tipo interior de la CUC a través de un diagnóstico aplicando la norma técnica colombiana NTC 2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE); mezcla actividades para una oportuna aplicación metodológica que nos lleva a dilucidar situaciones actuales referentes a las no conformidades e inconsistencias que pueden hallarse en el sistema de potencia de la universidad. Dicha metodología comprende las siguientes actividades:

- Levantamiento de la subestación.
- Inspección de la subestación.
- Evaluación del sistema de puesta a tierra.
- Evaluación del sistema de iluminación.
- Análisis de la evaluación de la subestación.
- Conclusiones y recomendaciones de las no conformidades detectadas.

Hay que resaltar que todas son de carácter importante, ya que cada una de ellas reflejan oportunidades y situaciones por mejorar, sin embargo la culminación de cada una de las actividades en el transcurso y desarrollo del proyecto deja como consecuencia productos que sirven de aplicativo para estudios asociados a la investigación.

Al dar por terminado el diagnóstico realizado en la subestación tipo interior, se concluye en base a la inspección que: la subestación se califica como NO CONFORME, ya que los puntos evaluados no cumplen con lo establecido en RETIE, y la NTC 2050, de forma general el SPT se califica como ACEPTABLE pero teniendo un déficit en equipotencialidad, y el sistema de iluminación se califica como NO CONFORME ya que la iluminancia dentro de la subestación no cumple con los requisitos mínimos para poder realizar maniobras seguras.

## ABSTRACT

Keywords:

Electrical diagnosis.

Ground system.

Illumination system.

Electrical substation.

Inspection

To evaluate the electrical substation within the CUC rate through a standard diagnostic technique using NTC 2050 and the technical regulation of electrical installations (RETIE), mix activities for timely implementation methodology that leads us to elucidate current situations relating to nonconformities and inconsistencies that may be in the power system of the university. This methodology includes the following activities:

- Survey of the substation.
- Inspection of the substation.
- Evaluation of the grounding system.
- Assessment of the lighting system.
- Analysis of the evaluation of the substation.
- Conclusions and recommendations of nonconformities.

It should be noted that all are important character because each one of them reflect opportunities and situations to improve, but the culmination of each of the activities in the course and development of the draft is as a result of application components used for studies related to the investigation.

In concluding the diagnosis was made in the indoor type substation, it is concluded according to the inspection, the substation is classified as non-compliant, as the points assessed do not meet the provisions RETIE, and NTC 2050, so ground system usually OK but is described as having a deficit equipotential, and the lighting system is classified as non-compliant because the illuminance inside the substation does not meet the minimum requirements for safe maneuvering.

## INTRODUCCIÓN

Toda instalación eléctrica en funcionamiento le antecede una planificación, organización y ejecución para llegar a estar energizada. En estos tres pasos se tienen que tener en cuenta aspectos sumamente importantes como lo es la seguridad y la confiabilidad del sistema ante posibles fallas ocurrientes. Al definir estos puntos de seguridad es preciso destacar que se toma por primicia la preservación de la vida humana, animal y vegetal, por lo cual la estandarización de toda instalación debe ser reglamentada y no se pueden dejar ítems sin cumplir.

En Colombia los reglamentos y normas vigentes que se deben tener en cuenta para llegar a la estandarización de conformidades son el RETIE (Reglamento técnico de Instalaciones Eléctricas) y la NTC2050 (Código Eléctrico Colombiano), las cuales regulan el desarrollo del proceso de diseño, construcción

Al contar con estas normativas como apoyo al diseño y ejecución de cualquier instalación el resultado esperado debe ser aceptable.

La subestación eléctrica de la Corporación Universitaria de la Costa, ubicada en el bloque 3, no es conforme con el RETIE porque fue construida antes de que entrara en vigencia el reglamento, por lo tanto no es obligatorio que esta sea reacondicionada, pero citando lo expuesto en el primer párrafo es indispensable la seguridad que presente la subestación, por esto mismo se direcciona el estudio que se desglosara en el desarrollo del siguiente proyecto a la inspección y detección de no conformidades, evaluación de tensiones de paso y contacto, evaluación de equipotencialidad y estado en los niveles de iluminación.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el sistema de potencia de la Corporación Universitaria de la Costa (CUC) posee una subestación tipo interior que se encuentra diseñada y construida bajo condiciones subestandar (ubicada en el bloque 3 al lado de los laboratorios de ingeniería), esto se debe a que el diseño y construcción de la subestación fue en un periodo anterior al 30 de abril del 2005, fecha donde entra en vigencia el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

Anteriormente la subestación presentaba una potencia de transformación de 800 KVA (1 transformador de 500 KVA para la CUC y 1 transformador de 300 KVA para la CUL), pero la evolución y crecimiento de la universidad hizo que la carga aumentara y se modificara en el año 2002, donde paso de tener 800 KVA a 1100 KVA (1 transformador de 800 KVA para la CUC y 1 transformador de 300 KVA para la CUL), al modificar el sistema de potencia lógicamente deben modificarse muchos parámetros que pertenecen a la subestación como lo son por ejemplo: la celda donde se ubicara el transformador, las protecciones, los conductores de Mt y Bt, el foso de aceite, etc. No obstante algunos de estos parámetros no fueron modificados ni implementados como el caso del foso de aceite y la celda del transformador nuevo de 800 KVA, ya que fue alojado donde anteriormente estaba el transformador de 500 KVA.

Pero el problema no solo es de carácter eléctrico sino de condiciones inseguras de trabajo y recorrido dentro de la subestación, no hay señalización de riesgo eléctrico ni demarcaciones en el suelo donde se indican las distancias de seguridad para transitar dentro de ella, también se encuentran muchos objetos metálicos que obstaculizan el paso y que no se encuentran conectados a tierra, además hay registros donde no se puede tener acceso, paneles de distribución destapados, tuberías de PVC a la intemperie y algo peor aún, no hay acceso al registro del sistema de puesta a tierra. Estas son solo algunas de las no conformidades existentes de la subestación tipo interior de la corporación universitaria de la costa.

Al no cumplir con todos los requisitos y no estar avalado por un ente certificador RETIE, la subestación presenta este tipo anomalías y/o no conformidades que serán detectadas y analizadas por medio de un diagnóstico donde se examina y verifica el estado actual de sus componentes como lo son el sistema de puesta a tierra, el sistema de iluminación, distancias de seguridad, entre otros.

Una subestación debe contar con todos los requerimientos exigidos por las normas y reglamentos que rigen en nuestro país, ya que se puede presentar un problema en cualquier momento y en consecuencia una falla que no solo afectaría a los equipos sino la seguridad de las personas que operan o transitan dentro de ella por algún motivo en especial.

Lo situación expuesta anteriormente conlleva a realizar las siguientes preguntas problemáticas:

¿De qué manera se pueden detectar y evidenciar las no conformidades presentes en la subestación de la Corporación Universitaria de la Costa (CUC)?

¿Cómo valorar y manifestar el estado actual del sistema de puesta a tierra e iluminación de la Corporación Universitaria de la Costa (CUC)?

¿Cuáles serían las alternativas para mejorar el estado actual de la subestación de la Corporación Universitaria de la Costa (CUC)?

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la subestación eléctrica tipo interior ubicada en el bloque 3 de la Corporación Universitaria de la Costa (CUC) a través de un diagnóstico aplicando la norma técnica colombiana NTC 2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

### 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar las condiciones actuales que presenta la subestación de la corporación universitaria de la costa en el aspecto civil y eléctrico.
- Evaluar el sistema de puesta tierra e iluminación de la subestación de la corporación universitaria de la costa aplicando la normatividad vigente.
- Presentar recomendaciones de las no conformidades detectadas describiendo los requerimientos técnicos que necesita la subestación eléctrica para cumplir con la norma técnica colombiana NTC 2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

### 3. JUSTIFICACIÓN

El presente diagnóstico tiene por finalidad evaluar e inspeccionar cada uno de los elementos encontrados dentro de las instalaciones de la subestación eléctrica #1 ubicada en el bloque 3 de la Corporación Universitaria de la Costa, esto para identificar las no conformidades que se encuentren de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. No obstante el realizar y analizar estudios de equipotencialidad entre cada uno de los equipos con relación a la malla tierra, mediciones de tensiones de paso y contacto, y determinar los niveles de iluminación que incide en los espacios de trabajo de la misma hacen parte de los alcances que el proyecto expone.

Todo lo anterior obedece a definir el nivel de seguridad con el cual el personal transita sobre la subestación, siendo para una simple inspección de rutina, o para realizar trabajos sobre cualquiera de los equipos. Por lo tanto el desarrollo del proyecto es enfocable a evidenciar el estado real de la subestación, los riesgos a los cuales es sometido el personal, y la confiabilidad en cuanto al eficaz despeje de fallas que esta podría tener.

Al conocer y dilucidar los resultados obtenidos, el proyecto brindara soluciones a cada una de las no conformidades detectadas, expondrá la posibilidad de un reacondicionamiento total de la subestación, e identificará los puntos críticos más relevantes a tratar.

A lo anterior es preciso afirmar que fuera de identificar el grado de seguridad de la subestación, está por prioridad definir aspectos y métodos de mejora ante las no conformidades expuestas de acuerdo a las normas que se encuentran en vigencia actualmente en Colombia.

## 4. ESTADO DEL ARTE

La subestación tipo interior de la corporación universitaria de la costa no tiene antecedentes que evidencien la aplicación de diagnósticos donde se evalúan las condiciones eléctricas y locativas presentes en ella, pero hay un hecho que ocurrió en el año 2002 y fue el aumento de potencia en la subestación, donde a paso de tener 800 KVA a 1100 KVA, posterior a este acontecimiento la subestación ha sido adecuada a las necesidades energéticas pero sin tener en cuenta la aplicación correcta de la normativa.

Con base a la necesidad de evaluar la subestación eléctrica de la corporación universitaria de la costa, se pretende inspeccionar y verificar su estado actual, donde se identificaran las anomalías y no conformidades; para ello se plantea realizar un diagnóstico aplicando la norma técnica colombiana NTC 2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), donde permita evaluar el sistema de puesta a tierra, sistema de iluminación, distancias de seguridad, espacio de trabajo y ubicación de los componentes de la subestación.

Se tendrá como objeto la presentación de posibles soluciones que vallan de la mano con las exigencias técnicas requeridas.

### 4.1. PROTOCOLOS DE MEDICIÓN REQUERIDOS

Los siguientes protocolos de medidas cumplen con lo establecido en las normas y reglamentos técnicos, lo cual se permite la ejecución de:

- Realizar la medición de resistividad del terreno por el método de Wenner, permitido por el artículo 15 del RETIE y el artículo 13 del IEEE 80-2000.
- Realizar la medición de resistencia del sistema de puesta a tierra por el método del 61.8 %; permitido por el artículo 15 del RETIE y el artículo 13 del IEEE 80-2000.
- Realizar la medición de tensiones de paso y contacto, permitido por el artículo 15 del RETIE y el artículo del IEEE 81.2-1991.

- Realizar la medición de equipotencialidad, permitido el artículo 9 del IEEE 81-1983.
- Realizar la medición fotométrica en iluminación interior, permitido por la sección 490 del RETILAP.

#### **4.1.1. EQUIPOS DE MEDICIÓN EXISTENTES**

Para efectos y desarrollo del proyecto se pueden utilizar los siguientes equipos de mediciones.

Instrumentos de medición destinados para medir la resistencia de puesta a tierra y la resistividad del terreno:

- Teluometro Eurotest 61557.
- Teluometro FLUKE 1625.
- Teluometro Terra 100.

Instrumentos de medición destinados para medir con alta precisión resistencias muy bajas:

- Micro ohmímetro MH-10.
- Micro óhmetro ATO-400.
- Micro óhmetro PCE-MO 3001.

Equipos eléctricos destinados a inyectar corriente alterna a la malla del sistema de puesta a tierra y/o electrodos auxiliares, para simular una falla y poder medir tensiones de paso y contacto:

- Equipo de inyección MAPE ETI-5A-370/115.
- Unidad de inyección 4024.
- Equipo de inyección HT2051.

Instrumento de medición destinado para medir tensiones de corriente alterna:

- Multímetro digital Fluke 177.
- Multímetro digital Metrahit ONE.
- Multímetro digital WHDZ DT9208A.

Instrumento de medición utilizado para medir la intensidad de la corriente alterna:

- Pinza amperimétrica Fluke 322.
- Pinza Deletec M-266.
- Pinza Amperimétrica AC Clamp Meter EM 303.

Instrumento de medición utilizado para medir la iluminancia real de un sitio:

- Luxómetro AMPROBE LM-120.
- Luxómetro digital Deletec modelo H-35.
- Luxómetro MAVOLUX 5032C/B.

#### **4.1.2. EQUIPOS DE MEDICIÓN SELECCIONADOS**

Para efectos y desarrollo del diagnóstico se utilizaron los siguientes equipos de medición, seleccionados por disponibilidad:

- Teluometro Eurotest 61557 (Kmi-2086).
- Micro ohmímetro MH-10.
- Equipo de inyección MAPE ETI-5A-370/115.
- Multímetro digital FLUKE 175.
- Pinza amperimétrica FLUKE 322.
- Luxómetro AMPROBE LM-120.

## 4.2. **NORMATIVIDAD TÉCNICA APLICADA PARA EL DESARROLLO DEL DIAGNÓSTICO**

Para efectos y desarrollo del proyecto se aplican los siguientes patrones reglamentarios:

- ✓ Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), resolución N° 181294:
  - ARTÍCULO 11°. Símbolos eléctricos y señalización de seguridad.
  - ARTÍCULO 13°. Distancias de seguridad.
  - ARTÍCULO 15°. Puestas a tierra.
  - ARTÍCULO 16°. Iluminación.
  - ARTÍCULO 17°. Requisitos de productos.
  - ARTÍCULO 29°. Disposiciones generales (Cap. 5 - Requisitos específicos para el proceso de transformación)
  - ARTÍCULO 30°. Requisitos adicionales para algunos tipos de subestaciones (Cap. 5 - Requisitos específicos para el proceso de transformación)
  
- ✓ Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAB), resolución N° 181331:
  - SECCIÓN 410. Requisitos para la iluminación interior.
  - SECCIÓN 490. Procedimientos para las mediciones fotométricas en iluminación interior.
  
- ✓ Norma técnica colombiana NTC 2050:
  - CAPÍTULO 1. Generalidades.
    - SECCION 110. Requisitos De Las Instalaciones Eléctricas.
  - CAPÍTULO 2. Alumbrado y protección de las instalaciones eléctricas.
    - SECCIÓN 250. Puesta a tierra.
  - CAPÍTULO 3. Métodos y materiales de las instalaciones.
    - SECCIÓN 310. Conductores para instalaciones en general.

- SECCIÓN 384. Cuadros de distribución y paneles de distribución.
- CAPÍTULO 4. Equipos de uso general.
  - SECCIÓN 450. Transformadores y bóvedas para transformadores (Incluyendo barrajes del secundario).
- ✓ NFPA 70E (Standard for Electrical Safety in the Workplace)
  - Capítulo 1 Prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad.
    - SECCION 110. Requisitos generales para prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad eléctrica.
    - SECCION 130. Trabajo en o cerca de partes energizadas
  - Capítulo 2 Requisitos de seguridad relacionados con el mantenimiento.
    - SECCION 210. Subestaciones, equipos de maniobra, tableros de distribución, paneles de distribución, centros de control de motores e interruptores de desconexión.
- ✓ NEC Handbook (2005).
- ✓ IEEE 80 (Guide for safety in ac substation grounding).
- ✓ IEEE 81 (Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System)
- ✓ ANSI Y32 (American National Standard Graphic Symbols for Electrical Wiring and Layout Diagrams Used in Architecture and Building Construction).

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. INSPECCIÓN

Según RETIE una inspección es un conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad. [1]

Para objeto de esta investigación se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

#### **Seccionadores**

La inspección de los seccionadores se realizará de la siguiente manera:

- Se observará el estado de los elementos (cuchillas, aisladores, etc.) y accionamiento.
- Se comprobará si las partes metálicas están conectadas a tierra, incluido el mando de seccionamiento. [16,17]

#### **Fusibles**

La inspección de los fusibles será la siguiente:

- Verificación del estado general (elementos puenteados, arcos, etc). [16,17]

#### **Interruptores**

La inspección consistirá principalmente en:

- Se comprobará el estado general (sujeción, oxidaciones, etc.) y accionamiento.
- Se comprobará la indicación de posición y su correcta señalización.
- Se comprobará el nivel del aceite (si aplica).
- Se verificarán las puestas a tierra de las partes metálicas.
- Si dispone de seccionador de puesta a tierra se verificará el enclavamiento del interruptor con dicho seccionador. [16,17]

## **Transformadores de potencia**

La inspección se realizará de la siguiente forma:

- Comprobación del estado general (corrosiones, bornes, pintura, etc.).
- Verificar existencia de fugas.
- Comprobar si los anclajes son correctos.
- Comprobar la existencia de fosos y cortafuegos y su adecuación a las características del transformador
- Verificar la existencia de la placa.
- Comprobar los sistemas de protección.
- Comprobar la puesta a tierra. [16,17, 20]

## **Instalación de baja tensión**

- Se comprobará el elemento de protección o corte del lado de baja tensión, su adecuación y estado. Igualmente, se verificará la existencia de protecciones contra contactos directos y la puesta a tierra de las partes metálicas. [16,17]

## **Puestas a tierra**

- Además de comprobar la correcta puesta a tierra de los equipos, se verificará el correcto estado de la red general (sección, oxidación, continuidad, etc.) y la conexión de protección del resto de elementos metálicos de la instalación.
- Medición, según proceda, de resistencias de puestas a tierra, de herrajes, neutro y/o tensiones de paso y contacto. [16, 17,19]

## **Recintos**

La inspección se centrará en:

- Estado general.
- Acceso adecuado.
- Existencia de instalaciones y almacenamiento de objetos extraños.
- Comprobar si el recinto es zona de paso a otras instalaciones
- Comprobación de la separación mínima entre conductores energizados.
- Comprobar las distancias de seguridad
- Comprobación de las zonas de protección contra contactos accidentales. [16,17]

## 5.2. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Es de carácter obligatorio el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad y aproximación a equipos, estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y a toda persona en general. Técnicamente se establecen los siguientes requisitos básicos para la seguridad eléctrica:

- Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos de la tabla 1 y la figura 1.
- Para personas no calificadas, el límite de aproximación seguro.
- Para trabajos en tensión, cumplir el límite de aproximación técnica.
- Instalar etiquetas donde se indique el nivel de riesgo que presenta un determinado equipo.
- Utilizar los elementos de protección personal acordes con el nivel de riesgo y el nivel de entrenamiento para realizar un trabajo que implique contacto directo.

| Tensión nominal del sistema (fase – fase) | Límite de aproximación seguro [m] |                     | Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios. | Límite de aproximación técnica (m) |
|---|-----------------------------------|---------------------|---|------------------------------------|
|   | Parte móvil expuesta              | Parte fija expuesta |   |                                    |
| 51 V – 300 V                              | 3,00                              | 1,10                | Evitar contacto   | Evitar contacto                    |
| 301 V – 750 V                             | 3,00                              | 1,10                | 0,30  | 0,025                              |
| 751 V – 15 kV                             | 3,00                              | 1,50                | 0,66  | 0,18                               |
| 15,1 kV – 36 kV                           | 3,00                              | 1,80                | 0,78  | 0,25                               |

Tabla 1. Límites de aproximación a partes energizadas de equipos según RETIE.

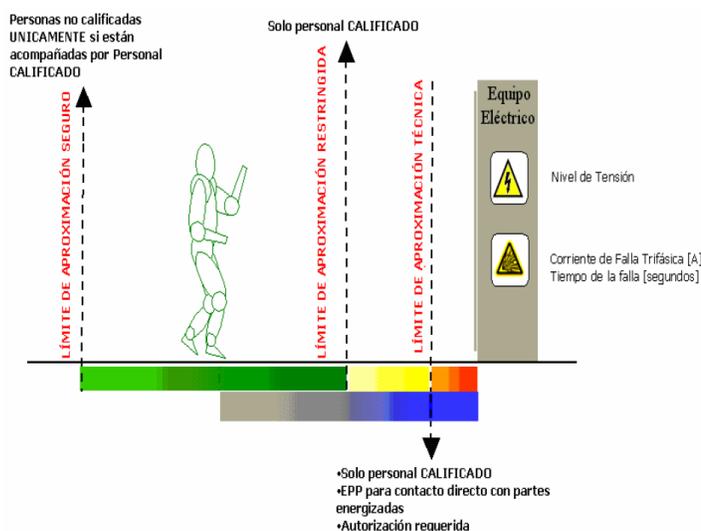


Figura 1. Límites de aproximación según RETIE.

### 5.3. ESPACIOS DE TRABAJOS

Alrededor de todos los equipos eléctricos debe existir y se debe mantener un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil de dichos equipos.

La profundidad del espacio de trabajo en la dirección del acceso hacia las partes energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 2. Las distancias se deben medir desde las partes energizadas, si están expuestas, o desde el frente de él encerramiento o abertura, si están encerrados. [2, 5]

| Tensión nominal a tierra (V) | Distancia mínima en (m) según la condición |             |             |
|------------------------------|--|-------------|-------------|
|                              | Condición 1                                | Condición 2 | Condición 3 |
| 0 - 150                      | 0,9  | 0,9         | 0,9         |
| 151 - 600                    | 0,9  | 1,1         | 1,2         |
| 601 - 2500                   | 0,9  | 1,2         | 1,5         |
| 2501 - 9000                  | 1,2  | 1,5         | 1,8         |
| 9001 - 25000                 | 1,5  | 1,8         | 2,7         |
| 25001 - 75000                | 1,8  | 2,4         | 3           |
| Más de 75000                 | 2,4  | 3           | 3,7         |

**Tabla 2. Espacio de trabajo según NTC 2050.**

Las condiciones son las siguientes:

1. Partes energizadas expuestas en un lado y ninguna parte energizada o puesta a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes energizadas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se considerarán partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a menos de 300 V.
2. Partes energizadas expuestas a un lado y puestas a tierra en el otro. Las paredes de hormigón, ladrillo o baldosa se deben considerar como puestas a tierra.
3. Partes energizadas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo. [2, 5]

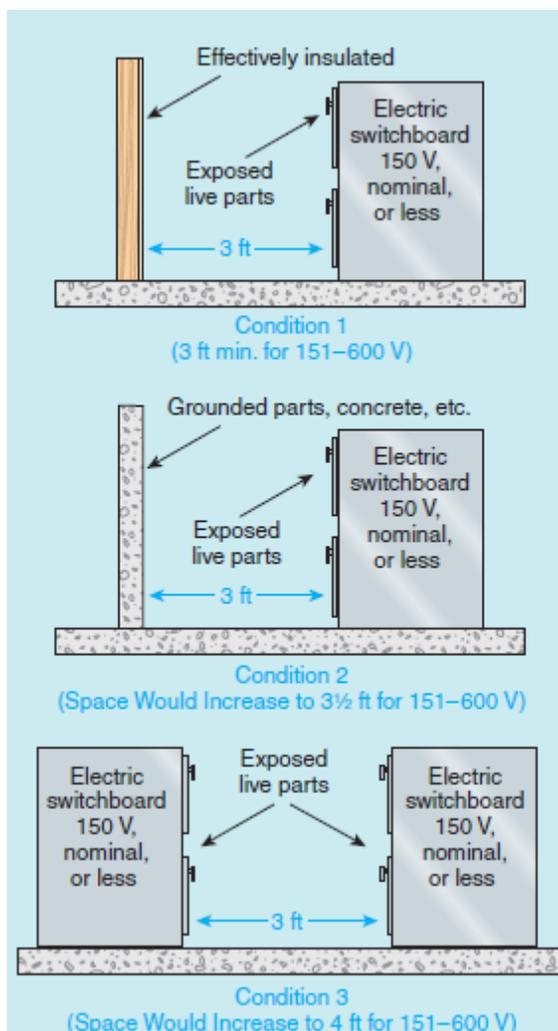


Figura 2. Condiciones de espacio de trabajo según NEC Handbook (2005).

En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos a 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. [18]

El espacio de trabajo no se debe utilizar para almacenamiento. Cuando se expongan las partes energizadas normalmente cerradas para su inspección o servicio, el espacio de trabajo en un pasillo o espacio general debe estar debidamente protegido. [2, 20]

#### 5.4. SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD

El objetivo de las señales de seguridad es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se ejecutan trabajos eléctricos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro potencial. Las señales de seguridad no eliminan por sí mismas el peligro pero dan advertencias o directrices que permitan aplicar las medidas adecuadas para prevención de accidentes.

Las señales de seguridad se clasifican en informativas, de advertencia y de obligación o prohibición, las cuales según su tipo y significado deben aplicar las formas geométricas y los colores de la Tabla 10 además de llevar pictogramas en su interior. [1]

| Tipo de señal de seguridad   | Forma Geométrica       | Color      |          |                |       |
|------------------------------|------------------------|------------|----------|----------------|-------|
|                              |                        | Pictograma | Fondo    | Borde          | Banda |
| Advertencia o precaución     | Triangular             | Negro      | Amarillo | Negro          | -     |
| Prohibición                  | Redonda                | Negro      | Blanco   | Rojo           | Rojo  |
| Obligación                   | Redonda                | Blanco     | Azul     | Blanco o Azul  | -     |
| Información contra incendios | Rectangular o cuadrada | Blanco     | Rojo     | -              | -     |
| Salvamento o socorro         | Rectangular o cuadrada | Blanco     | Verde    | Blanco o verde | -     |

Tabla 3. Clasificación de colores para las señales de seguridad según RETIE.

Las dimensiones de la señales deben ser aquellas que permitan verse y captar el mensaje a distancias razonables del elemento o área sujeta al riesgo. [1]

## 5.5. CÓDIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES

Con el objeto de evitar accidentes por errónea interpretación de las tensiones y tipos de sistemas utilizados, se debe cumplir el código de colores para conductores aislados establecido en la Tabla 4. Se tomará como válido para determinar este requisito el color propio del acabado exterior del conductor o en su defecto, su marcación debe hacerse en las partes visibles con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo. Este requisito es también aplicable a conductores desnudos, que actúen como barrajes en instalaciones interiores.

El código de colores establecido en la Tabla 13, no aplica para los conductores utilizados en instalaciones a la intemperie, diferentes a la acometida, tales como las redes, líneas y subestaciones tipo poste. [1]

| SISTEMA                       | 1Φ                      | 1Φ                      | 3ΦY                     | 3ΦΔ                | 3ΦΔ-                    | 3ΦY                     | 3ΦY                   | 3ΦΔ                   | 3ΦΔ               |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| TENSIONES NOMINALES (Voltios) | 120                     | 240/120                 | 208/120                 | 240                | 240/208/120             | 380/220                 | 480/440               | 480/440               | Mas de 1000V      |
| CONDUCTORES ACTIVOS           | 1 fase<br>2 hilos       | 2 fases<br>3 hilos      | 3 fases<br>4 hilos      | 3 fases<br>3 hilos | 3 fases<br>4 hilos      | 3 fases<br>4 hilos      | 3 fases<br>4 hilos    | 3 fases<br>3 hilos    | 3 fases           |
| FASES                         | Negro trifásico         | Negro Rojo/             | Amarillo Azul Rojo      | Negro Azul Rojo    | Negro Naranja Azul      | Café Negro Amarillo     | Café Naranja Amarillo | Café Naranja Amarillo | Violeta Café Rojo |
| NEUTRO                        | Blanco                  | Blanco                  | Blanco                  | No aplica          | Blanco                  | Blanco                  | Gris                  | No aplica             | No aplica         |
| TIERRA DE PROTECCIÓN          | Desnudo o verde         | Desnudo o verde         | Desnudo o verde         | Desnudo o verde    | Desnudo o verde         | Desnudo o verde         | Desnudo o verde       | Desnudo o verde       | Desnudo o verde   |
| TIERRA AISLADA                | Verde o Verde/ amarillo | Verde o Verde/ amarillo | Verde o Verde/ amarillo | No aplica          | Verde o Verde/ amarillo | Verde o Verde/ amarillo | No aplica             | No aplica             | No aplica         |

**Tabla 4. Código de colores para conductores según RETIE.**

En sistemas de media o alta tensión, adicional a los colores, debe fijarse una leyenda con el aviso del nivel de tensión respectivo. [1.2]

En circuitos monofásicos derivados de sistemas trifásicos, el conductor de la fase deberá ser marcado de color amarillo, azul o rojo, conservando el color asignado a la fase en el sistema trifásico. [1, 2, 19]

En acometidas monofásicas derivadas de sistemas trifásicos, las fases podrán identificarse con amarillo, azul, rojo o negro. En todo caso el neutro será blanco o marcado con blanco y la tierra de protección verde o marcada con verde. [18, 20]

## 5.6. DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO

Un diagnóstico es una Inspección realizada dentro del ámbito reglamentario con el fin de medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación, para determinar su conformidad. [1]

El diagnóstico consistirá en una inspección general del estado de las instalaciones eléctricas de media y baja tensión, prestando especial atención a sus condiciones de seguridad y a su conformidad con lo indicado en la legislación aplicable en cada caso. [20]

Se tendrá en cuenta elementos en tensión sin protección de seguridad suficiente y a distancias que los hagan fácilmente accesibles. Además, considerará los elementos y equipos que estén en condiciones de avanzado estado de deterioro que a juicio del inspector representen un peligro inminente de accidente, alteración de la continuidad del suministro y/o incendio. [18, 20]

En cada actividad del diagnóstico se debe recoger un registro fotográfico que ponga en evidencia las no conformidades detectadas en la inspección.

El diagnóstico se centrará en:

- Inspección en subestaciones y/o centros de transformación.
- Riesgo de contacto directo e indirecto.
- Condiciones para el mantenimiento de los equipos.
- Inspección de alimentadores / circuitos ramales.
- Inspección de paneles, cuadros de distribución principales y secundarios de baja tensión.
- Evaluación del sistema de puesta a tierra.
- Evaluación del sistema de iluminación.

## 5.7. LEVANTAMIENTO

El levantamiento es aquella actividad que se realiza en una visita de campo, donde se logra reconocer elementos de un sistema y plasmarlos en un dibujo o plano. Se deben tener en cuenta los diversos equipos eléctricos que están

instalados en un área y se debe estar acompañado por el personal auxiliar necesario conocedor de la situación y ubicación de los tableros eléctricos, con las llaves o instrumentos precisos para acceder a los mismos y quien abrirá los cuadros o las cabinas. [1, 17]

Para una correcta elaboración e interpretación de los planos se dispone a utilizar las convenciones estipuladas en la tabla N°9 del artículo N°11 del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

## **5.8. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA**

Se entiende por puesta a tierra la unión eléctrica de un equipo o componente de un sistema eléctrico a la tierra por medio de dispositivos conductores de electricidad adecuados. El termino normalizado para designar la resistencia ofrecida al paso de una corriente eléctrica para el suelo a través de una puesta a tierra es “Resistencia de Puesta a Tierra”. [1, 12, 15]

De acuerdo con el capítulo 2, artículo 15.5.2 del RETIE, la resistencia de puesta a tierra debe ser medida antes de la puesta en funcionamiento de un sistema eléctrico, como parte de la rutina de mantenimiento o excepcionalmente como parte de la verificación de un sistema de puesta a tierra; para su medición se utilizo el método o regla del 61,8% (Caída de potencial) utilizando como instrumento de medida el teluometro EUROTTEST 61557. [1, 11]

### **5.8.1. EL MÉTODO O REGLA DEL 61,8%**

El método o regla del 61,8% consta en inyectar corriente en la tierra a través de un electrodo a una distancia “d” del sistema de puesta a tierra bajo prueba e insertar un electrodo de potencial a una distancia de 61.8% de la distancia de separación “d”, para luego obtener el dato de medición específico.

Se recomienda realizar la medida a distancias entre 15 y 50 m, que sean instaladas de forma lineal y remojar con agua los puntos donde serán ubicados. [19]

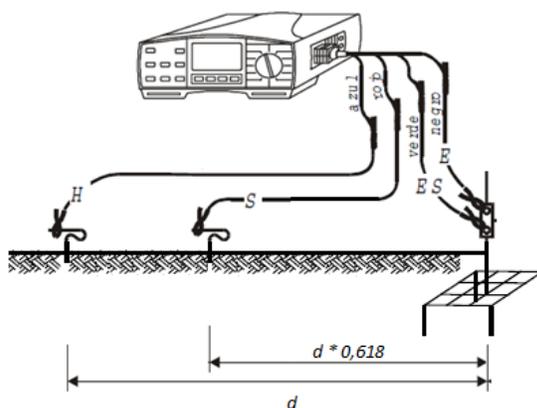


Figura 3. Esquema de medición de resistencia de puesta a tierra.

Según la tabla 25 expuesta en el artículo 15 del RETIE los valores permitidos de resistencia de puesta tierra deben ser los siguientes:

| APLICACIÓN  | VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA |
|---|---|
| Estructuras de líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable de guarda. | 20 $\Omega$                                       |
| Subestaciones de alta y extra alta tensión.   | 1 $\Omega$  |
| Subestaciones de media tensión.   | 10 $\Omega$                                       |
| Protección contra rayos.  | 10 $\Omega$                                       |
| Neutro de acometida en baja tensión.  | 25 $\Omega$                                       |

Tabla 5. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra según RETIE.

## 5.9. RESISTIVIDAD DEL TERRENO

El suelo es de naturaleza heterogénea, varía según la composición y las condiciones del medio. Existen algunos valores de resistividad típicos, básicamente se dividen en tres clases, Arcilloso, arenoso y rocoso, sin embargo no se puede atribuir una resistividad específica a un tipo de suelo, ya que si se realizan mediciones se pueden encontrar resistividades de diferentes tipos.

Se puede definir la resistividad del suelo ( $\rho$ ) como la resistencia eléctrica entre las caras opuestas de un cubo de dimensiones unitarias (aristas = 1 m) llenado con este suelo. Sus unidades serán  $\Omega\cdot\text{m}$ . [22]

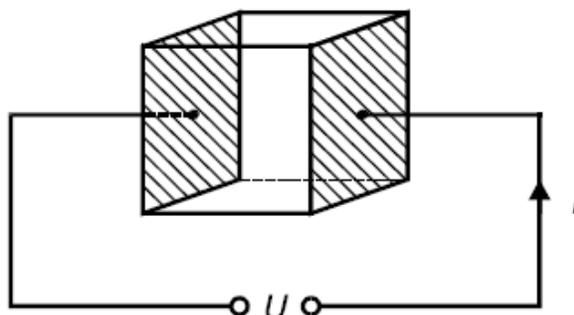


Figura 4. Presentación de la resistencia específica de tierra. [22]

Varios factores influyen la resistividad del suelo. Entre ellos podemos destacar:

- ✓ Mezcla de diversos tipos de suelos.
- ✓ Tipo de suelo.
- ✓ Suelos con capas estratificadas a profundidades y materiales diferentes.
- ✓ Contenido de humedad.
- ✓ Temperatura.
- ✓ Compactación y presión.
- ✓ Composición y concentración de sales disueltas.

La combinación de los anteriores factores da como resultado suelos con características diferentes y consecuentemente, con valores de resistividad distinta.

La conductividad del suelo es esencialmente electrolítica. Por esta razón la resistividad de la mayoría de los suelos aumenta abruptamente cuando el contenido de humedad es menor al 15%. El contenido de humedad adicionalmente depende del tamaño del grano y compactación. Sin embargo, la resistividad es poco afectada para contenidos de humedad mayores al 22%.

El efecto de la temperatura en la resistividad del suelo es despreciable para temperaturas por encima del punto de enfriamiento. En  $^{\circ}0$  grados el agua en el suelo comienza a congelarse y la resistividad se incrementa rápidamente

La composición y cantidad de sales solubles, ácidos o alcalinos presentes en el suelo pueden afectar considerablemente la resistividad. [8, 9, 11, 22]

| <b>TIPO DE MATERIALES</b> | <b>RESISTENCIA ESPECIFICA EN <math>\Omega/m</math></b> |
|---------------------------|--|
| Agua de mar               | 0,5  |
| Agua de lago o río        | 10 a 100   |
| Tierra removida           | 90 a 150   |
| Concreto                  | 150 a 500  |
| Grava húmeda              | 200 a 400  |
| Arena fina seca           | 500  |
| Oxido de calcio           | 500 a 1000   |
| Grava seca                | 1000 a 2000  |
| Terreno pedregoso         | 100 a 3000   |

Tabla 6. Valores orientativos de resistencia específica. [22]

### 5.9.1. MÉTODO DE WENNER

De acuerdo con la norma IEEE 80-2000 en el artículo 13.3 y el capítulo 2, artículo 15.5.1 del RETIE. Existen diversas técnicas para medir la resistividad aparente del terreno. Para efectos del presente proyecto, se puede aplicar el método tetraelectródico de Wenner, que es el más utilizado para aplicaciones eléctricas. Para la medición de la resistividad aparente del terreno se utilizó como instrumento de medida el teluómetro EUROTTEST 61557. [1, 7, 8, 11]

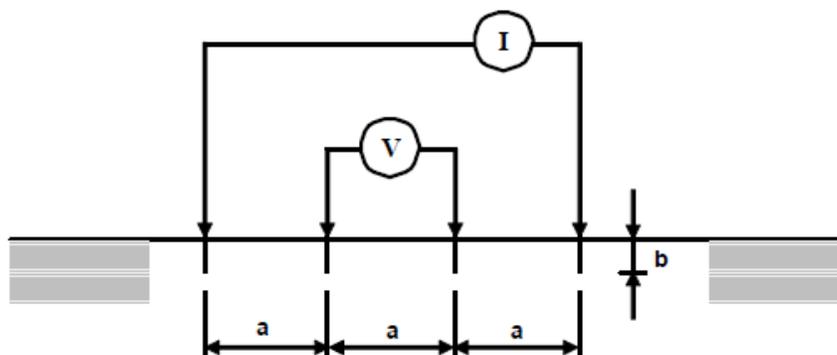


Figura 5. Esquema de medición de resistividad aparente según RETIE.

El método de los cuatro puntos de Wenner es el método más preciso y popular. Las razones para esto es que 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. [1, 7]

En resumen el método consta en insertar 4 electrodos a tierra a lo largo de una línea recta, separados a una distancia igual “a” y a una profundidad “b”. La tensión entre los dos electrodos de potencial se mide y se divide por la corriente que circula entre los dos electrodos exteriores para dar un valor de resistencia “R” y según la norma IEEE 80-2000 en el artículo 13.3 y artículo 15.5.1 del RETIE se puede determinar la resistividad aplicando la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)}$$

$\rho$  es la resistividad aparente del suelo en ohmios metro  
 $a$  es la distancia entre electrodos adyacentes en metros.  
 $b$  es la profundidad de enterramiento de los electrodos en metros.  
 $R$  es la resistencia eléctrica medida en ohmios, calculada como  $V/I$

Cuando  $b$  es muy pequeño comparado con  $a$ , se tiene la siguiente expresión:  
 $\rho = 2\pi a R$

Figura 6. Fórmula para determinar resistividad del terreno según RETIE.

Es imperativo aclarar que los valores ilustrados por el instrumento de medida en este caso el telurometro EUROTTEST 61557, nos determinara el valor de la resistividad aparente ( $\rho$ ), no el de resistencia ( $R$ ); quiere decir que podemos obviar el desarrollo o procedimiento de las formulas mencionadas anteriormente y se recomienda para alcanzar resultados más objetivos realizar la prueba en diferentes ejes. [1, 7, 11]

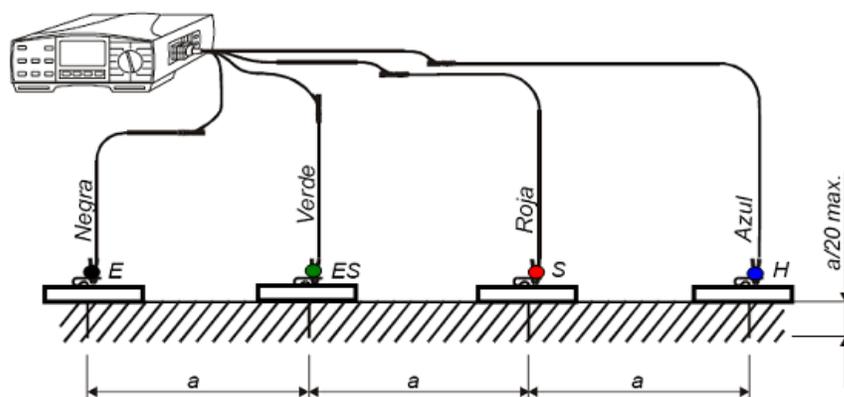


Figura 7. Esquema de medición de resistividad aparente en concreto. [11]

## 5.10. TENSIONES DE PASO

Las tensiones de paso se definen como la 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).

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar. [1]

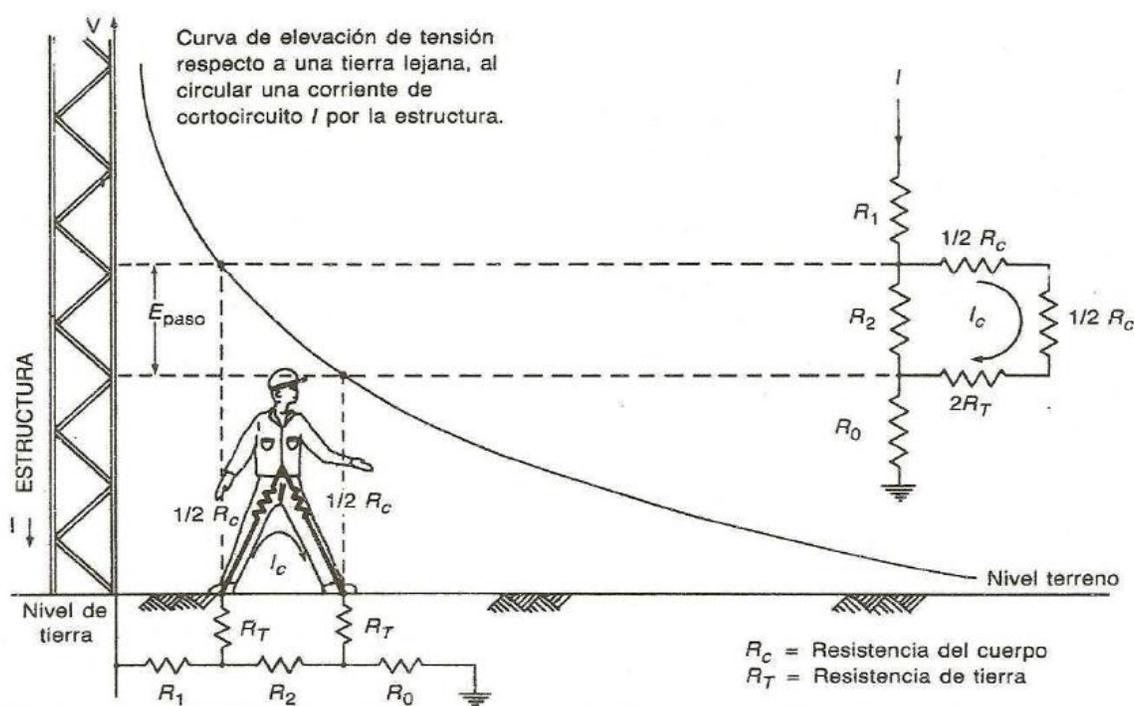


Figura 8. Tensión de paso cerca de una estructura conectada a tierra. [14]

### 5.10.1. MEDICIÓN DE TENSIONES DE PASO

Para subestaciones deben comprobarse hasta un metro por fuera del encerramiento y deben seguirse los siguientes criterios adoptados de la IEEE-81.2.

Las mediciones se harán preferiblemente en la periferia de la instalación de la puesta a tierra. Se emplearán fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular la falla, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes espurias o parásitas circulantes por el terreno.

Se procurara que la corriente inyectada sea del 1% de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y preferiblemente no inferior a 50 A para subestaciones de AT y 5 A para subestaciones de MT

Los electrodos de medida para simulación de los pies deberán tener cada uno una superficie de 200 cm<sup>2</sup> y ejercer sobre el suelo una fuerza de 250 N. Se debe utilizar una resistencia de 1000 $\Omega$  para simular el efecto sobre una persona y realizar la medida. [1, 7, 9, 19]

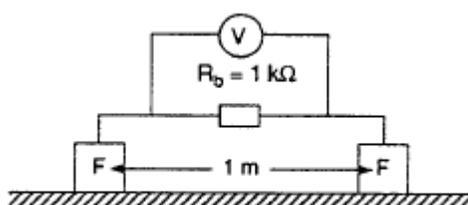


Figura 9. Esquema de medición para tensión de paso. [9]

El criterio de aceptación se determina comparado el valor de medición obtenido con los máximos admisibles de acuerdo a los valores establecidos en RETIE a partir de la fórmula de la IEEE 80.

$$E_{step50} = (1000 + 6C_s \cdot \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

**Figura 10. Fórmula para determinar tensión de paso tolerable según IEEE 80.**

El procedimiento para realizar la medición de las tensiones de contacto es el siguiente:

- Se hincan los electrodos correspondientes al equipo de inyección y se realiza la conexión a la malla del sistema de puesta a tierra.
- Se colocan dos placas con superficies de 200 cm<sup>2</sup> ejerciendo sobre el suelo una fuerza de 250 N y separándolas a 1 m entre sus ejes longitudinales.
- Previo a las mediciones de la tensión de paso (V) entre las dos placas se deberá adaptar una resistencia de 1000  $\Omega$  en paralelo con el voltímetro electrónico digital de alta Resistencia interna (mínimo 10 M $\Omega$ ), tal como se muestra en la Figura 9.
- Con ayuda del inyector de corriente suministramos 5 A desde los electrodos enterrados hasta la malla del sistema de puesta a tierra y seguido a esto se mide simultáneamente la tensión que se presenta entre los puntos P1 y P2 (V), luego se repite la misma actividad solo que esta vez invirtiendo la polaridad de inyección de corriente.
- Esta medición se repite en todos los puntos pertinentes dentro de la subestación.
- Luego, los valores de las tensiones de paso reales se obtendrán multiplicando los valores de prueba medidos por la relación (k) obtenida entre la intensidad de cortocircuito y la intensidad medida.
- Finalmente, el valor de tensión de paso será el mayor valor de las mediciones realizadas previamente corregidas por el factor (k), el mismo que deberá ser menor que el valor obtenido de acuerdo a los valores determinados por la norma IEEE 80 y RETIE.

## 5.11. TENSIONES DE CONTACTO

Las tensiones de paso se definen como la 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.

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar. [1]

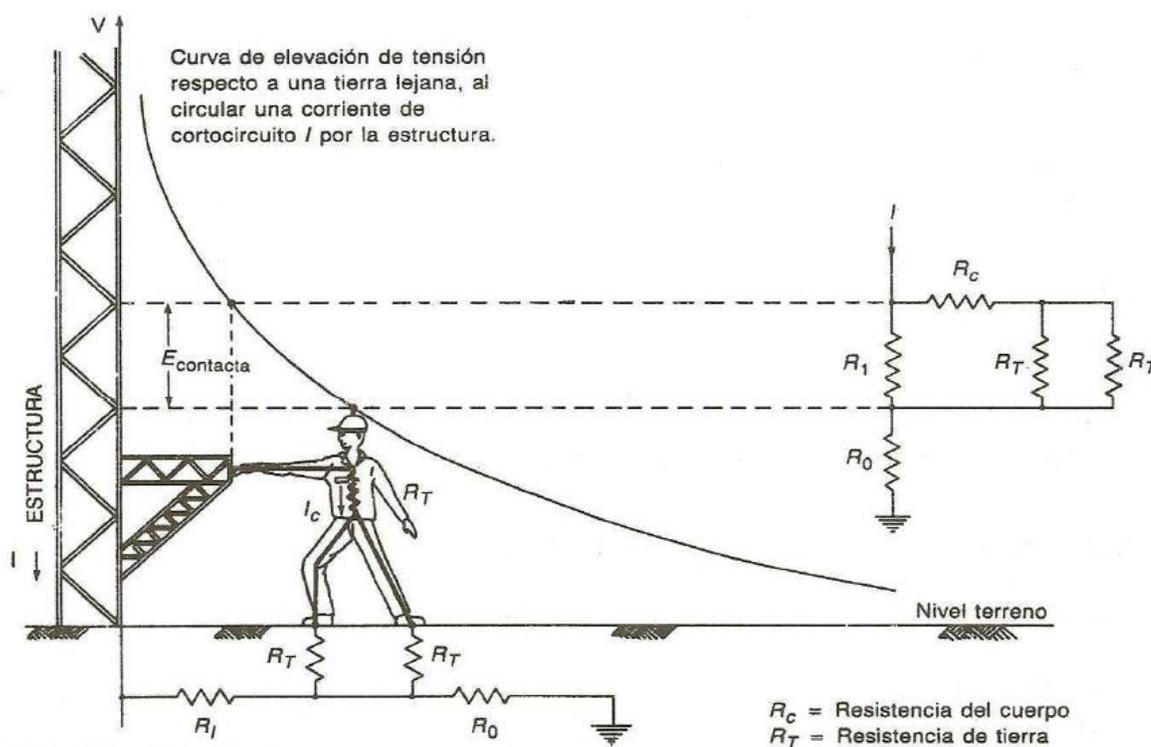


Figura 11. Tensión de contacto cerca de una estructura conectada a tierra. [14]

### 5.11.1. MEDICIÓN DE TENSIONES DE CONTACTO

Para subestaciones deben comprobarse hasta un metro por fuera del encerramiento y deben seguirse los siguientes criterios adoptados de la IEEE-81.2.

Las mediciones se harán preferiblemente en la periferia de la instalación de la puesta a tierra. Se emplearán fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular la falla, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes espurias o parásitas circulantes por el terreno.

Se procurara que la corriente inyectada sea del 1% de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y preferiblemente no inferior a 50 A para subestaciones de AT y 5 A para subestaciones de MT

Los electrodos de medida para simulación de los pies deberán tener cada uno una superficie de 200 cm<sup>2</sup> y ejercer sobre el suelo una fuerza de 250 N. Se debe utilizar una resistencia de 1000 $\Omega$  para simular el efecto sobre una persona y realizar la medida. [1, 7, 9, 19]

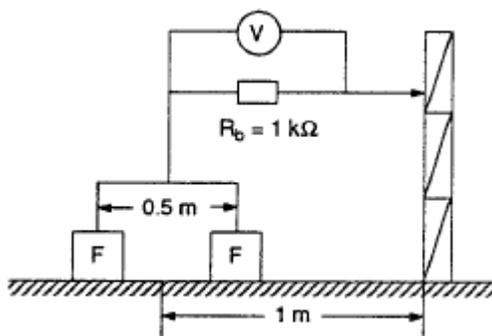


Figura 12. Esquema de medición para tensión de contacto. [9]

El criterio de aceptación se determina comparado el valor de medición obtenido con los máximos admisibles de acuerdo a los valores establecidos en RETIE a partir de la fórmula de la IEEE 80.

$$E_{touch50} = (1000 + 1.5C_s \cdot \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

**Figura 13. Fórmula para determinar tensión de contacto tolerable según IEEE 80.**

El procedimiento para realizar la medición de las tensiones de contacto es el siguiente:

- Se hincan los electrodos correspondientes al equipo de inyección y se realiza la conexión a la malla del sistema de puesta a tierra.
- Se colocan las dos placas con superficies de 200 cm<sup>2</sup> juntas, ejerciendo sobre el suelo una fuerza de 250 N y separándolas a 1 m de alguna estructura metálica.
- Previo a las mediciones de la tensión de paso (V) entre las dos placas se deberá adaptar una resistencia de 1000  $\Omega$  en paralelo con el voltímetro electrónico digital de alta Resistencia interna (mínimo 10 M $\Omega$ ), tal como se muestra en la Figura 10.
- Con ayuda del inyector de corriente suministramos 5 A desde los electrodos enterrados hasta la malla del sistema de puesta a tierra y seguido a esto se mide simultáneamente la tensión que se presenta entre los puntos P1 y P2 (V), luego se repite la misma actividad solo que esta vez invirtiendo la polaridad de inyección de corriente.
- Esta medición se repite en todos los puntos pertinentes dentro de la subestación.
- Luego, los valores de las tensiones de paso reales se obtendrán multiplicando los valores de prueba medidos por la relación (k) obtenida entre la intensidad de cortocircuito y la intensidad medida.
- Finalmente, el valor de tensión de paso será el mayor valor de las mediciones realizadas previamente corregidas por el factor (k), el mismo que deberá ser menor que el valor obtenido de acuerdo a los valores determinados por la norma IEEE 80 y RETIE.

## 5.12. EQUIPOTENCIALIDAD

En toda instalación eléctrica todos los equipos se deben encontrar conectados equipotencialmente con el sistema de puesta a tierra de la subestación eléctrica, ya que si no se obedece a lo expuesto en la norma, bajo condiciones de falla a tierra del sistema, esta situación puede generar diferencias de potencial peligrosas tanto para las personas como para los equipos en general.

Dicha medida se efectúa con un medidor de resistencias de bajo valor o micróhmetro, que utiliza el sistema de 4 hilos y cable apantallado.

Para que los resultados sean fácilmente interpretables, los valores anormales de la continuidad se darán en sección de cobre equivalente, empleando la fórmula siguiente:

Siendo:

$$S = \rho \times \frac{L}{R}$$

S = Sección equivalente en mm<sup>2</sup> de cobre

R = Resistencia medida y expresada en  $\Omega$

L = Distancia recta entre los dos puntos, en m.

$\rho = 0,018$ , resistividad del cobre expresada en ( $\Omega \cdot m$ )

Cuando se presenta un punto “no conforme”, significa que la sección transversal del conductor medido, es menor que el mínimo requerido. La diferencia del valor medido con el valor mínimo requerido para estos conductores se presenta por lo siguiente:

- Conductores de puesta a tierra instalados en un calibre menor al exigido por la norma NTC 2050 de 1998 en la tabla No 250-95.

- En muchas ocasiones el calibre del conductor que se observa llegando al equipo es el “adecuado”, pero este presenta deficiencias en la conexión (Empalmes y conexiones no certificadas, soldaduras en mal estado, hilos desprendidos, hilos cortados, tornillería oxidada, desajuste en las conexiones al momento de realizar la derivación desde los barrajes y/o al momento de realizar la conexión al equipo, superficies de contacto con impurezas, grasosas y/o pintura, terminales de compresión y/o utilización de materiales no certificados, o se encuentran deteriorados por corrientes de falla), por lo que al momento de realizar la medición, la sección transversal equivalente real de este conductor será mucho menor.

Por lo tanto las adecuaciones deben garantizar que el conductor de puesta a tierra instalado sea como mínimo de la sección transversal requerida por la norma, ya sea reemplazando el conductor actual por uno nuevo de ser necesario o realizando los ajustes y correcciones indicadas anteriormente a todas las conexiones en caso de observarse que el actual conductor de puesta a tierra instalado que llega al equipo cumple con el calibre mínimo exigido.

Se recomienda instalar el conductor de puesta a tierra a las estructuras metálicas y equipos que no lo tienen, para garantizar la total equipotencialidad del sistema de puesta a tierra.

**Nota:** Para poder garantizar una adecuada equipotencialidad, en todas las conexiones del conductor de puesta a tierra con estructuras metálicas y equipos se debe tener muy en cuenta lo siguiente:

- Utilizar materiales con certificación RETIE.
- Utilizar métodos de conexión certificados: Soldadura exotérmica y/o terminales de compresión de barril largo con tornillería de acero inoxidable.
- Verificar que los terminales de compresión sean adecuados para el calibre del conductor de puesta a tierra utilizado (Para evitar un mal contacto porque el terminal es de un calibre mucho mayor al conductor o realizar corte de hilos al conductor de puesta a tierra para poder realizar el acople

del terminal. En ambas situaciones la conexión quedará mal realizada, generando de esta forma problemas de equipotencialidad).

- Verificar que los terminales de compresión se encuentren correctamente instalados (Ponchados), para garantizar de esta manera una correcta y suficiente superficie de contacto del conductor de puesta a tierra con la estructura y/o equipo a ser aterrizado.
- Antes de realizar la conexión del conductor de puesta a tierra a la estructura y/o equipo, verificar que la superficie se encuentre completamente limpia y libre de pintura.
- Hacer las conexiones en barrajes equipotenciales normalizados o en puntos adecuados por los fabricantes para puesta a tierra y no en cualquier tornillo que haga contacto con la lámina.

### 5.12.1. MEDICIÓN DE EQUIPOTENCIALIDAD

**Equipotencialidad** se define como la conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase, no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos [2].

Los conductores de un SPT son una parte importante, puesto que previenen la elevación de potenciales de falla. Si ellos han sido bien dimensionados, el SPT funcionara de forma adecuada. Por lo anterior, es importante medir la equipotencialidad o continuidad y resistencia de dichos conductores. Según las normas vigentes, es posible efectuar las mediciones con base en el principio de caída de potencial para medir resistencias, se emplea un voltímetro y un amperímetro.

Para realizar las mediciones que en el desarrollo de la sección de equipotencialidad se encuentran, se utilizo el Micro Ohmímetro, el cual calcula la resistencia que existe de un punto de referencia hacia cualquier punto que se requiera evaluar, por lo tanto es necesario identificar el punto de referencia cuidadosamente para obtener de una manera eficaz los datos.

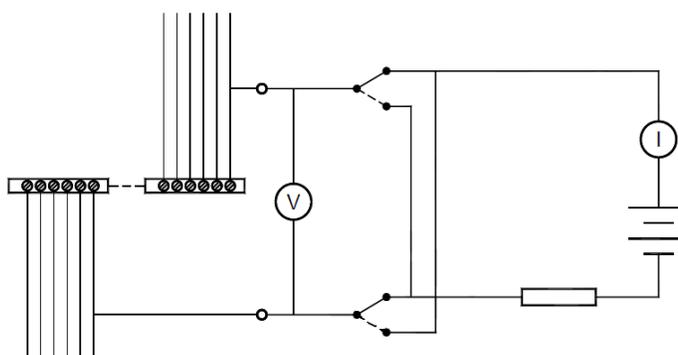
Al tener el punto de referencia seleccionado se dispone a conectar el terminal del equipo, el cual tiene la misma funcionalidad de un caimán, tomar el conductor y ejercer presión para garantizar la eficaz conexión.

Los conductores utilizados para tal conexión se recomiendan que sean de tipo apantallado para que en estos no se vea afectada la medición por alguna corriente inducida a través de campos electromagnéticos. Esto por la exactitud que se requiere en los datos.

Luego de hacer la respectiva conexión a la referencia identificada se procede a realizar la conexión de los otros conductores en cada uno de los puntos que sean necesarios medir.

Al realizar cada medición se debe tener en cuenta que los datos de distancia en metros, desde el punto de referencia y el punto medido son indispensables, por lo tanto se tienen que realizar anotaciones de los mismos.

Cada dato tomado es clave para hallar la sección transversal real de los conductores que contemplan la equipotencialidad en el equipo.



**Figura 14. Esquema de medición para equipotencialidad. [15]**

### 5.13. ILUMINACIÓN

La iluminación de espacios tiene alta relación con las instalaciones eléctricas, ya que la mayoría de las fuentes modernas de iluminación se basan en las propiedades de incandescencia y la luminiscencia de materiales sometidos al paso de corriente eléctrica. Una buena iluminación, además de ser un factor de seguridad, productividad y de rendimiento en el trabajo, mejora el confort visual y hace más agradable y acogedora la vida. [1, 3, 10]

Está comprobado que el color del medio ambiente produce en el observador reacciones psíquicas o emocionales, por tanto, un buen diseño luminotécnico es fundamental para cumplir con los factores deseados en la iluminación de cada área. [1, 3]

Para garantizar que la iluminación, sea factor de seguridad, productividad y rendimiento en el trabajo; se debe garantizar el cumplimiento de los valores mínimos promedio de iluminancia, de acuerdo con el uso y el área o espacio a iluminar. [10]

Para efectos del proyecto se medirá la iluminancia que incide sobre la superficie interna de la subestación, donde se evaluarán y verificarán los niveles de iluminación para determinar si un operario puede realizar maniobras seguras y confiables.

Para el desarrollo de esta actividad se utilizará un luxómetro y se aplicará el método fotométrico de iluminancia promedio.

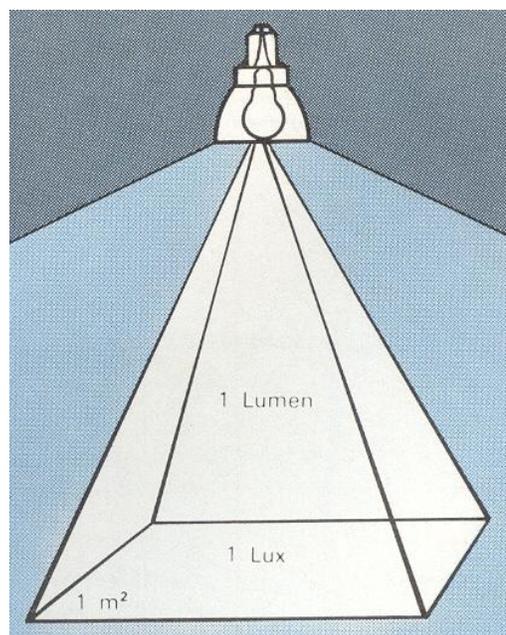


Figura 15. Iluminancia emergente en una superficie. [25]

### 5.13.1. MÉTODO FOTOMÉTRICO PARA MEDICIÓN DE ILUMINANCIA PROMEDIO

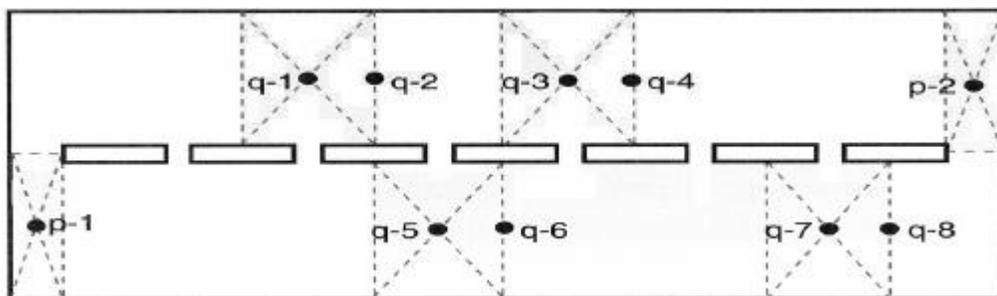
Con este método se pretende tomar lecturas de iluminancia dentro de la subestación, realizando medidas en distintos puntos dentro de ella a nivel del suelo y así determinar un valor promedio de iluminancia donde será confrontado con lo exigido en RETILAP y proporcionar un criterio de evaluación con base al reglamento.

Para obtener mediciones de precisión el área debe ser dividida en cuadrados y la iluminancia se mide en el centro de cada cuadrado y a la altura del plano de trabajo (En este caso para subestaciones el nivel del piso será considerado como el plano de trabajo).

La luz día se puede excluir de las lecturas, ya sea tomándolas en la noche o mediante persianas que no permitan la penetración de la luz día.

El área se debe dividir en pequeños cuadrados, tomando lecturas en cada cuadrado y calculando la media aritmética. [1, 3, 10]

El método se maneja de la siguiente manera:



$$E_{Prom} = \frac{Q(N - 1) + P}{N}$$

Figura 16. Puntos de medición de iluminancia y formula de iluminancia promedio según RETILAP.

Donde:

$E_{prom}$  = Iluminancia promedio.

$N$  = Número de luminarias.

Se toman lecturas en los puntos q-1, hasta q-8, en cuatro cuadrículas típicas, localizadas dos en cada lado del área. Se promedian las 8 lecturas. Este es el valor de Q de la ecuación de la iluminancia promedio.

Se toman lecturas en los puntos p-1, y p-2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

Dependiendo de la cantidad de luminarias y de la forma en que están distribuidas se aplicara lo mencionado anteriormente. [3, 10]

Como en el RETILAP no aparece un valor específico de nivel de iluminación para subestaciones, se opto utilizar como referencia una normativa referida a subestaciones eléctricas de media tensión de la **EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.**

En ella se expone que “El local de la subestación requiere un nivel de iluminación (Iluminancia) mínimo de 300 luxes a nivel del piso.” [13]

Con base a lo dicho anteriormente se estipula como criterio de aceptación el valor de **300 Luxes** admisibles de acuerdo a los valores medidos y determinados para el nivel de iluminación de la subestación. [13]

## 6. DELIMITACIÓN

### 6.1. DELIMITACION ESPACIAL

El desarrollo del proyecto está enfocado en la subestación eléctrica tipo interior de la corporación universitaria de la costa, ubicada al lado de los laboratorios nuevos de ingeniería (Bloque 3).



Figura 17. Corporación universitaria de la costa, CI 58 # 55-66. [26]

### 6.2. DELIMITACION CRONOLOGICA

El desarrollo del proyecto fue planificado en un tiempo comprendido entre el 7 de Febrero del 2011 y el 1 de Abril del 2011 atendiendo a un periodo de 2 (dos) meses de trabajo, cumpliendo con un horario estipulado de 8:00 am a 1:00 am, de lunes a sábado.

### **6.3. ALCANCES**

- ✓ Se evaluarán el sistema de puesta a tierra e iluminación de la subestación.
- ✓ Las mediciones se realizarán dentro de la subestación y alrededor de ella cuando lo amerite.
- ✓ Se presentarán recomendaciones para las anomalías y no conformidades detectadas.
- ✓ Se realizará un levantamiento arquitectónico de la subestación.

### **6.4. LIMITACIONES**

- No se realizará la inspección y pruebas a los equipos eléctricos de uso final de la instalación (Máquinas, motores, sistemas de refrigeración, luminarias, etc.).
- No se realizarán pruebas a los equipos y protecciones de media y baja tensión de la subestación.
- No se realizará estudios y pruebas de la calidad de energía.
- No se realizará rediseño de la subestación y sus componentes.

## 7. DISEÑO METODOLÓGICO

El proyecto tiene la característica de ser una investigación, donde busca por medio de un diagnóstico presentar recomendaciones para mejorar las condiciones de la subestación tipo interior de la corporación universitaria de la costa.

La metodología del diagnóstico, de acuerdo a la figura 18, se desglosa de la siguiente manera:

### 1. Levantamiento de la subestación.

- Explorar el área de la subestación.
- Explorar el punto de conexión del operador de red (Electricaribe).
- Identificación de materiales.
- Tomar medidas longitudinales.
- Tomar registros fotográficos.
- Realización de plano arquitectónico de la subestación.
- Realización de plano de la red de media tensión.

### 2. Inspección de la subestación.

- Identificación de los componentes de la subestación.
- Identificación del estado actual de la subestación.
- Verificación de los puntos de conexión.
- Verificación del estado de los conductores y barrajes.
- Verificación de los códigos de colores.
- Verificación de distancias de seguridad.
- Identificación de no conformidades según NTC 2050 y RETIE.
- Identificación de riesgos eléctricos.
- Tomar registros fotográficos.

### 3. Evaluación de la subestación.

#### 3.1. Evaluación del sistema de puesta a tierra.

- Medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Medición de la resistividad del terreno.

- Medición de equipotencialidad.
- Medición de tensiones de paso.
- Medición de tensiones de contacto.
- Verificación del estado del SPT.
- Tomar registros fotográficos.

### 3.2. Evaluación del sistema de iluminación.

- Medición de iluminancia.
- Verificación del estado de las luminarias.
- Tomar registros fotográficos.

### 3.3. Evaluación de la inspección.

4. Análisis de la evaluación de la subestación.
5. Conclusiones y recomendaciones de las no conformidades detectadas según NTC 2050 Y RETIE.

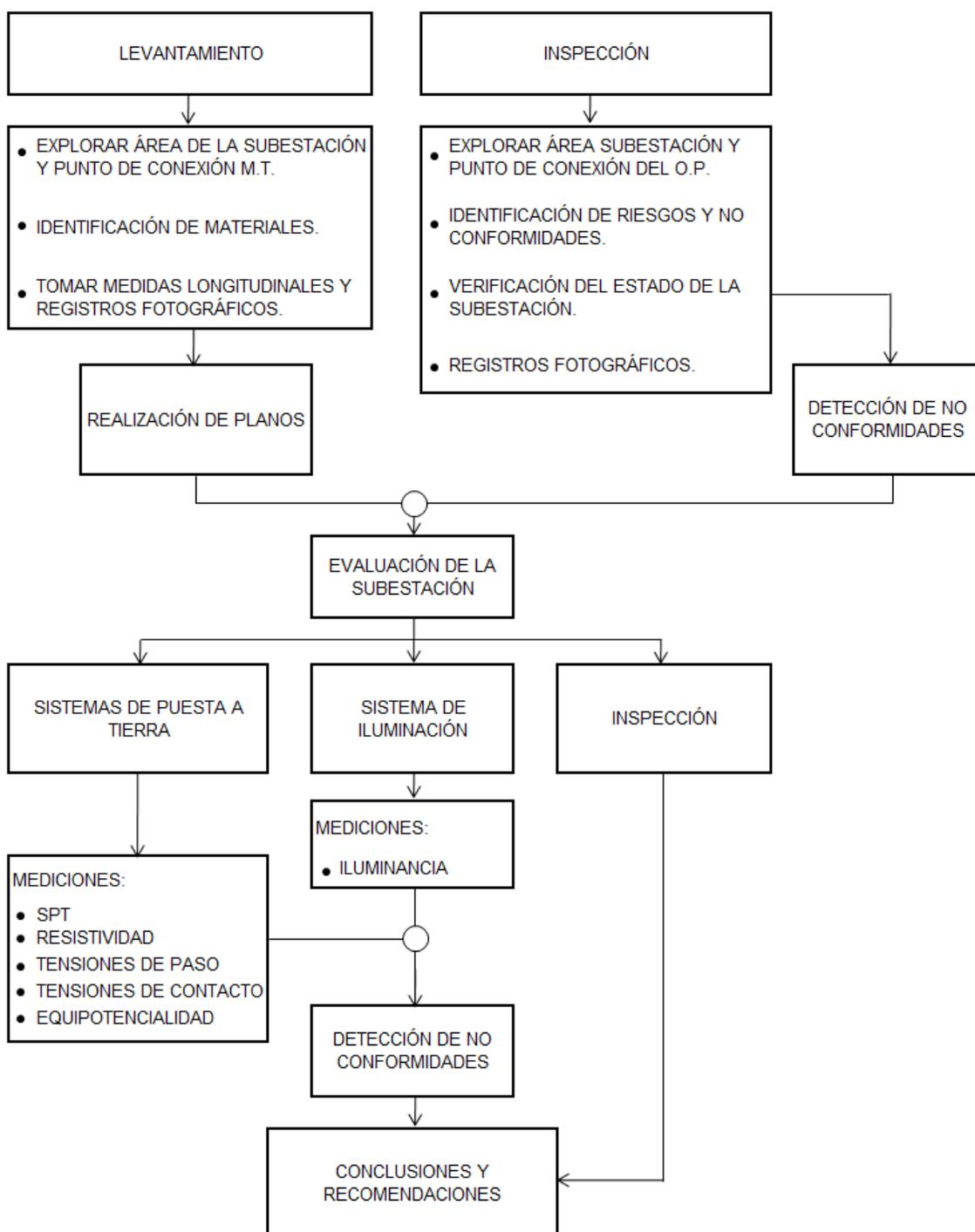


Figura 18. Flujograma de la metodología.

## 8. PRESUPUESTO

Analizando los datos obtenidos a partir del desarrollo del presupuesto de trabajo, las diferentes opciones y alternativas existentes respecto a la ejecución del diagnóstico en la subestación eléctrica #1 ubicada en el bloque 3 de la Corporación Universitaria de la Costa, se dilucidaron aspectos que intervienen de manera directa en el óptimo desarrollo de las actividades.

Ciertamente el punto más crítico para llevar a cabo cualquier proyecto se centra en el aspecto económico, impidiendo muchas veces que este sea ejecutado, y con ello que el producto científico que pueda ser entregado no se visualice. Por tal razón el identificar una gama de alternativas que brinden la oportunidad de escoger el camino más acertado desde el punto de vista de calidad y economía a la meta más próxima resulta muy estratégico y visionario.

En las dos alternativas expuestas en la figura 19 del capítulo de presupuesto se calcularon los gastos totales en los que se incurriría al implementar un diagnóstico en la subestación comentada, de los cuales se concluyó que la primera alternativa brinda la posibilidad de obtener en tan solo 4 días la totalidad de las mediciones y un pequeño informe de muestra, pero no desglosaría técnica y científicamente lo que se pretende estudiar, siendo esto la aplicabilidad de las normas vigentes NTC2050 y RETIE en instalaciones eléctricas, abordando los estudios de equipotencialidad y tensiones de paso y contacto.

En la segunda alternativa los costos a incurrir presentan viabilidad en comparación a los calculados primeramente, pero esta no posibilita la obtención de los datos requeridos, más si la facilidad de alquiler de los equipos asociados a las mediciones que en el transcurso del proyecto se han tratado. Es preciso afirmar que la segunda alternativa es recomendable que sea escogida cuando el beneficiario presente las competencias suficientes para manipular los equipos eléctricos y analizar de manera veraz los datos obtenidos, ya que existe riesgo de electrocución en el desarrollo de las pruebas y los datos alcanzados presentan un nivel de complejidad alto.

**Tomando como referencia el análisis realizado se optó por ejecutar las mediciones a partir de la segunda alternativa.**

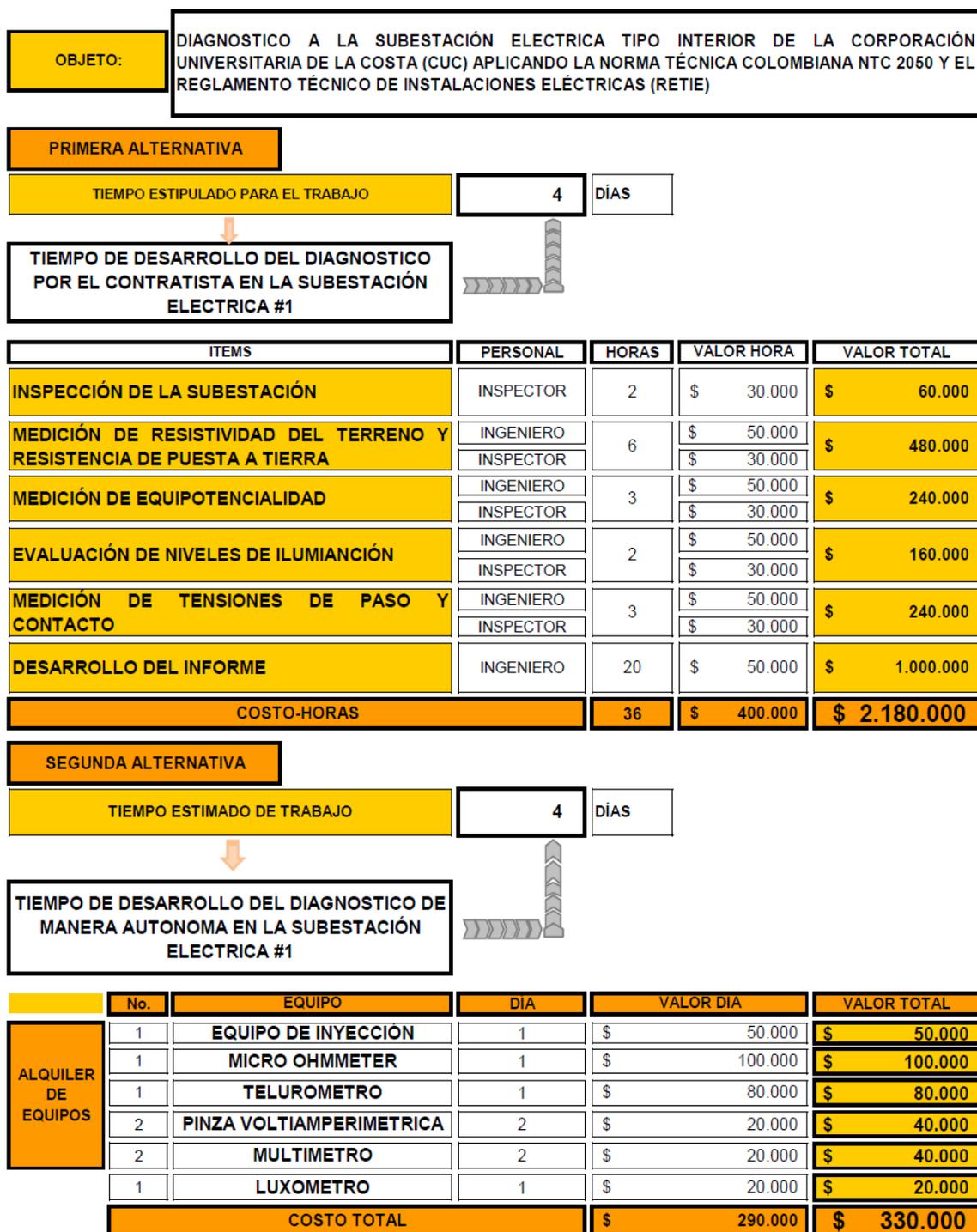


Figura 19. Presupuesto.

## 9. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN SOBRE LAS CONDICIONES DE LA SUBESTACIÓN

### 9.1. LEVANTAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN

Por medio del levantamiento se elaboraron los planos respectivos de la subestación eléctrica tipo interior, donde se tomaron todas las medidas longitudinales (largo, ancho y alto). Se plasmo la ubicación de los paneles de distribución, celdas de media y baja tensión, registros y tomacorrientes.

Para una correcta elaboración e interpretación de los planos se utilizaron las convenciones estipuladas en la tabla N°9 del artículo N°11 del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). [17]

En este tipo de actividades es de vital importancia tener presente las precauciones generales y consideraciones de seguridad antes, durante y después; dentro y fuera de la subestación, ya que se está expuesto a un choque o descarga eléctrica por contactos directos e indirectos, se recomienda utilizar todos los equipos de protección personal mientras se realiza la actividad.

Para la ejecución de esta actividad se uso el formato de levantamiento (ver anexo #2) y la herramienta informática Autocad 2011.

Los equipos que se utilizaron para realizar la actividad fueron:

- Cinta métrica
- Cámara fotográfica
- Casco
- Botas di eléctricas
- Guantes
- Gafas
- Camisa manga larga

### 9.1.1. PLANO DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN

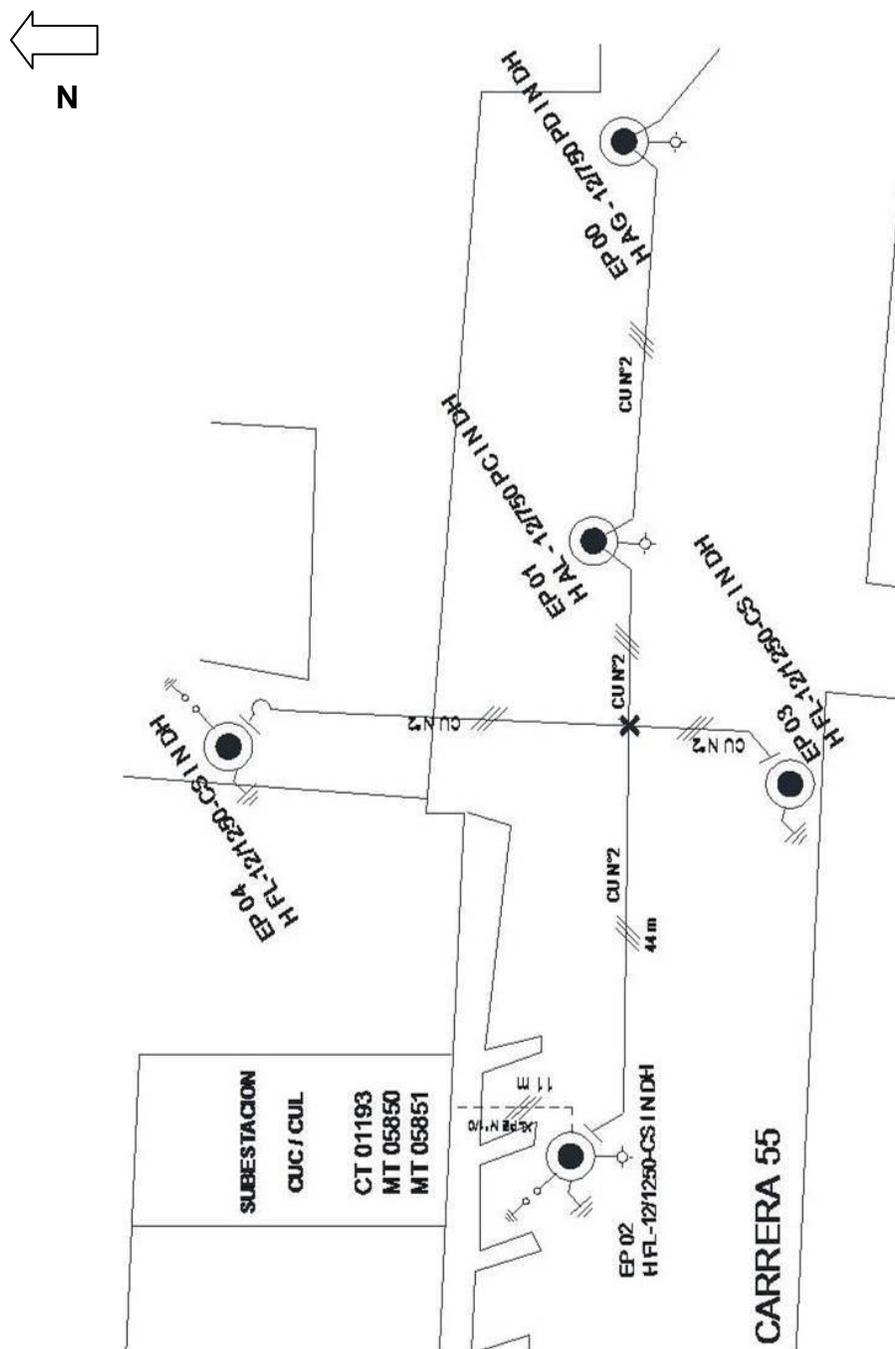


Figura 20. Plano de red de media tensión.

### 9.1.2. PLANO ARQUITECTÓNICO DE LA SUBESTACIÓN

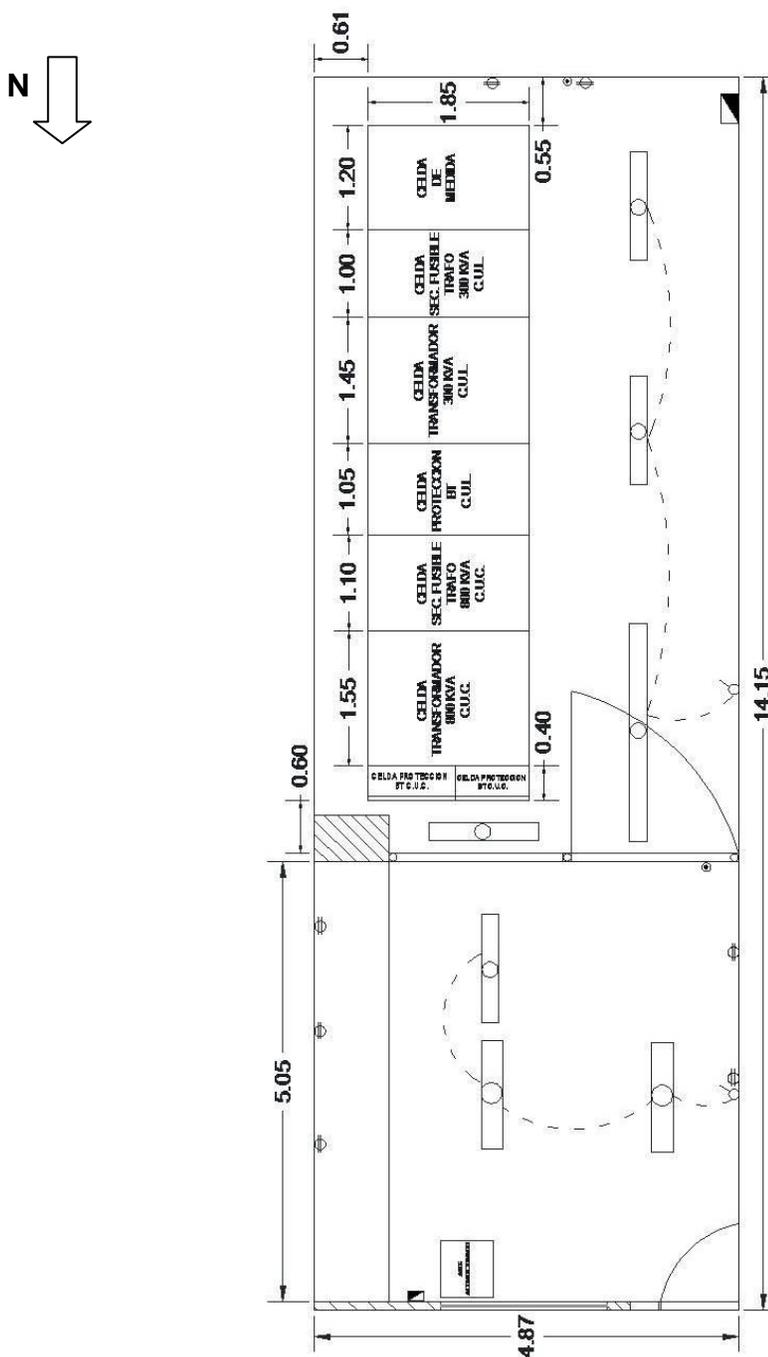


Figura 21. Plano arquitectónico de la subestación.

## 9.2. INSPECCIÓN DE LA SUBESTACIÓN

El desarrollo de esta sección estará centrado en la identificación de las no conformidades encontradas a partir de la evaluación e inspección realizada a la subestación eléctrica #1 ubicada en el bloque 3 de la Corporación Universitaria de la Costa, teniendo en cuenta las secciones de la norma relacionadas a continuación:

**Nota:** Es preciso afirmar que las secciones de las normas vigentes NTC2050 y RETIE que se encuentran en los encabezados de cada una de las paginas donde se evidencian NO conformidades, se referencian de manera general para todo el estudio de la sección y no de manera particular para cada uno de las registros fotográficos.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 1**



**Equipo / Elemento**

Entrada a la subestación.

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Señalización reglamentada NO adherida.
- 2) La subestación no cuenta con puerta de cierre hermético que tenga por característica resistencia mínima al fuego de tres horas. (Puerta no certificada)
- 3) Las entradas a cuartos o tableros donde se alojen equipos eléctricos no se encuentran identificadas para tal finalidad.
- 4) Vidrios no certificados para resistencia mínimas al fuego de 3 horas.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 2**



**Equipo / Elemento**

Puerta de entrada a la subestación

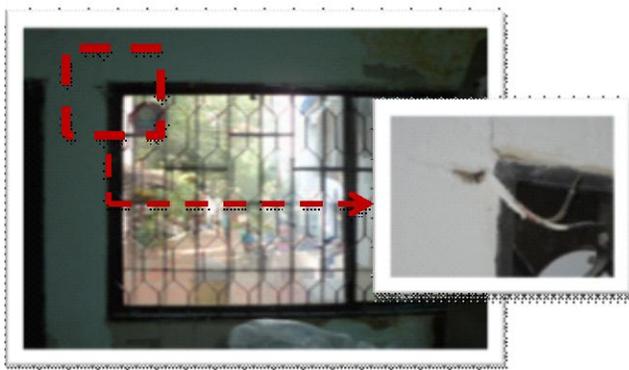
**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Espacios de trabajo y evacuación NO conformes.
- 2) Limites de aproximación NO se encuentran demarcados.
- 3) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra.

**FOTO No. 3**



**Equipo / Elemento**

Ventana principal de la Subestación#1 Bloque III

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Conductor expuesto a daño físico y mecánico.
- 2) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra..

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 4**



**Equipo / Elemento**

Tablero distribución Baja Tensión.

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

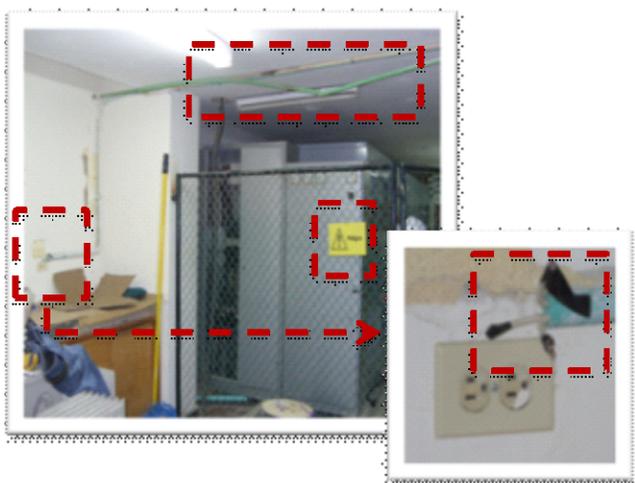
- 1) Tubería expuesta a daño físico y mecánico, NO certificada.
- 2) Tipo de tubería no permitida para instalaciones expuestas.
- 3) Señalización reglamentada NO adherida.
- 4) Equipos eléctricos instalados en entornos húmedos. Agentes deteriorantes.
- 5) Tablero no se encuentra identificado. **No existe rotulado de los diferentes circuitos.**

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 5**



**Equipo / Elemento**

Espacio de trabajo de la Subestación#1 BLOQUE3

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Tubería expuesta a daño físico y mecánico, NO certificada. (Tubería se encuentra en mal estado)
- 2) Tipo de tubería no permitida para instalaciones expuestas.
- 3) Conductores expuestos a daños físico y mecánico.
- 4) Señalización reglamentada NO adherida. **(No existe conformidad).**

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 6**



**Equipo / Elemento**

Corredor de la Subestación#1 Bloque III

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

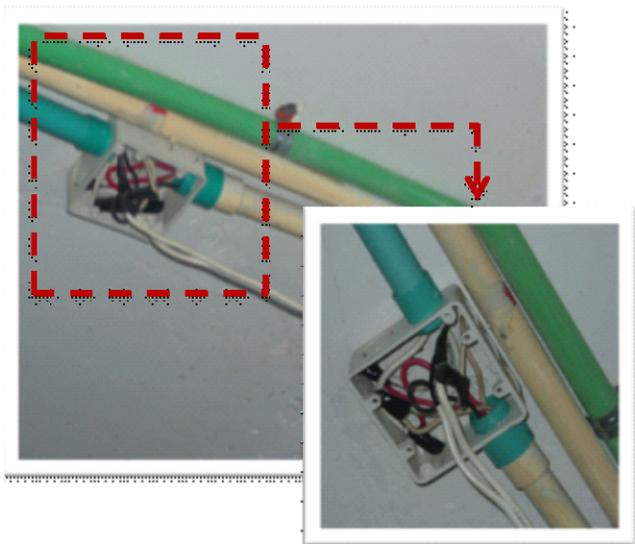
- 1) La subestación no se debe utilizar para almacenaje de materiales.
- 2) Espacios de trabajo y evacuación NO conformes.
- 3) Límites de aproximación NO se encuentran demarcados.
- 4) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 7**



**Equipo / Elemento**

Techo de la Subestación#1 Bloque III

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

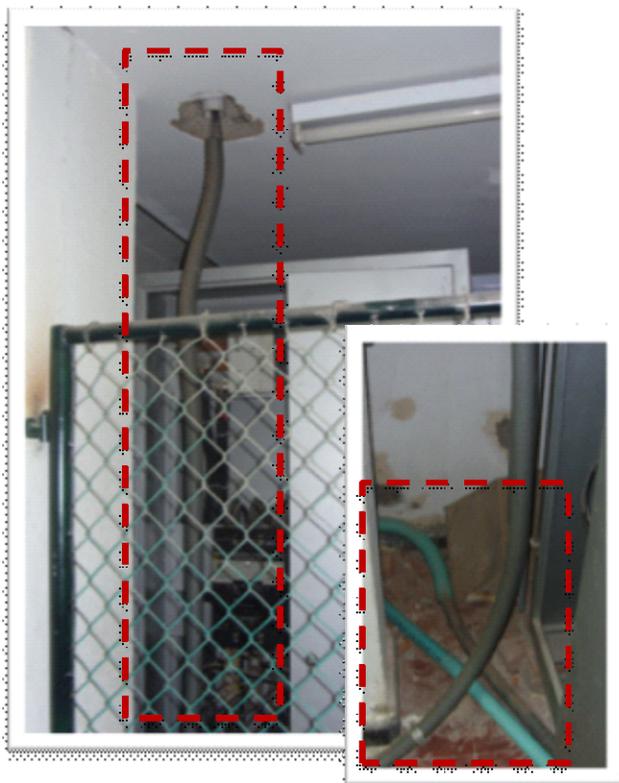
- 1) Tubería expuesta a daño físico y mecánico, NO certificada.
- 2) Tipo de tubería no permitida para instalaciones expuestas.
- 3) Conductores expuestos a daños físico y mecánico.
- 4) En las instalaciones una vez terminadas, todas las cajas deben tener una tapa, una placa de cierre o una cubierta.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 8**



**Equipo / Elemento**

Celdas #2 y #3 principal de la Subestación#1 Bloque III

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Tubería expuesta a daño físicos y mecánicos.
- 2) Tipo de tubería no es la adecuada para instalaciones expuestas.
- 3) Conductores expuestos a daños físico y mecánico.
- 4) Niveles de iluminación NO adecuados.
- 5) Obstaculización del área de trabajo por parte del tubo flexible en la celda #3.
- 6) Espacios de trabajo y evacuación NO conformes.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 9**



**Equipo / Elemento**

Corredor de la Subestación#1 Bloque III

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Reja metálica de separación no conectada equipotencialmente al sistema de puesta tierra.
- 2) Señalización reglamentada NO adherida. (No existe conformidad).
- 3) La reja impide mantener las distancias de seguridad que se exigen para trabajos en sistemas energizados.
- 4) Falta demarcación de las distancias de seguridad en el piso.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 10**



**Equipo / Elemento**

Espacio de trabajo (Corredor)  
Subestación#1 Bloque III

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Subestación utilizada como lugar de almacenaje de materiales eléctricos y otros.
- 2) No existe señal de riesgo eléctrico en ninguna de las celdas encontradas dentro de la subestación.
- 3) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra. (Transformadores en desuso).
- 4) Falta demarcación de las distancias de seguridad en el piso.
- 5) Espacios de trabajo y evacuación no son los adecuados.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 11**



**Equipo / Elemento**

Espacio de trabajo (Corredor)  
Subestación#1 Bloque III

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Subestación utilizada como lugar de almacenaje de materiales eléctricos y otros.
- 2) Espacios de trabajo y evacuación no son los adecuados.

**FOTO No. 12**



**Equipo / Elemento**

Techo (Corredor) Subestación#1 Bloque III

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Aberturas NO utilizadas sin la debida protección.
- 2) Cableado expuesto a daño físico y mecánico.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 13**



**Equipo / Elemento**

Techo (Corredor) Subestación#1 Bloque III

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Aberturas NO utilizadas sin la debida protección.
- 2) Cableado expuesto a daño físico y mecánico.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 14**

**Equipo / Elemento**

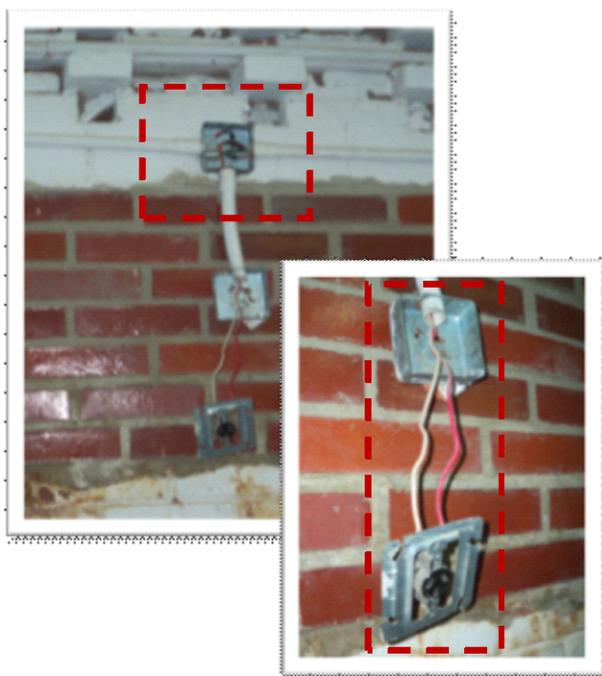
Caja de paso y toma corriente.

**Ubicación:**

Techo área de autoclaves.

**No conformidades detectadas:**

- 1) Los conductores no presentan marcación de acuerdo con el código de colores.
- 2) Conductores empalmados mediante métodos no certificados.
- 3) Aberturas NO utilizadas sin la debida protección.
- 4) Equipo eléctrico no se encuentra correctamente soportada.
- 5) El equipo eléctrico no cuenta con puesta a tierra que garantice la equipotencialidad con el sistema.
- 6) Tipo de tubería no permitida para instalaciones expuestas.



Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 15**



**Equipo / Elemento**

Cableado sin identificar

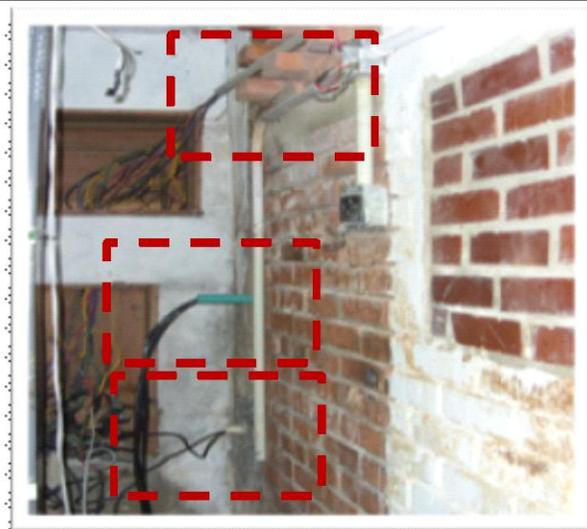
**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Conductores expuestos a daño físico y mecánico.
- 2) Señalización reglamentada NO adherida.

**FOTO No. 16**



**Equipo / Elemento**

Circuitos ramales

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Aberturas NO utilizadas sin la debida protección.
- 2) Conductores expuestos a daño físico y mecánico.
- 3) Tubería no metálica expuesta a daño físico y mecánico.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 17**

**Equipo / Elemento**

Tablero distribución BT

**Ubicación:**

Subestación #1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Los conductores no presentan marcación de acuerdo con el código de colores.
- 2) Empalmes no certificados.
- 3) No se encontró barraje de neutro y tierra.
- 4) Circuitos ramales no identificados.
- 5) Curvatura inadecuada de conductores
- 6) Los equipos eléctricos se deben instalar de una manera limpia y profesional.
- 7) Aberturas NO utilizadas sin la debida protección (**Tablero destapado**)
- 8) Tablero ubicado en un lugar de difícil acceso.
- 9) Espacio de trabajo no adecuado para realizar operaciones eléctricas.



Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 18**



**Equipo / Elemento**

Celdas de Medida

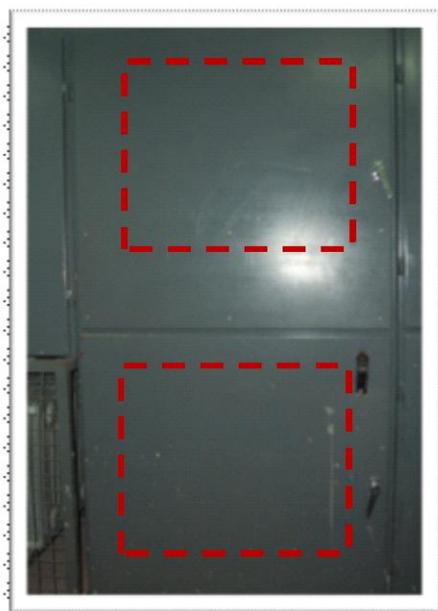
**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Falta demarcación de las distancias de seguridad en el piso.
- 2) Tablero no presenta señalización de riesgo eléctrico.

**FOTO No. 19**



**Equipo / Elemento**

Celdas de Seccionamiento #1

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

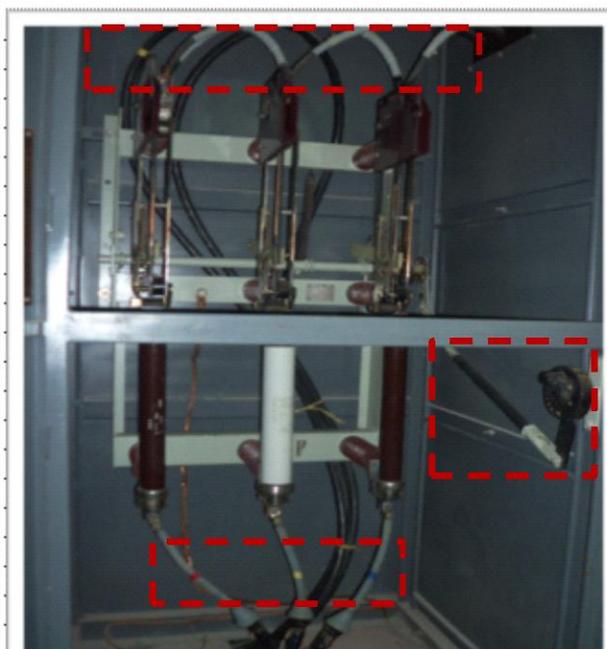
- 1) Puertas de la celda no posee conexión equipotencial al sistema de puesta a tierra para evitar tensiones de paso y de contacto.
- 2) Falta demarcación de las distancias de seguridad en el piso.
- 3) Tablero no presenta señalización de riesgo eléctrico.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 20**



**Equipo / Elemento**

Celdas de Seccionamiento #1

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

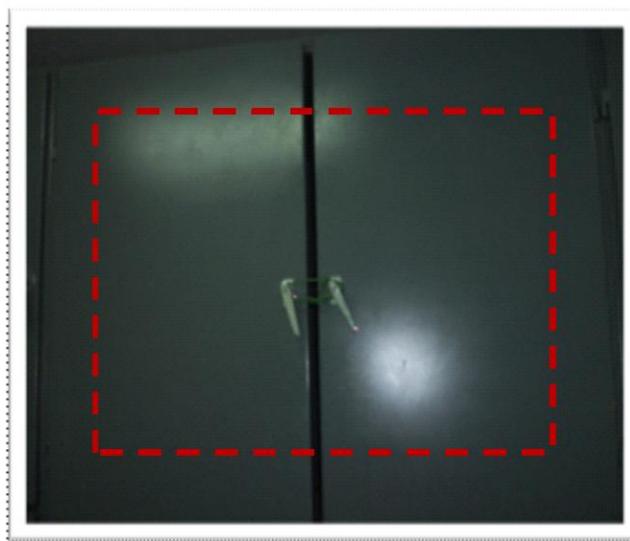
- 1) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra (Puertas y gabinete).
- 2) Enclavamiento en las celdas de seccionamiento no se encuentra en funcionamiento.
- 3) La celda no se encuentra identificada.
- 4) La celda no cuenta con la señalización respectiva de riesgo eléctrico.
- 5) Los conductores no presentan marcación de acuerdo con el código de colores y a su nivel de tensión.
- 6) No se encontró barraje de tierra.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 21**



**Equipo / Elemento**

Celdas de Transformación (Transformador 300 kVA 13200/220V)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

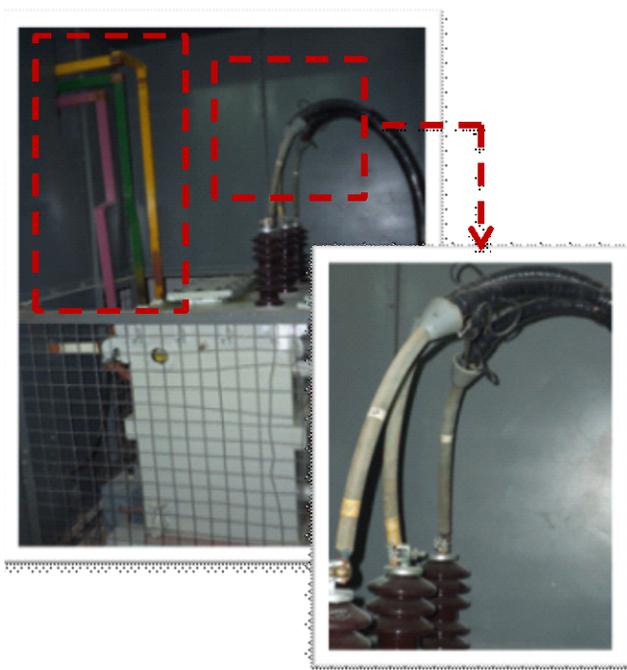
- 1) Puertas de la celda no posee conexión equipotencial al sistema de puesta a tierra
- 2) Falta demarcación de las distancias de seguridad en el piso.
- 3) Celda no presenta señalización de riesgo eléctrico.
- 4) La celda no se encuentra identificada.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 22**



**Equipo / Elemento**

Transformador 300 kVA (13200/220V)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

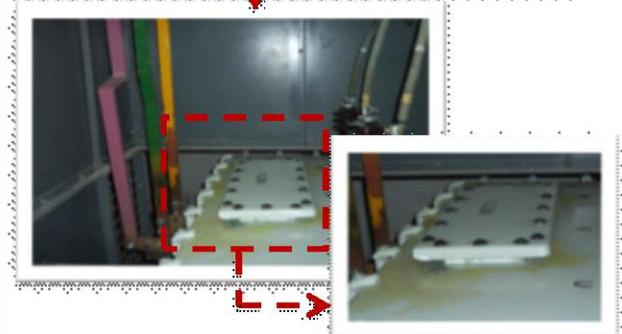
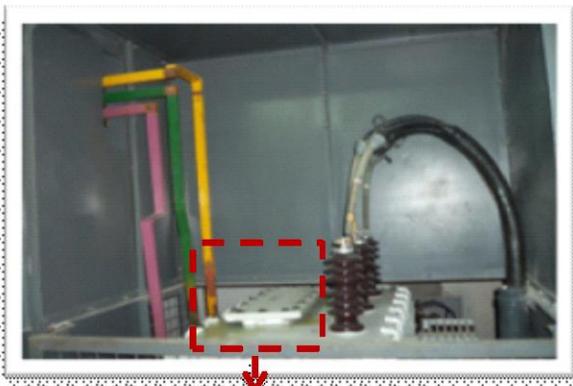
- 1) Bóvedas y puertas corta fuego NO existentes en la subestación.
- 2) Los conductores no presentan marcación de acuerdo con el código de colores y su nivel de tensión.
- 3) No existe un medio de recolección del aceite en caso de derrame y fugas.
- 4) Malla metálica no se encuentra conectada al sistema de puesta a tierra por lo tanto no se garantiza la equipotencialidad del sistema.
- 5) El apantallamiento de los conductores no se encuentran conectados al sistema de puesta a tierra.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 23**



**Equipo / Elemento**

Transformador 300 kVA (13200/220V)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

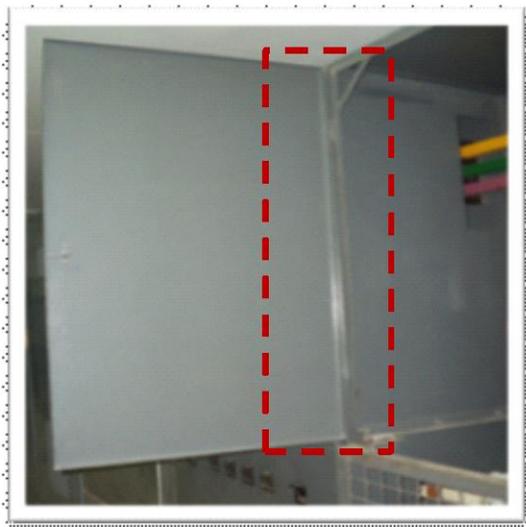
- 1) Cableado y barrajes NO conforme con lo expuesto en el código de colores.
- 2) Trasformador sin programaciones correctivas de mantenimiento.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 24**



**Equipo / Elemento**

Celda de transformación (Transformador 300KVA)

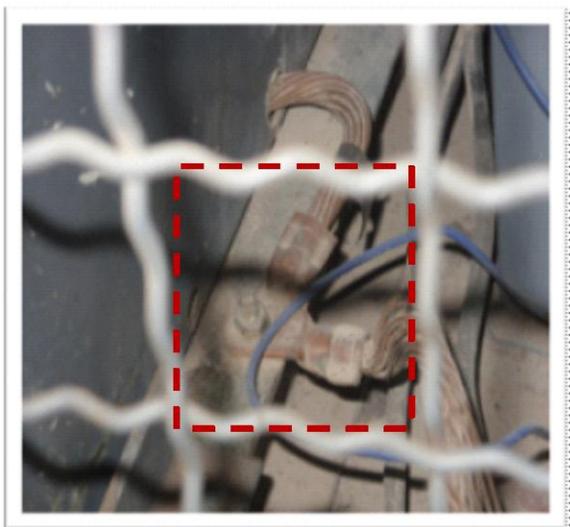
**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra.
- 2) Celdas no conectadas sólidamente a tierra.

**FOTO No. 25**



**Equipo / Elemento**

Celda de transformación-Conductor de Puesta a Tierra (Transformador 300KVA)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

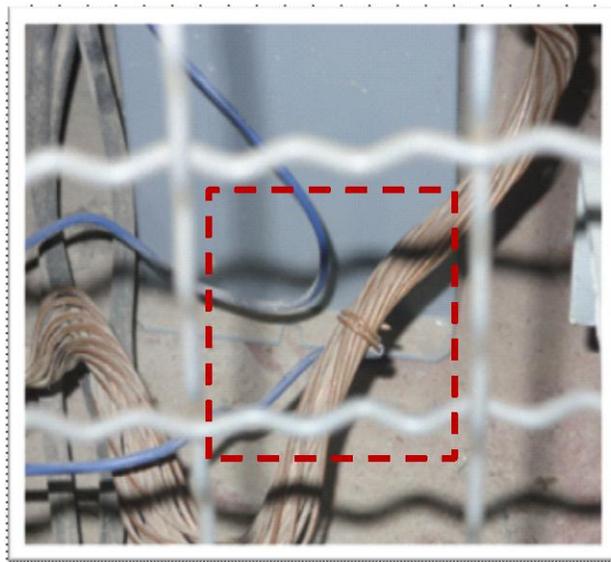
- 1) Empalmes NO adecuados. (Elementos de puesta a tierra, conductores).
- 2) No se encontró barraje tierra.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374, 384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 26**



**Equipo / Elemento**

Celda de transformación-Conductor de Puesta a Tierra (**Transformador 300KVA**)

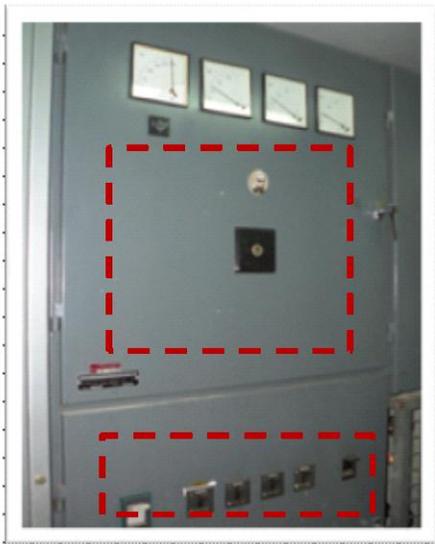
**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Empalmes NO adecuados. (Elementos de puesta a tierra, conductores).
- 2) No se encontró barraje tierra.
- 3) Cableado y barrajes NO conforme con lo expuesto en el código de colores.

**FOTO No. 27**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución#1 (**Transformador 300KVA**)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

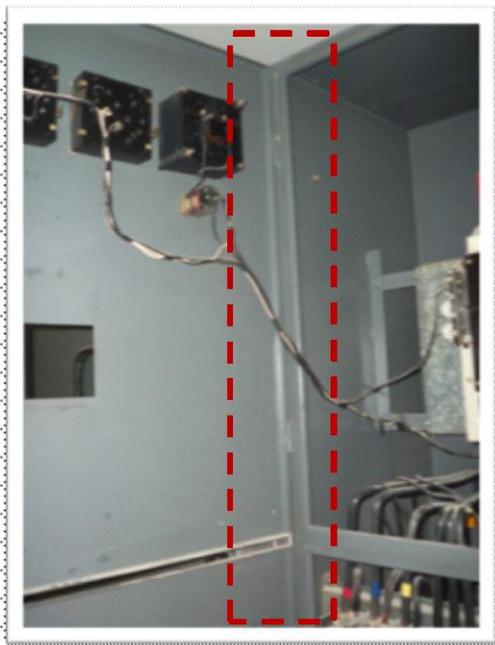
**No conformidades detectadas:**

- 1) Señalización reglamentada NO adherida.
- 2) Límites de aproximación NO se encuentran demarcados.
- 4) Rotulado de equipos eléctricos NO identificados.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

|                                       |                                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Corporación Universitaria de la Costa | Subestación eléctrica #1 Bloque III |
|---------------------------------------|-------------------------------------|

**FOTO No. 28**



**Equipo / Elemento**

Celda de Distribución#1 (**Transformador 300KVA**)

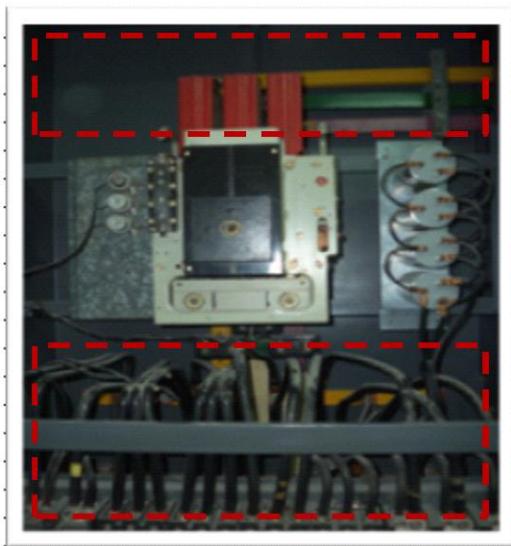
**Ubicación:**

Subestación eléctrica BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra. (Puertas).
- 2) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra.
- 3) Rotulado de equipos eléctricos NO identificados.

**FOTO No. 29**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución#1 (**Transformador 300KVA**)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

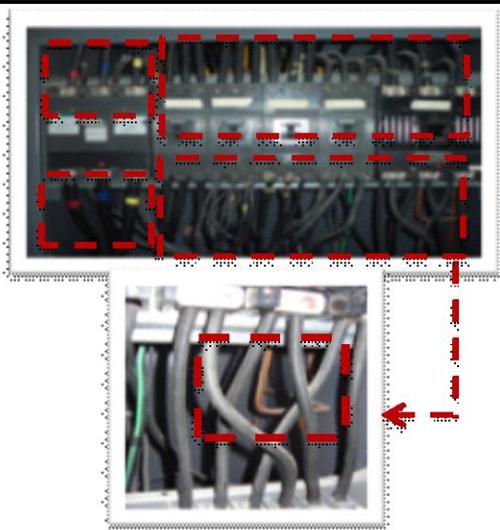
- 1) Elemento de protección (**TOTALIZADOR**) no se encuentra identificado de acuerdo al método de rotulado que exige la norma.
- 2) Cableado y barrajes NO conforme con lo expuesto en el código de colores.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 30**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución#1 (Transformador 300KVA)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Rotulado de equipos eléctricos NO identificados.
- 2) Cableado y barrajes NO conforme con lo expuesto en el código de colores.

**FOTO No. 31**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución#1 (Transformador 300KVA)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

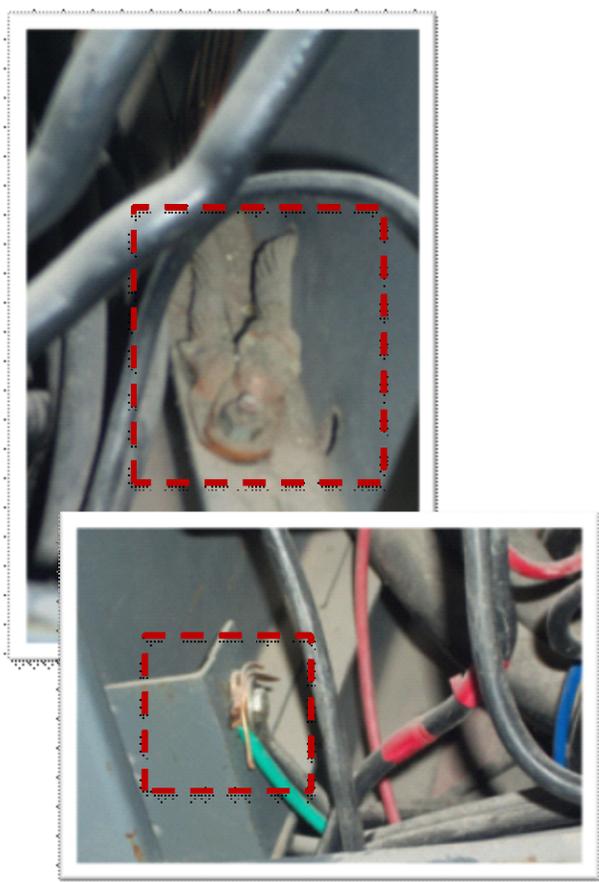
- 1) Rotulado de equipos eléctricos NO identificados.
- 2) Los conductores no presentan marcación de acuerdo con el código de colores y su nivel de tensión.
- 3) Conexiones y empalmes no certificados.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 32**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución #1 (Transformador 300 KVA)

**Ubicación:**

Celda de Distribución Principal Trafo 300KVA

**No conformidades detectadas:**

- 1) Métodos de alambrado de conductores no es el adecuado.
- 2) Se debe conectar un conductor por terminal en baraje.
- 3) No se encontró barraje tierra.
- 4) Punto de conexión equipotencial de la carcasa de la celda de distribución utilizado para simular barraje de tierra.

**No conformidades detectadas:**

- 1) Métodos de conexión de conductores no es el adecuado.
- 2) Se debe conectar un conductor por terminal en baraje.
- 3) Las conexiones a los barajes deben ser realizados con conectores o terminales certificados.
- 4) Conductores sin marcación de acuerdo con el código de colores.
- 5) No existe barraje de tierra.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 33**



**Equipo / Elemento**

Celda de seccionamiento  
**(Transformador 800KVA)**

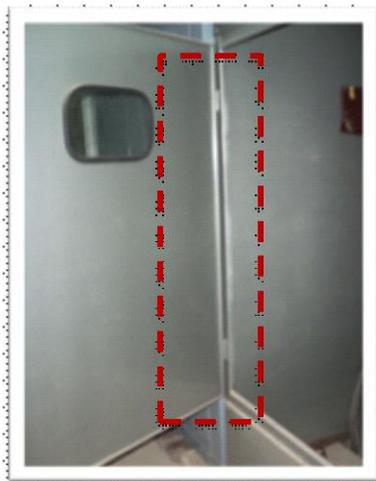
**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Celda de seccionamiento no presenta señalización de riesgo eléctrico.
- 2) La celda no se encuentra identificada.
- 3) Falta demarcación de las distancias de seguridad en el piso.
- 4) Enclavamiento en las celdas de seccionamiento no se encuentra en funcionamiento.
- 5) Ausencia de barrera de protección en los elementos energizados.

**FOTO No. 34**



**Equipo / Elemento**

Celda de seccionamiento  
**(Transformador 800KVA)**

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra.
- 3) Rotulado de equipos eléctricos NO identificados.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 35**

**Equipo / Elemento**

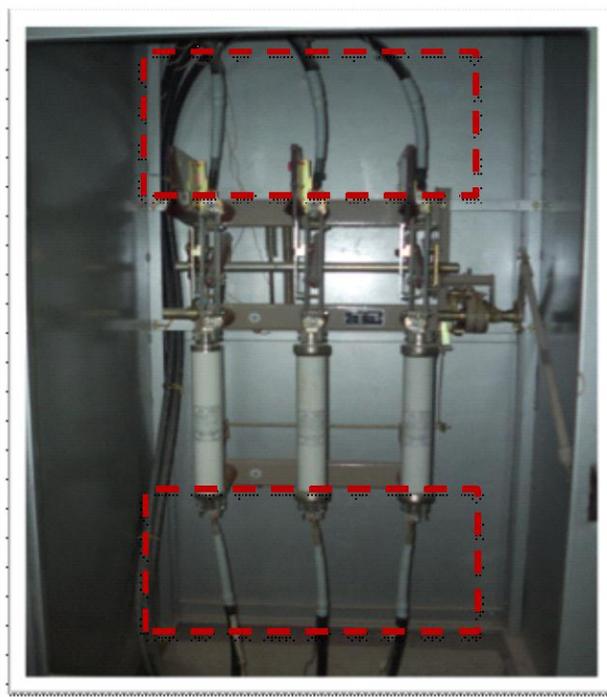
Celdas de Seccionamiento #1

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra.
- 2) Enclavamiento en las celdas de seccionamiento no se encuentra en funcionamiento.
- 3) La celda no se encuentra identificada.
- 4) La celda no cuenta con la señalización respectiva de riesgo eléctrico.
- 5) Cableado y barrajes NO conforme con lo expuesto en el código de colores.
- 6) La celda no presenta barraje de tierra.



Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 36**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución #1 (Trafo 800 KVA)

**Ubicación:**

Celda de Distribución Principal Trafo 300KVA

**No conformidades detectadas:**

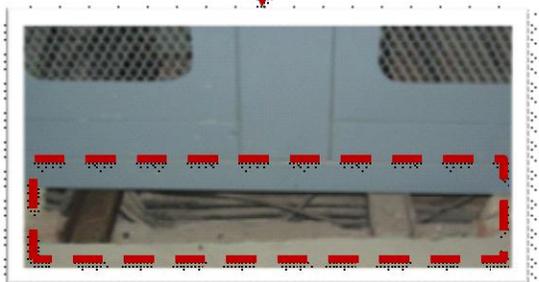
- 1) Métodos de conexión de conductores no es el adecuado.
- 2) Se debe conectar un conductor por terminal en baraje.
- 3) Las conexiones a los barajes deben ser realizados con conectores o terminales certificados.
- 4) No se encontró barraje tierra.
- 5) No se permite la unión de varios terminales mediante cable o alambre para simular barrajes en aplicaciones tanto de fuerza como de control.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 37**



**Equipo / Elemento**

Celdas de Transformación  
(Transformador 800 kVA 13200/220V)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

- 1) Puertas de la celda no posee conexión equipotencial al sistema de puesta a tierra
- 2) Falta demarcación de las distancias de seguridad en el piso.
- 3) Celda no presenta señalización de riesgo eléctrico.
- 4) La celda no se encuentra identificada.

**No conformidades detectadas:**

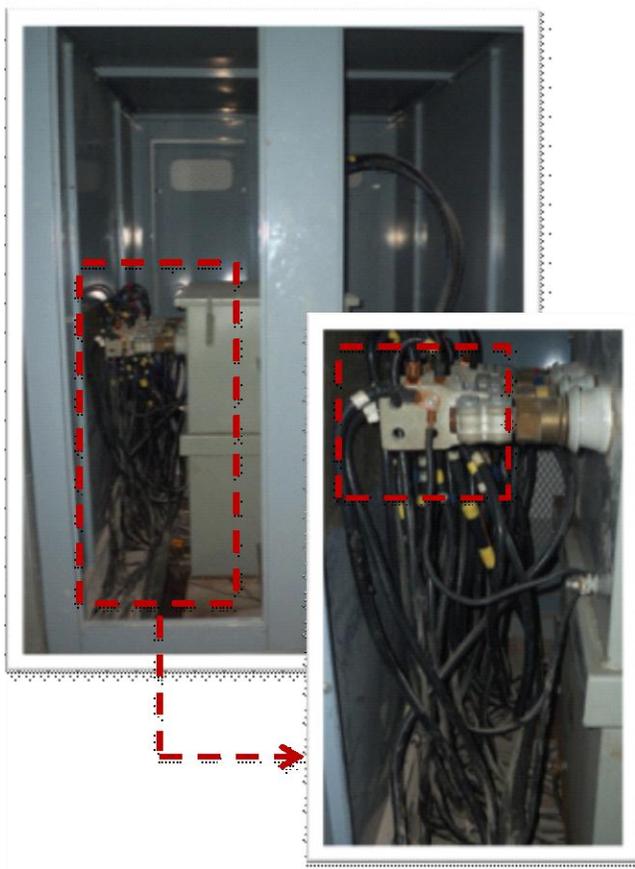
- 1) Los cárcamos no se encuentran debidamente tapados.
- 2) Conductores expuestos a daño físico o mecánico.
- 3) Espacios de trabajo y evacuación no son los adecuados.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 38**



**Equipo / Elemento**

Transformador 800 KVA

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Cableado y barrajes NO conforme con lo expuesto en el código de colores.
- 2) Las celda no se encuentra Identificada con los valores de capacidad en KVA y tensiones de entrada y salida.
- 3) Partes energizadas expuestas a contacto directo e indirecto.
- 4) NO se encuentra foso de aceite para recogida de aceite del transformador.
- 5) Bóvedas y puertas corta fuego NO existentes en la subestación.
- 6) No cumple con los espacios reglamentarios de trabajo alrededor del transformador.
- 7) **Curvatura NO conforme presente en los conductores.**
- 8) Conductores instalados en un solo terminal.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 39**



**Equipo / Elemento**

Tablero de distribución #2 BT

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Distancia de seguridad para trabajos en sistemas energizados no adecuados.
- 2) Falta demarcación de las distancias de seguridad en el piso.
- 3) Cárcamos no se encuentran debidamente tapados.
- 4) Espacio para evacuación no adecuado.

**FOTO No. 40**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución#1 (Transformador 300KVA)

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

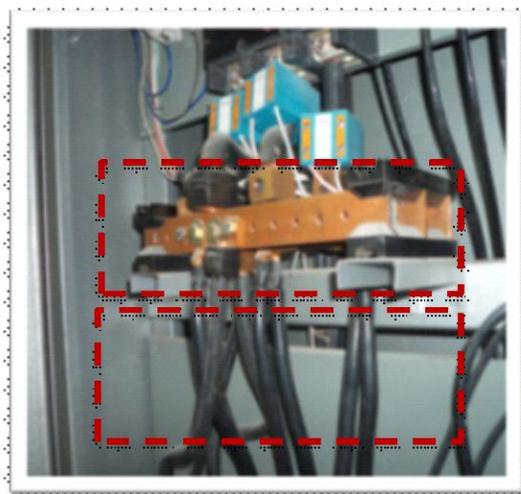
- 1) Rotulado de equipos eléctricos NO identificados..
- 2) Los conductores no presentan marcación de acuerdo con el código de colores y su nivel de tensión.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 41**



**Equipo / Elemento**

Tablero de distribución #2 BT

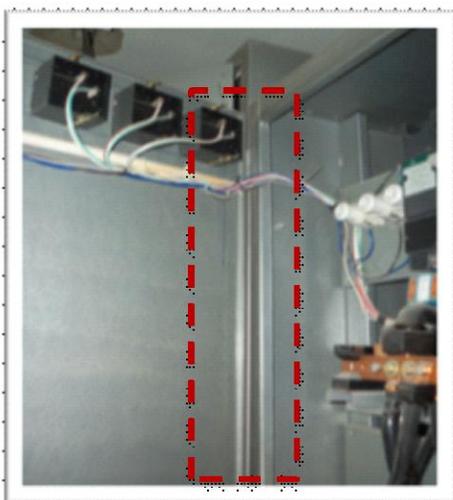
**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Ausencia de barrera de protección en los elementos energizados.
- 2) Conductores sin marcación de acuerdo con el código de colores.

**FOTO No. 42**



**Equipo / Elemento**

Celda de Distribución #2

**Ubicación:**

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**No conformidades detectadas:**

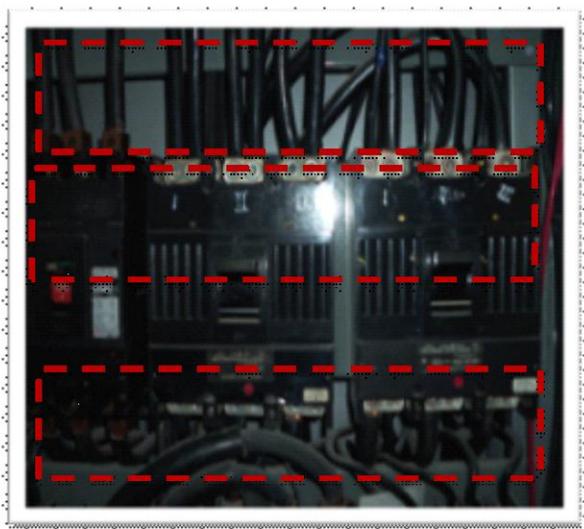
- 1) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra.
- 2) Rotulado de equipos eléctricos NO identificados.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 43**



**Equipo / Elemento**

Circuitos ramales

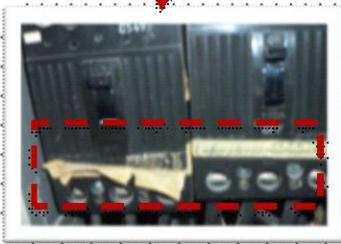
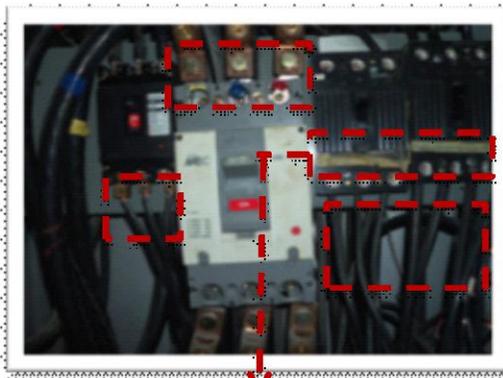
**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Los conductores no presentan marcación de acuerdo con el código de colores.
- 2) Circuitos ramales no identificados.
- 3) Rotulado de equipos eléctricos NO identificados.

**FOTO No. 44**



**Equipo / Elemento**

Circuitos ramales

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Los conductores no presentan marcación de acuerdo con el código de colores.
- 2) Circuitos ramales no identificados.
- 3) El rotulado de los diferentes circuitos no fue realizado de tal forma que se asegure su permanencia y durabilidad.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 45**



**Equipo / Elemento**

Circuitos ramales

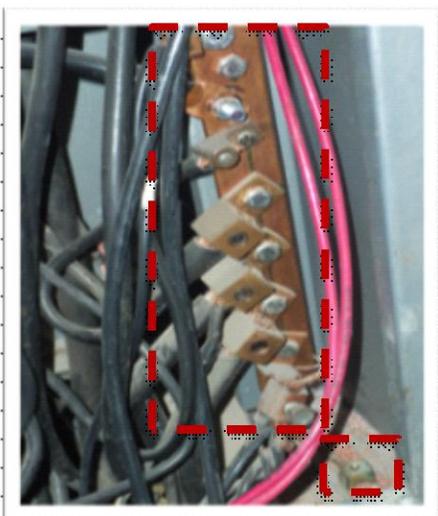
**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Los cárcamos o canalizaciones donde se alojen conductores eléctricos deben ser adecuadamente tapados.
- 2) Conductores expuestos a daño físico o mecánico.
- 3) Falta demarcación de las distancias de seguridad en el piso.
- 4) Espacio de trabajo no adecuado para maniobras en la Celda de distribución #2.

**FOTO No. 46**



**Equipo / Elemento**

Barraje de Neutro Celda de distribución #1

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

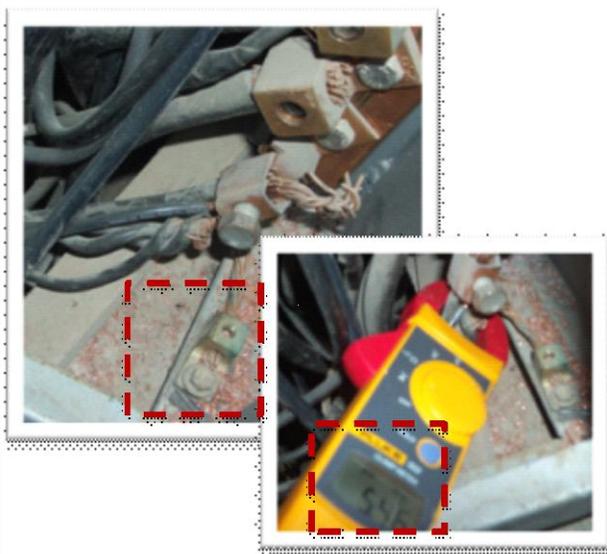
- 1) Puente entre barraje de neutro y tierra NO conforme, y NO permitido.
- 2) Empalmes NO adecuados. (Elementos de puesta a tierra, conductores)..

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374, 384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 47**



**Equipo / Elemento**

Barraje de Neutro Celda de distribución #1

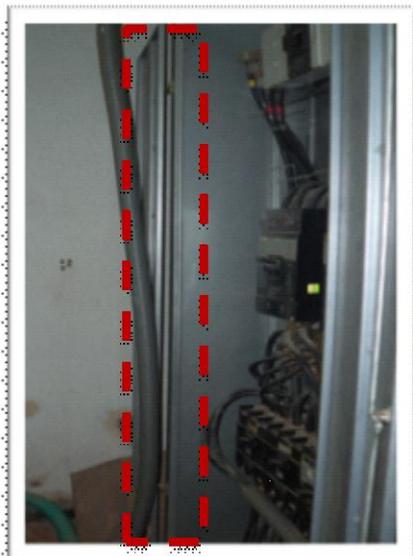
**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Puente entre barraje de neutro y tierra NO conforme, y NO permitido.
- 2) Empalmes NO adecuados. (Elementos de puesta a tierra, conductores)..
- 3) Se encontraron corrientes indeseables en el sistema de puesta a tierra (5,46 A).

**FOTO No. 48**



**Equipo / Elemento**

Puerta de la celda.

**Ubicación:**

Celda de distribución #3 BT

**No conformidades detectadas:**

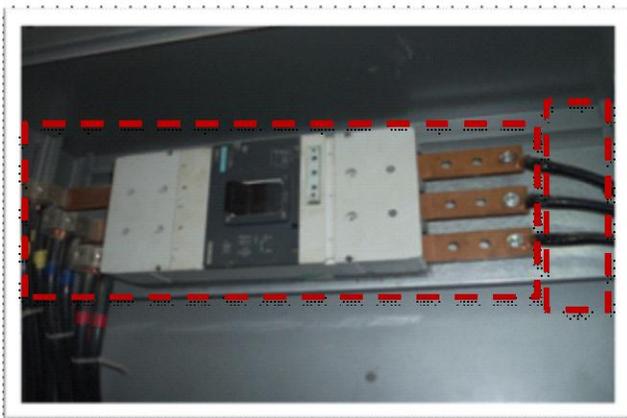
- 1) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra.
- 2) No se encuentra identificado de forma visible la capacidad y tensión de trabajo de los equipos alojados dentro de las celdas.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 49**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución #3 BT

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Ausencia de barrera de protección en los elementos energizados.
- 2) Cableado y barrajes NO conforme con lo expuesto en el código de colores..
- 3) El rotulado de los diferentes circuitos no se realizo de tal forma que se asegure su permanencia y durabilidad.

**FOTO No. 50**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución #3 BT

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

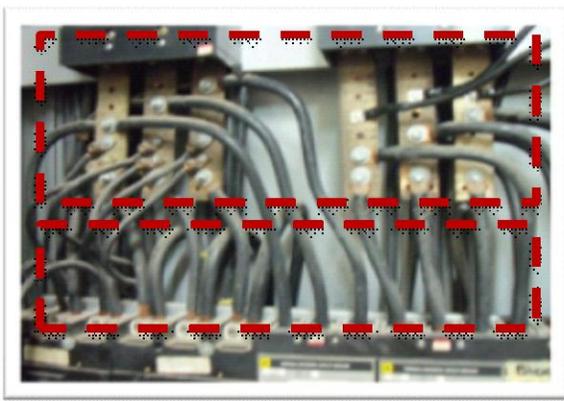
- 1) Los conductores no presentan marcación de acuerdo con el código de colores.
- 2) Circuitos ramales no identificados
- 3) El rotulado de los diferentes circuitos no se realizo de tal forma que se asegure su permanencia y durabilidad.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 51**



**Equipo / Elemento**

Celda de distribución #3 BT

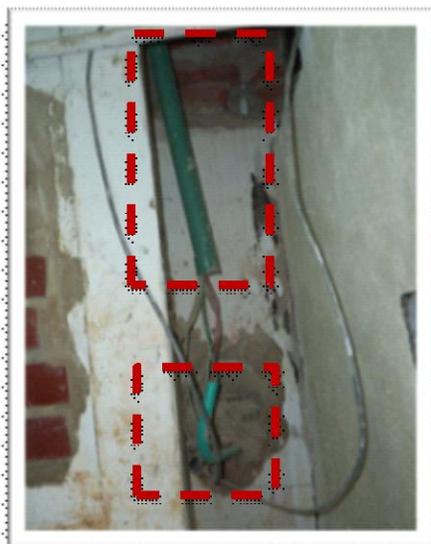
**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Ausencia de barrera de protección en los elementos energizados.
- 2) Conductores sin marcación de acuerdo con el código de colores.
- 3) El rotulado de los diferentes circuitos no se realizó de tal forma que se asegure su permanencia y durabilidad.

**FOTO No. 52**



**Equipo / Elemento**

Espacio de trabajo.

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

- 1) Tubería expuesta a daños físicos y mecánicos
- 2) Tubería no certificada para el uso dado.
- 3) Conductores expuestos a daños físicos y mecánicos.

Registro fotográfico conexiones eléctricas. No conformidades detectadas de acuerdo con la norma NTC 2050 de 1998 Secciones 110, 215, 240, 250, 300, 343, 373, 374,384, 450 y capítulo 9 tabla No 1. RETIE Capítulo II Artículos 11, 13, 15, Capítulo III artículo 21, Capítulo V Artículo 30, Capítulo VI Artículo 37 y Capítulo VII.

Corporación Universitaria de la Costa

Subestación eléctrica #1 Bloque III

**FOTO No. 53**



**Equipo / Elemento**

Espacio de trabajo.

**Ubicación:**

Subestación eléctrica # 1 BLOQUE 3

**No conformidades detectadas:**

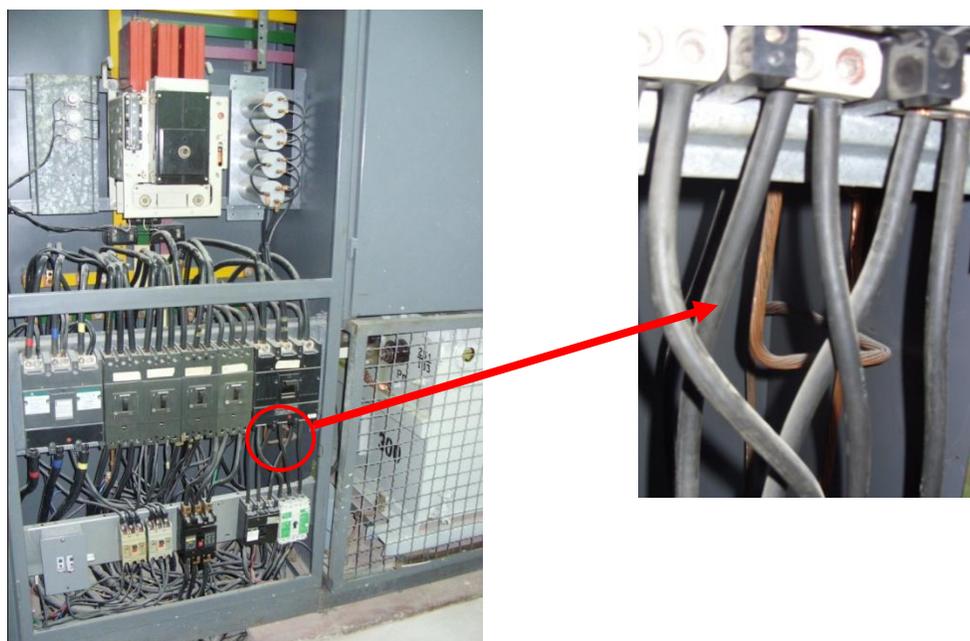
- 1) Espacios de trabajo y evacuación NO conformes.
- 2) Límites de aproximación NO se encuentran demarcados.
- 3) Conductores expuestos a daños físicos y mecánicos.
- 4) Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra.

Inspeccionar cada uno de los elementos de la subestación da por finalizado uno de los objetivos más interesantes durante el desarrollo del proyecto, aquí se evidenció la situación real de la subestación, en qué puntos fallaba y cuáles presentaban conformidad a lo estipulado en las normativas vigentes. Con ello se llegó a la conclusión de que la subestación se califica como NO CONFORME, ya que en todos los puntos de evaluación los cuales se encuentran especificados en el capítulo de recomendaciones no existe cumplimiento.

### 9.3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

#### 9.3.1. MEDICIÓN DE RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

En la inspección realizada a la subestación de la Corporación Universitaria de la Costa no se encontró ningún registro del sistema de puesta a tierra para realizar la medida, lo cual se optó por tomar como punto de medición el conductor puesto a tierra como se indica en la siguiente imagen.



**Figura 22. Punto de medición de la resistencia de puesta a tierra.**

Para la medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra se utilizó el método del 61.8%.

La medida obtenida por el teluometro fue de **0.79  $\Omega$** , comparando este valor con el que ilustra la tabla N°25 expuesta en el artículo 15 del RETIE podemos concluir que la resistencia del sistema de puesta a tierra de la subestación de la corporación universitaria de la costa **cumple** con lo establecido en el reglamento ya que el valor máximo permitido es de **10  $\Omega$** .



Figura 23. Medición de puesta a tierra.

### 9.3.2. MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD APARENTE

#### 9.3.2.1. VALORES DE RESISTIVIDAD APARENTE OBTENIDOS

Como el lugar a medir era de pavimento y baldosas se opto para el desarrollo de la actividad, utilizar las placas y humedecerlas con agua como se ilustra en la siguiente imagen y de los cuales se obtuvieron los siguientes datos:

| MEDICIONES DE RESISTIVIDAD ( $\Omega.m$ ) |  |       |      |
|---|--|-------|------|
| # De eje                                  | Distancia (a) de separación entre electrodos |       |      |
|   | 1 m  | 2 m   | 4 m  |
| 1   | 152,4  | 285   | 44,9 |
| 2   | 128,8  | 139,5 | 68,5 |
| 3   | 211  | 112,9 | 52,9 |
| 4   | 176,3  | 138,9 | 38,7 |

Tabla 7. Valores de resistividad aparente obtenidos.



Figura 24. Medición de resistividad.

### 9.3.2.2. DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD APARENTE

Para determinar la resistividad del terreno se aplicó el método de Box-Cox donde se realizaron las siguientes actividades y operaciones:

1. Se hallan los valores de resistividad aparente del terreno con ayuda del teluometro, se miden cada uno de los puntos con sus respectivos ejes, teniendo en cuenta las distancias de separación para efectuar la medida y tabulamos los datos obtenidos.

| MEDICIONES DE RESISTIVIDAD ( $\Omega.m$ ) |  |       |      |
|---|--|-------|------|
| # De eje                                  | Distancia (a) de separación entre electrodos |       |      |
|   | 1 m  | 2 m   | 4 m  |
| 1   | 152,4  | 285   | 44,9 |
| 2   | 128,8  | 139,5 | 68,5 |
| 3   | 211  | 112,9 | 52,9 |
| 4   | 176,3  | 138,9 | 38,7 |

Tabla 8. Valores de resistividad aparente obtenidos.

2. Aplicamos logaritmo natural a cada valor de resistividad.

| MEDICIONES DE RESISTIVIDAD ( $\Omega.m$ ) APLICANDO LN |  |      |      |
|--|--|------|------|
| # De eje   | Distancia (a) de separación entre electrodos |      |      |
|  | 1 m  | 2 m  | 4 m  |
| 1  | 5,03   | 5,65 | 3,80 |
| 2  | 4,86   | 4,94 | 4,23 |
| 3  | 5,35   | 4,73 | 3,97 |
| 4  | 5,17   | 4,93 | 3,66 |

Tabla 9. Logaritmo natural a valores de la resistividad.

3. Procedemos a calcular la media y la desviación estándar de las medidas por cada separación.

| SEPARACIÓN DE ELECTRODOS (m) | MEDIA $\mu$ ( $\Omega.m$ ) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR $\sigma$ ( $\Omega.m$ ) |
|------------------------------|----------------------------|---|
| 1                            | 5,10                       | 0,210                                       |
| 2                            | 5,06                       | 0,250                                       |
| 4                            | 3,91                       | 0,127                                       |

Tabla 10. Media y desviación estándar de la resistividad.

4. Buscamos en la tabla estadística de la distribución normal estándar el valor de Z correspondiente a una probabilidad del 70% e interpolamos.

| Z        | PROBABILIDAD |
|----------|--------------|
| 0,52     | 0,6985       |
| <b>z</b> | 0,70         |
| 0,53     | 0,7019       |

$$Z = 0,5245$$

Tabla 11. Valores de Z en distribución normal estándar.

5. Calcular el valor de resistividad al 70% de probabilidad correspondiente al Z hallado en el paso anterior y luego aplicar logaritmo natural inverso para obtener los valores originales.

| SEPARACIÓN DE ELECTRODOS (m) | $\rho' (70\%) = Z * \sigma + \mu$<br>[ $\Omega.m$ ] | $\rho (70\%) = e^{\rho' 70\%}$<br>( $\Omega.m$ ) |
|------------------------------|---|--|
| 1                            | 5,21  | <b>183,54</b>                                    |
| 2                            | 5,19  | <b>180,14</b>                                    |
| 4                            | 3,98  | <b>53,54</b>                                     |

Tabla 12. Valores de resistividad determinados al 70% de probabilidad.

6. Determinar la desviación estándar general de la resistividad donde fue aplicado el logaritmo natural y el promedio general de los mismos, para calcular al final la resistividad aparente del terreno con base a esos datos.

| Desviación estándar general | Promedio general | RESISTIVIDAD APARENTE CON 70% DE PROBABILIDAD ( $\Omega.m$ ) |
|-----------------------------|------------------|--|
| 0,64                        | 4,69             | <b>152,40</b>  |

**Tabla 13. Valor de resistividad calculado.**

Podemos concluir que la resistividad del terreno de la subestación de la corporación universitaria de la costa es de **152,40 ( $\Omega.m$ )** y tiene las características de un suelo de concreto.

### 9.3.3. MEDICIONES DE TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO

|  |       |                  |   |        |        |    |     |
|--|-------|------------------|---|--------|--------|----|-----|
| <b>ts:</b> Tiempo de disparo de la protección    | 0,5   | s                | Estándar IEEE 80 2000, Tabla 7  |        |        |    |     |
| <b>lcf:</b> Intensidad corriente de falla        | 5,87  | KA               | Resistividad ( $\Omega \cdot m$ )   |        |        |    |     |
| <b>II:</b> Intensidad de inyección               | 5     | A                | Material  | Seco   | Mojado |    |     |
| <b>V:</b> Tensión de salida                      | 120   | V                | Concreto  | 1,E+06 | 1,E+09 | 21 | 100 |
| <b>p:</b> Resistividad del terreno               | 152,4 | $\Omega \cdot m$ | Por efectos de estudio se escogió el rango más crítico de resistividad de la superficie del material. |        |        |    |     |
| <b>hs:</b> Espesor de la superficie del material | 0,1   | m                | $C_s = 1 - \frac{0,09 \left(1 - \frac{p}{p_s}\right)}{2h_s + 0,09}$                                   |        |        |    |     |
| <b>V1:</b> Valor de las medidas a $0^\circ$      |       |                  | 2,94  |        |        |    |     |
| <b>V2:</b> Valor de las medidas a $180^\circ$    |       |                  |   |        |        |    |     |
| <b>Vmax:</b> Valor maximo calculado real.        |       |                  | $E_{step50} = (1000 + 6C_s \cdot p_s) \frac{0,116}{\sqrt{I_s}}$                                       |        |        |    |     |
| <b>Tp:</b> Tension de Paso                       |       |                  | 224,86  |        |        |    |     |
| <b>Tc:</b> Tensión de Contacto                   |       |                  | $E_{touch50} = (1000 + 1,5C_s \cdot p_s) \frac{0,116}{\sqrt{I_s}}$                                    |        |        |    |     |
|  |       |                  | 179,25  |        |        |    |     |

| VALORES OBTENIDOS |  |    |       |         |         |          |           |
|-------------------|--|----|-------|---------|---------|----------|-----------|
| Punto             | Lugar de Medida                        | ps | Tp/Tc | V1 (mV) | V2 (mV) | Vmax (v) | Resultado |
| P1                | Carretilla metalica.                   | 21 | TP    | 0,10    | 0,10    | 0,12     | ACEPTABLE |
| C1                | Carretilla metalica.                   | 21 | TC    | 18,00   | 18,00   | 21,13    | ACEPTABLE |
| C2                | Trafo 500 KVA ( <b>Desuso</b> ).       | 21 | TC    | 0,60    | 0,50    | 0,70     | ACEPTABLE |
| C3                | Reja Metalica ( <b>Movible</b> ).      | 21 | TC    | 0,40    | 0,40    | 0,47     | ACEPTABLE |
| P2                | Reja Metalica ( <b>Movible</b> ).      | 21 | TP    | 0,20    | 0,20    | 0,23     | ACEPTABLE |
| C4                | Reja Metalica ( <b>Empotrada</b> ).    | 21 | TC    | 0,20    | 0,20    | 0,23     | ACEPTABLE |
| P3                | Trafo 50 KVA ( <b>Desuso</b> ).        | 21 | TP    | 0,10    | 0,10    | 0,12     | ACEPTABLE |
| C5                | Trafo 50 KVA ( <b>Desuso</b> ).        | 21 | TC    | 0,10    | 0,10    | 0,12     | ACEPTABLE |
| C6                | Trafo ( <b>Sin especificaciones</b> ). | 21 | TC    | 0,30    | 0,30    | 0,35     | ACEPTABLE |
| P4                | Celda de Medida.                       | 21 | TP    | 0,20    | 0,20    | 0,23     | ACEPTABLE |
| C7                | Celda de Medida.                       | 21 | TC    | 0,60    | 0,70    | 0,82     | ACEPTABLE |
| C8                | Celda de Seccionamiento.               | 21 | TC    | 1,60    | 1,60    | 1,88     | ACEPTABLE |
| P5                | Frente Trafo <b>300KVA</b> .           | 21 | TP    | 0,30    | 0,30    | 0,35     | ACEPTABLE |
| C9                | Frente Trafo <b>300KVA</b> .           | 21 | TC    | 0,30    | 0,50    | 0,59     | ACEPTABLE |
| C10               | Celda de Protección.                   | 21 | TC    | 1,30    | 1,40    | 1,64     | ACEPTABLE |
| P6                | Celda de Protección.                   | 21 | TP    | 0,30    | 0,30    | 0,35     | ACEPTABLE |
| C11               | Celda de Seccionamiento.               | 21 | TC    | 1,30    | 1,40    | 1,64     | ACEPTABLE |
| C12               | Celda de Trafo <b>800KVA</b> .         | 21 | TC    | 1,40    | 1,50    | 1,76     | ACEPTABLE |
| P7                | Celda de Trafo <b>800KVA</b> .         | 21 | TP    | 0,50    | 0,50    | 0,59     | ACEPTABLE |
| C13               | Celda de Protección.                   | 21 | TC    | 1,40    | 1,50    | 1,76     | ACEPTABLE |
| C14               | Celda de Protección.                   | 21 | TC    | 1,70    | 1,70    | 2,00     | ACEPTABLE |
| C15               | Puerta.                                | 21 | TC    | 0,50    | 0,50    | 0,59     | ACEPTABLE |
| C16               | Ventana.                               | 21 | TC    | 0,50    | 0,50    | 0,59     | ACEPTABLE |

Tabla 14. Planilla de tensiones de paso y contacto.

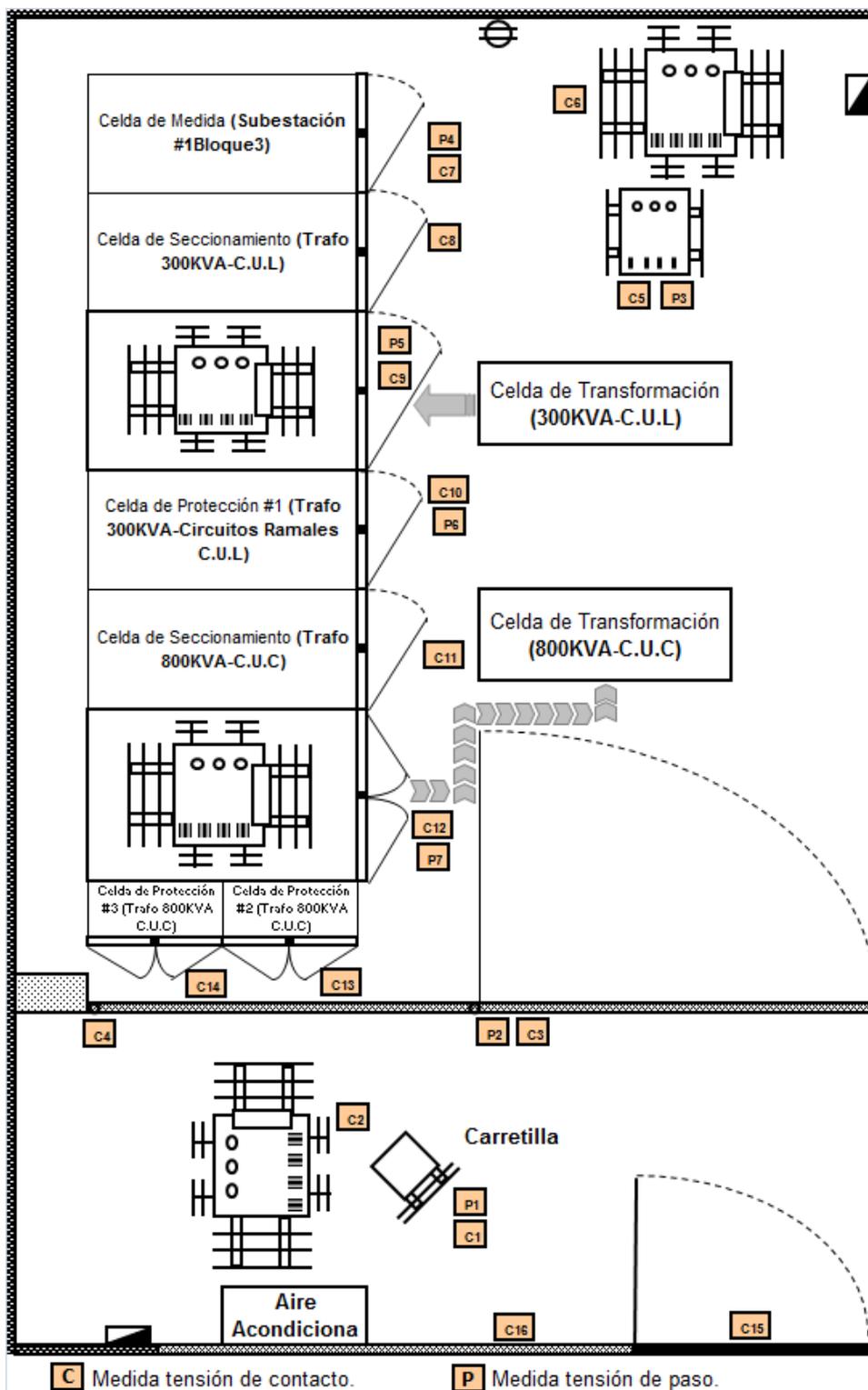


Figura 25. Puntos de mediciones de tensiones de paso y contacto.



Los valores de las tensiones de paso y contacto **CUMPLEN** con el criterio de evaluación, ya que los niveles máximos calculados para  $t_p$  y  $t_c$  son de **224.86 V** y **179.25 V**, y las tensiones máximas fueron de **0.59 V** y **21.13 V**.

Es preciso afirmar que el dato más alto contemplado en la medición lo obtuvo un elemento metálico no perteneciente a la subestación y que no presentaba equipotencialidad ante el sistema de puesta a tierra. Por lo tanto se recomienda que todo elemento ajeno a la subestación sea almacenado en un recinto acorde y acondicionado para esta labor.

### 9.3.4. MEDICIÓN DE EQUIPOTENCIALIDAD

| Ubicación:                            | Instalación:                             |
|---------------------------------------|--|
| CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA | Subestación Eléctrica #1 Bloque3 (C.U.C) |

Los valores de la sección del conductor de puesta a tierra deben ser evaluados de acuerdo con el RETIE Capítulo II, Artículo 15, Sección 3.2 "Conductor de puesta a tierra" por la fórmula:

$$A_{mm^2} = \frac{IKf \sqrt{t_c}}{1,9737}$$

Donde:

Tiempo de disparo de la protección:

0,5 [s]

Intensidad corriente de falla a tierra:

5,87 [kA]

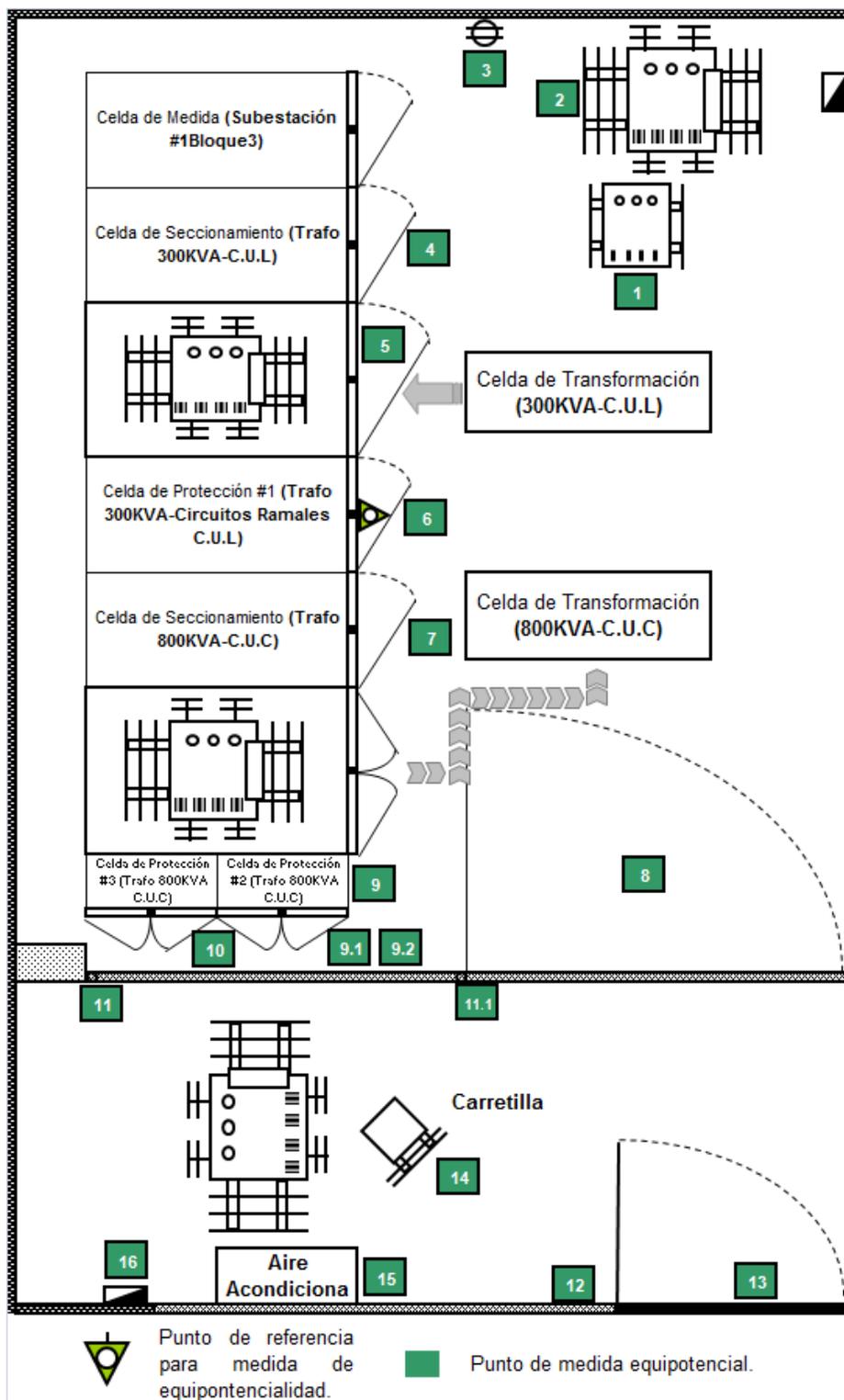
$$S = \rho \times \frac{L}{R}$$

Desarrollando la fórmula de la sección transversal del conductor en  $mm^2$  se halló el siguiente valor de comparación:

**14,85**

| Nº  | PUNTO DE MEDIDA  | R            | S     | ESTADO    | L            |
|---|--|--------------|-------|-----------|--------------|
|   |  | [mΩ]         | [mm²] |           | [m]          |
| <b>Referencia: COLA DE TIERRA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN</b> |  |              |       |           |              |
| <b>Material del cable de puesta a tierra:</b>             |  | <b>Cobre</b> |       |           | <b>0,018</b> |
| 1   | Transformador 75 KVA ( <b>Desenergizado</b> ).         | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 1,50         |
| 2   | Transformador ( <b>Desenergizado</b> ).                | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 1,70         |
| 3   | Toma corriente.  | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 2,00         |
| 4   | Celda de seccionamiento ( <b>Trafo 300 KVA C.U.L</b> ) | 5,97         | 4,67  | NO CUMPLE | 1,55         |
| 5   | Celda de transformación ( <b>Conductor SPT</b> )       | 6,47         | 2,78  | NO CUMPLE | 1,00         |
| 6   | Celda de protección ( <b>Distribución BT#1</b> )       | 42,20        | 0,09  | NO CUMPLE | 0,20         |
| 7   | Celda de seccionamiento ( <b>Trafo 800 KVA C.U.C</b> ) | 7,47         | 1,93  | NO CUMPLE | 0,80         |
| 8   | Celda de transformación ( <b>Trafo 800 KVA C.U.C</b> ) | 24,07        | 1,46  | NO CUMPLE | 1,95         |
| 9   | Celda de protección ( <b>BT#2 - carcasa</b> )          | 6,88         | 7,85  | NO CUMPLE | 3,00         |
| 9.1   | Celda de protección ( <b>BT#2 - SPT</b> )              | 4,50         | 12,40 | NO CUMPLE | 3,10         |
| 9.2   | Celda de protección ( <b>BT#2 - puerta</b> )           | 49,35        | 1,13  | NO CUMPLE | 3,10         |
| 10  | Celda de protección ( <b>BT#3 - puerta</b> )           | 6,51         | 9,40  | NO CUMPLE | 3,40         |
| 11  | Reja de restricción ( <b>Empotrada</b> ).              | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 3,80         |
| 11.1  | Reja de restricción ( <b>Movible</b> ).                | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 3,70         |
| 12  | Ventana de la subestación.                             | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 8,00         |
| 13  | Puerta de la subestación.                              | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 8,30         |
| 14  | Carretilla   | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 8,10         |
| 15  | Aire acondicionado                                     | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 8,30         |
| 16  | Tablero Distribución                                   | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 8,30         |
| 17  | Transformador ( <b>Desenergizado</b> ).                | ABIERTO      | -     | NO CUMPLE | 7,60         |

Tabla 15. Planilla de equipotencialidad.



**Figura 26. Puntos de mediciones de equipotencialidad.**

La equipotencialidad existente en los elementos metálicos presentes de la subestación no se encuentran conectadas a conformidad, y a su vez se da el caso donde no se encuentran acoplados físicamente al sistema de puesta a tierra, por lo tanto **no cumplen** con el criterio de evaluación expuesto en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

El calibre mínimo exigido para dar cumplimiento a la norma debe tener una sección transversal de **14,85 mm<sup>2</sup>** y el máximo obtenido fue de **12,40 mm<sup>2</sup>**.



Figura 27. Micro-ohmímetro.



Figura 28. Mediciones de equipotencialidad.

## 9.4. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

### 9.4.1. MEDICIÓN DE ILUMINANCIA

Dentro de la subestación se realizaron las medidas aplicando el método fotométrico de iluminancia promedio, exigido por el RETILAP para poder comparar los niveles de iluminación actuales con los exigidos por la norma.

Pero actualmente en el RETILAP no aparece un valor específico para subestaciones, así que se optó utilizar como referencia una normativa referida a subestaciones de media tensión de la **EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.**

En ella se expone que el local de la subestación eléctrica requiere un nivel de iluminación (Iluminancia) mínimo de 300 luxes a nivel del piso. [13]

Con base a lo dicho anteriormente se estipula como criterio de aceptación el valor de **300 Luxes** admisibles de acuerdo a los valores medidos y determinados para el nivel de iluminación de la subestación.

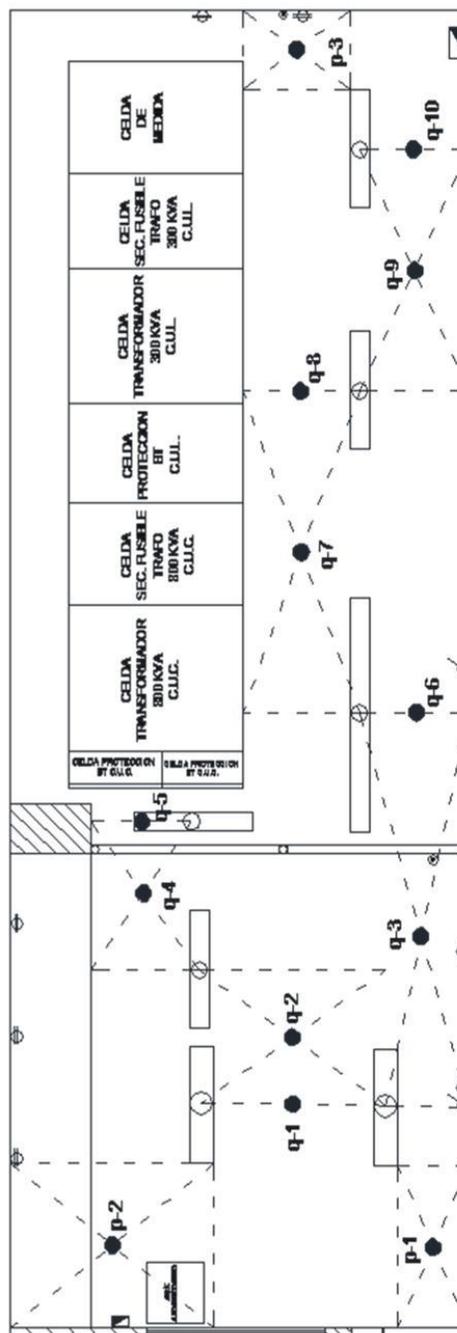


Figura 29. Puntos de medición de iluminancia.

### 9.4.1.1. DETERMINACIÓN DE ILUMINANCIA PROMEDIO

Para poder determinar el nivel de iluminación presente en la subestación utilizaremos el método fotométrico de iluminancia promedio de la siguiente manera:

1. Realizamos las mediciones con el luxómetro desde el punto q-1 hasta el punto q-10, y desde el punto p-1 hasta el punto p-3 como se ilustra en la figura 18 y procedemos a tabular los datos obtenidos.
2. Determinamos el promedio de las mediciones para obtener el valor de P y Q e identificamos la cantidad de luminarias que hay en la subestación.
3. Se procede a calcular el valor de iluminancia promedio.

| #  | p(Lux)    | q (Lux) | P(Lux) | Q (Lux)                 |
|----|-----------|---------|--------|-------------------------|
| 1  | 105       | 219     | 72,4   | 121,3                   |
| 2  | 65,8      | 207     |        |                         |
| 3  | 46,3      | 128     |        |                         |
| 4  | No aplica | 111,4   |        |                         |
| 5  | No aplica | 88,5    |        |                         |
| 6  | No aplica | 56,3    |        |                         |
| 7  | No aplica | 80,9    |        |                         |
| 8  | No aplica | 114,2   |        |                         |
| 9  | No aplica | 129,2   |        |                         |
| 10 | No aplica | 78,7    |        |                         |
|    |           |         | N      | E <sub>prom</sub> (Lux) |
|    |           |         | 6      | 113,2                   |

Tabla 16. Valor de iluminación promedio.

El valor de iluminancia promedio en la subestación es de **113.2 luxes** a nivel del suelo, comparando este valor con el criterio de aceptación (**300 luxes** a nivel del suelo), podemos concluir que el sistema de iluminación de la subestación tipo interior de la corporación universitaria de la costa **no cumple**, por lo tanto un operario no puede realizar maniobras seguras y confiables dentro de ella, ya que por el escaso nivel de iluminación, señalización de seguridad, el no cumplimiento de distancias de seguridad y espacio de trabajo se puede ocasionar un accidente.



**Figura 30. Medición de iluminancia.**



**Figura 31. Luminaria en mal estado.**

## 10. RECOMENDACIONES PARA LAS NO CONFORMIDADES

En este capítulo de recomendaciones se evidenciará de manera clara y didáctica, aquellas no conformidades que se identificaron al evaluar y analizar por medio de inspección visual, el estado de la subestación eléctrica #1 ubicada en el bloque 3 de la Corporación Universitaria de la Costa, tomando como datos comparativos las características reglamentarias que toda subestación debe llevar consignadas en la Norma Técnica Colombiana NTC2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

**NOTA:** Las recomendaciones están divididas en 2 secciones que contemplan la no conformidad según RETIE y la NTC 2050.



## RETIE

**Relación de NO conformidades – recomendaciones según el  
Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.**

| No conformidad detectada.                             | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe.                          | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones.   | Referencia Fotográfica.      |
|---|--|---|--|--|------------------------------|
| Espacios de trabajo y evacuación <b>NO</b> conformes. | Se encuentran objetos ajenos a la instalación en los pasillos obstaculizando el espacio de trabajo y de evacuación. Ruta de evacuación no demarcada. | <p style="text-align: center;"><b>RETIE:</b><br/>Art 21-q</p> | "Todos los lugares de circulación de personas, tales como accesos, salas, pasillos, etc., deben estar libres de objetos que puedan dar lugar a accidentes o interrumpen visiblemente la salida en casos de emergencia. Las rutas de evacuación deberán estar demarcadas con avisos y señales de salida que sean luminosas, con pintura fotoluminiscente y con luces conectadas al circuito de emergencia de la central." [1] | Retirar cada uno de los materiales y/o equipos que se encuentren en la zona de trabajo y evacuación de la subestación. Si estos materiales son metálicos y representan prioridad en la subestación hacer el debido proceso de conexión al sistema de puesta a tierra. Realizar las respectivas demarcaciones de las rutas de evacuación. | 6, 10, 11, 17, 37, 38, 45,53 |

| No conformidad detectada.  | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe. | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones.  | Referencia Fotográfica.                                 |
|--|--|--------------------------------------|--|---|---|
| <p>Límites de aproximación <b>NO</b> se encuentran demarcados.</p> | <p>El espacio de trabajo de las celdas de distribución no se encuentra definido en el sitio de la instalación. Los gabinetes no presentan las señales de seguridad indicando que en éste lugar existe un riesgo eléctrico. Los límites de aproximación segura no se encuentran demarcados.</p> | <p><b>RETIE</b><br/>Art. 13.4</p>    | <p>"El límite de aproximación restringida debe ser señalizado ya sea con una franja visible hecha con pintura reflectiva u otra señal que brinde un cerramiento temporal y facilite al personal no autorizado identificar el máximo acercamiento permitido." [1]</p> | <p>Demarcar señalización que identifique el límite de aproximación (Demarcación en piso).</p> | <p>2,6,8,9,10,17,18,19,20,21,27, 37, 39, 45, 48, 53</p> |

| No conformidad detectada.                     | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe.                            | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones.   | Referencia Fotográfica.   |
|---|--|---|--|--|---|
| Señalización reglamentada <b>NO</b> adherida. | No existe señalización de advertencia contra riesgo eléctrico. | <p style="text-align: center;"><b>RETIE:</b><br/>Art 17.9.3</p> | <p>"Un tablero de baja tensión o celda de media tensión debe tener adherida de manera clara, permanente y visible, por lo menos la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensión(es) nominal(es) de operación.</li> <li>• Corriente nominal de operación.</li> <li>• Número de fases.</li> <li>• Número de hilos (incluyendo tierras y neutros).</li> <li>• Razón social o marca registrada del fabricante, comercializador o importador.</li> <li>• <b>El símbolo de riesgo eléctrico.</b></li> </ul> | <p>Se deben marcar con señales de advertencia visibles que prohíban la entrada a personal no calificado las celdas que expongan sistemas energizados. <b>Tener en cuenta que la señalización debe ser conforme a la encontrada en el artículo 11 sección 11.3-Tabla 12, Figura 4 de RETIE.</b></p> | <p style="text-align: center;">1, 4, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 48, 49</p> |

| No conformidad detectada.   | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe.                  | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones.  | Referencia Fotográfica.  |
|---|--|---|---|---|--|
| Cableado y barrajes <b>NO</b> conforme con lo expuesto en el código de colores. | Se emplean colores diferentes a los establecidos por nivel de tensión.   | <p><b>RETIE:</b><br/>Art 11.4<br/>Art 17.9.1.2-h)</p> | <p>Tabla 13 Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).<br/>Código de colores para conductores.<br/>h) La instalación del tablero debe tener en cuenta el código de colores establecido en el presente Reglamento e identificar</p> | Identificar de forma correcta los conductores en las celdas según lo establecido en el código de colores del RETIE.   | 14, 17, 20, 22, 23, 26, 29, 30, 31, 32, 35, 38, 40, 41, 43, 44, 49, 50, 51 |
| Enclavamiento de seccionamiento en las celdas o.                                | <b>NO</b> esta enclavada con el mecanismo de apertura y cierre del seccionador aumentando el riesgo de tensiones por contacto. | <p><b>RETIE:</b><br/>29.2 n)</p>                      | <p>n) "Para el caso de equipos fijos estos deben poseer los enclavamientos necesarios para evitar maniobras erróneas." [1]</p>  | Se recomienda que la puerta de acceso a la celda de seccionamiento este enclavada con el mecanismo de apertura y cierre del seccionador alojado en la celda, tal que la puerta no pueda ser abierta si el seccionador está cerrado y si la puerta | 35, 20,  |

| No conformidad detectada.   | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe.   | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones.  | Referencia Fotográfica.   |
|---|--|--|---|---|---|
| Elementos metálicos NO equipotencializados al sistema de puesta a tierra. | Se encontraron tableros y celdas y elementos metálicos no conectados equipotencialmente al sistema de puesta a tierra mediante un conductor sólido no presentan continuidad de la conexión por lo cual no se asegura la correcta equipotencialidad de la instalación eléctrica y de las estructuras metálicas. | <p style="text-align: center;"><b>RETIE</b><br/>Art. 17.9.2.e<br/>Art 29.2.q</p> | <p><b>e)</b> "Todas las partes externas del panel deben ser puestas sólidamente a tierra mediante conductores de protección y sus terminales se deben identificar con el símbolo de puesta a tierra"[1]</p> <p><b>q)</b> "Todas las partes metálicas puestas a tierra y que no pertenezcan a los circuitos principales o auxiliares, también deberán ser conectadas al conductor de tierra directamente o a través de la estructura metálica."[1]</p> | <p>Garantizar la equipotencialidad entre cada una de las partes metálicas que conforman la subestación eléctrica y el sistema de puesta a tierra a través de puentes y conexiones certificadas.</p> | 2, 3, 4, 6, 9, 10, 14, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 28, 34, 35, 36, 37, 42, 48 |

| No conformidad detectada.  | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe. | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones.  | Referencia Fotográfica. |
|--|--|--------------------------------------|--|---|-------------------------|
| <p>Puente entre barraje de neutro y tierra <b>NO</b> conforme.</p> | <p>Conductores de Tierra y Neutro compartiendo el mismo barraje.</p> | <p><b>RETIE</b><br/>Art 37.2-f</p>   | <p>“f. En toda instalación de neutro y el conductor de puesta a tierra de un circuito deben ir aislados entre sí, sólo deben unirse con un puente equipotencial en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte, dicho puente equipotencial principal debe ubicarse lo más cerca posible de la acometida o del transformador”.</p> | <p>Desconectar todas aquellas conexiones de neutro y tierra identificadas como no adecuadas. En este punto es importante tener en cuenta que dentro de la instalación eléctrica es posible que algunas cargas estén conectadas a la tierra y no al neutro bien sea en cárcamos o registros, esto significaría que al separarlos, algunas cargas puedan quedar desenergizadas.</p> | <p>17, 46, 47</p>       |

| No conformidad detectada.                          | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe.  | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones.   | Referencia Fotográfica. |
|--|--|---------------------------------------|---|--|-------------------------|
| <p>Niveles de iluminación <b>NO</b> adecuados.</p> | <p>Se encontraron zonas de la subestación con bajos niveles de iluminación y con portalámparas sin luminarias.</p> | <p><b>RETIE:</b><br/>Art.16.2 a-f</p> | <p>"a. Debe existir suministro ininterrumpido para iluminación en sitios y áreas donde la falta de ésta pueda originar riesgos para la vida de las personas, como en áreas críticas y en los medios de egreso para evacuación de la edificación.<br/>f. Se deben atender las recomendaciones de mantenimiento y sustitución oportuna de las fuentes luminicas cuando sus niveles de iluminación no garanticen los mínimos niveles requeridos."I11</p> | <p>Realizar mantenimiento periódico al sistema de iluminación instalado en la subestación #1 de la Corporación Universitaria de la Costa y sustituir de manera oportuna aquellas luminarias que presenten descensos en sus niveles de iluminación teniendo en cuenta los citados en la norma. Se recomienda realizar un rediseño del sistema de iluminación teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y RETIE.</p> | <p>8</p>                |

| No conformidad detectada.                                      | ¿Por qué?   | Sección de la NORMA que se infringe.                      | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones.  | Referencia Fotográfica. |
|--|---|---|---|---|-------------------------|
| Tubería expuesta a daño físico y mecánico, NO certificada.     | Tubería <b>NO</b> metálica expuesta a daño físico y mecánico.                                     | <b>RETIE:</b><br>Art 17.11.2-h                            | "No deben instalarse en canalizaciones en lugares expuestos a daños físicos o a la luz solar directa, si no están certificadas para ser utilizadas en tales condiciones y tipo de aplicación." <b>[1]</b> | Cuando la canalización o encerramiento estén expuestos a daños físicos, los conductores se deben instalar en un tubo conducir metálico rígido o un tubo conduit metálico intermedio (tipo MT).  | 4, 5, 7, 8, 14, 16, 52  |
| Bóvedas y puertas corta fuego NO existentes en la subestación. | Los transformadores aislados con aceite para uso en interiores, se deben instalar en una bóveda . | <b>RETIE:</b><br>17.16 a)-j)<br><b>RETIE:</b><br>Art.30,2 | a) La puerta debe resistir el fuego mínimo durante tres horas cuando la bóveda aloja transformadores refrigerados en aceite o transformadores secos de tensión mayor a 35 kV.[1]                          | Acondicionar la subestación e instalar bovedas y puertas corta fuego en las celdas de Transformación.<br><b>j)</b> Adicionalmente, la puerta cortafuego debe tener en lugar visible una placa permanente con el símbolo de riesgo eléctrico de acuerdo con las características establecidas en el Reglamento. | 22, 38                  |

| No conformidad detectada.   | ¿Por qué?   | Sección de la NORMA que se infringe. | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones.  | Referencia Fotográfica. |
|---|---|--------------------------------------|---|---|-------------------------|
| <p><b>NO</b> se encuentra foso de aceite para recogida de aceite del transformador.</p> | <p>Las áreas destinadas para ubicación de equipos eléctricos, como transformadores no son las adecuadas. Estas áreas deben cumplir con un tipo de instalación de manera adecuada según la norma aplicable. Los transformadores refrigerados en aceite que se encuentran en la subestación no presentan foso de aceite para recogida de aceite en caso de derrame.</p> | <p><b>RETIE:</b><br/>21-g</p>        | <p>"Para evitar los peligros que pudieran originar el incendio del aceite de un transformador de más de 100KVA o un interruptor de alto volumen de aceite, se debe construir un foso o sumidero en el que se colocarán varias capas de gravilla que servirán como filtro y para ahogar la combustión del aceite." [1]</p> | <p>Construir foso con capacidad de volumen igual a la capacidad del transformador separado del alojamiento de conductores eléctricos.</p> | <p>22, 38</p>           |

| No conformidad detectada.  | ¿Por qué?   | Sección de la NORMA que se infringe.  | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones.   | Referencia Fotográfica. |
|--|---|---|--|--|-------------------------|
| Empalmes <b>NO</b> adecuados. (Elementos de puesta a tierra, conductores). | Presenta conexiones defectuosas, además de métodos empalmes no adecuados y no certificados. | <p style="text-align: center;"><b>RETIE</b></p> <p style="text-align: center;">Art 15.3.3-c</p> | "Los conductores del sistema de puesta a tierra deben ser continuos, sin interruptores o medios de desconexión y cuando se empalmen, deben quedar mecánica y eléctricamente seguros mediante soldadura o | Conectar los elementos de puesta a tierra con soldadura exotérmica o realizar empalmes a través de métodos certificados. | 14,17, 26, 32, 47       |

| No conformidad detectada.                   | ¿Por qué?   | Sección de la NORMA que se infringe.                                  | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones.   | Referencia Fotográfica. |
|---|---|---|--|--|-------------------------|
| Conductores instalados en un solo terminal. | Unión de varios terminales mediante cable o alambre para simular barrajes en aplicaciones tanto de fuerza como de control. Conductores instalados en un mismo terminal. | <p style="text-align: center;"><b>RETIE:</b><br/>17.9.1.2-e, g, b</p> | <p>e)"Debe proveerse un barraje aislado para los conductores neutros del circuito alimentador y los circuitos"[1]<br/>g)"El tablero debe tener un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados."[1]<br/>b)"Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro o</p> | <p>a) Se recomienda instalar un barraje de tierra con terminales suficientes para los conductores que allí se deban alojar b) Todo conductor sea de neutro, tierra o fase debe encontrarse conectado en terminales independientes en sus barrajes respectivos.</p> | 17, 20, 25, 26, 32, 36  |



## NTC 2050

**Relación de NO conformidades – recomendaciones teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana**

| No conformidad detectada                                 | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones   | Referencia Fotográfica                                     |
|--|--|-------------------------------------|---|---|--|
| Espacios de trabajo y evacuación <b>NO</b> conformes.    | Se encuentran objetos ajenos a la instalación en los pasillos obstaculizando el espacio de trabajo y de evacuación.  | <b>NTC 2050:</b><br>110-16 b)       | b) Espacios libres. El espacio de trabajo requerido por este artículo no se debe utilizar para almacenamiento. Cuando se expongan las partes energizadas normalmente cerradas para su inspección o servicio, el espacio de trabajo en un pasillo o espacio general debe estar debidamente protegido.[2] | Retirar cada uno de los materiales y/o equipos que se encuentren en la zona de trabajo y evacuación de la subestación. Si estos materiales son metálicos y representan prioridad en la subestación hacer el debido proceso de conexión al sistema de puesta a tierra. Realizar las respectivas demarcaciones de evacuación. | 6, 10, 11, 37, 39, 45,53                                   |
| Límites de aproximación <b>NO</b> encuentran demarcados. | El espacio de trabajo de las celdas de distribución no se encuentra definido en el sitio de la instalación. Las celdas no presentan las señales de seguridad indicando que en éste lugar existe un riesgo eléctrico. Los límites de aproximación segura no se encuentran demarcados. | <b>NTC 2050:</b><br>110-16          | Alrededor de todos los equipos eléctricos debe existir y se debe mantener un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil y seguro de dichos equipos.[2]  | Demarcar señalización que identifique el límite de aproximación (Demarcación en piso).  | 2, 6, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 27, 37, 39, 45, 48, 53 |

| No conformidad detectada                                | ¿Por qué?                              | Sección de la NORMA que se infringe | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones  | Referencia Fotográfica  |
|---|--|-------------------------------------|---|--|---|
| Señalización reglamentada <b>NO</b> adherida.           | No existe de señalización advertencia. | <b>NTC 2050:</b><br>110-17.c)       | "Señales de advertencia. Las entradas a cuartos y otros lugares protegidos que contengan partes energizadas expuestas, se deben marcar con señales de advertencia visibles que prohíban la entrada a personal no calificado." [2]   | Se deben marcar con señales de advertencia visibles que prohíban la entrada a personal no calificado las celdas que expongan sistemas energizados. Tener en cuenta que la señalización debe ser conforme a la encontrada en el artículo 11 sección 11.3-Tabla 12, Figura 4 de RETIE. | 1, 4, 5, 9, 17, 18, 19, 20, 27, 33, 35, 37                                |
| Rotulado de equipos eléctricos <b>NO</b> identificados. | Equipos sin rotulado exigido.          | <b>NTC 2050:</b><br>110-21          | "En todos los equipos eléctricos se colocará el nombre del fabricante, la marca comercial u otra descripción mediante la que se pueda identificar a la empresa responsable del producto. Debe haber otros rótulos que indiquen la tensión, capacidad de corriente, potencia u otras clasificaciones, tal como se especifica en otras secciones de este código. Los rótulos deben ser suficientemente durables para que soporten las condiciones ambientales." [2] | Instalar el rotulado conforme a la norma en protecciones y equipos eléctricos.   | 4, 17, 18, 24, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 49, 50, 51 |

| No conformidad detectada  | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe               | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones   | Referencia Fotográfica  |
|---|--|---|---|---|---|
| <p>Cableado y barrajes <b>NO</b> conforme con lo expuesto en el código de colores.</p>  | <p>Se emplean colores diferentes a los establecidos por nivel de tensión.</p>  | <p><b>NTC 2050:</b><br/>210-4 d<br/>210-5 a,b</p> | <p>d) Identificación de los conductores no puestos a tierra. Cuando en una edificación haya más de un sistema de tensión nominal, cada conductor de la misma no puesto a tierra deberá estar identificado en cuanto a su fase e instalación. El medio de identificación se debe colocar permanentemente en cada panel de distribución de circuito ramal.[2]+H10</p>   | <p>Identificar de forma correcta los conductores en las celdas según lo establecido en el código de colores del RETE.</p>   | <p>14, 17, 20, 22, 23, 26, 29, 30, 31, 32, 35, 38, 40, 41, 43, 44, 49, 50, 51</p> |
| <p>Elementos metálicos <b>NO</b> equipotencializados al sistema de puesta a tierra.</p> | <p>Se encontraron tableros y celdas no conectadas equipotencialmente al sistema de puesta a tierra no presentan continuidad de la conexión por lo cual no se asegura la correcta equipotencialidad de la instalación eléctrica y de las estructuras metálicas.</p> | <p><b>NTC 2050:</b><br/>250-43.a)</p>             | <p>Equipos fijos o conectados por métodos de alambrado permanente. Casos Específicos. Independientemente de su tensión nominal, se deben poner a tierra las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de los equipos descritos en a) hasta j) a continuación, lo mismo que las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos y encerramientos descritos en k) y l):<br/>a) Marcos y estructuras de los cuadros de distribución. Los marcos y estructuras de los cuadros de distribución en los que haya instalados equipos de maniobra.[2]</p> | <p>Garantizar la equipotencialidad entre cada una de las partes metálicas que conforman la subestación eléctrica y el sistema de puesta a tierra a través de puentes y conexiones certificadas.</p> | <p>2, 3, 14, 17, 18, 20, 21, 24, 28, 32, 34, 35, 37, 42, 48, 53</p>               |

| No conformidad detectada                                      | ¿Por qué?   | Sección de la NORMA que se infringe | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones   | Referencia Fotográfica                 |
|---|---|-------------------------------------|--|---|--|
| Corrientes indeseables en los conductores de puesta a tierra. | Corriente circulante en el conductor de puesta a tierra.  | <b>NTC 2050:</b><br>250-21 a) b)    | "La puesta a tierra de instalaciones eléctricas, conductores de circuitos, pararrayos y materiales y equipos conductores no portadores de corriente, se debe instalar y disponer de modo que se evite el paso de corrientes indeseables por los conductores de puesta a tierra o por las trayectorias de la puesta a tierra." [2]  | Disponer de arreglos constructivos conformes a los expuestos en la NTC2050 Sección 21 para evitar el paso de la corriente indeseable por los conductores o trayectorias del sistema de puesta a tierra.   | 47                                     |
| Niveles de iluminación <b>NO</b> adecuados.                   | Se encontraron zonas de la subestación con bajos niveles de iluminación y con portalámparas sin luminarias. | <b>NTC 2050:</b> 110-16 d)          | "Debe haber iluminación suficiente en todos los espacios de trabajo alrededor de los equipos acometida, cuadros de distribución, paneles de distribución o de los centros de control de motores instalados en interiores. No serán necesarios otros elementos de iluminación cuando el espacio de trabajo esté iluminado por una fuente de luz adyacente, que cumpla con el mínimo requerido." [2] | Realizar mantenimiento periódico al sistema de iluminación instalado en la subestación #1 de la Corporación Universitaria de la Costa y sustituir de manera oportuna aquellas luminarias que presenten descensos en sus niveles de iluminación teniendo en cuenta los citados en la norma. Se recomienda realizar un rediseño del sistema de iluminación teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y RETIE. | 8, (Área de trabajo de la subestación) |

| No conformidad detectada                                   | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones   | Referencia Fotográfica                  |
|--|--|-------------------------------------|--|---|---|
| Tubería expuesta a daño físico y mecánico, NO certificada. | Tubería no metálica expuesta a daño físico y mecánico. | NTC 2050: 300-5 d)                  | "Cuando la canalización o encerramiento esté expuesto a daños físicos, los conductores se deben instalar en un tubo conduit metálico rígido, un tubo conduit metálico intermedio, un tubo conduit no metálico rígido Schedule 80 o equivalente"[2] | Cuando la canalización o encerramiento estén expuestos a daños físicos, los conductores se deben instalar en un tubo conduit metálico rígido o un tubo conduit metálico intermedio (tipo MT). | 4,5,7,8,14,16                           |
| Conductores expuestos a daño físico y mecánico.            | Conductores sin canalizaciones expuestos a daño        | NTC 2050: 300-4                     | Cuando estén expuestos a daños físicos, los conductores deben ir debidamente protegidos. [2]   | Proteger los conductores con canaleta o tubería certificada para el tipo uso que se les de. (Intemperie y/o empotrado).   | 3, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 37, 52 |

| No conformidad detectada  | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones  | Referencia Fotográfica |
|---|--|-------------------------------------|--|--|------------------------|
| <p>Bóvedas y puertas corta fuego NO existentes en la subestación.</p> | <p>Los transformadores aislados con aceite para uso en interiores, se deben instalar en una bóveda .</p> | <p><b>NTC 2050</b><br/>450-26</p>   | <p>Los transformadores aislados con aceite para uso en interiores, se deben instalar en una bóveda construida como se indica en la Parte C de esta Sección.[2]</p> | <p>Definir los arreglos pertinentes para dar solución a las no conformidades que se presentan en este ítem en particular realizando una planeación que aborde la instalación de la respectiva bóveda y puertas corta fuego. Tener en cuenta que la instalación y renovación debe ser hecha con materiales certificados y posteriormente se debe certificar ante un ente avalado, esto reglamentado por el artículo 2-2.1.3 de RETIE.</p> | <p>22, 38</p>          |

| No conformidad detectada  | ¿Por qué?   | Sección de la NORMA que se infringe | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones   | Referencia Fotográfica |
|---|---|-------------------------------------|---|---|------------------------|
| <p><b>NO</b> se encuentra foso de aceite para recogida de aceite del transformador.</p> | <p>Las áreas destinadas para ubicación de equipos eléctricos, como transformadores no son las adecuadas. Estas áreas deben cumplir con un tipo de instalación de manera adecuada según la norma aplicable. Los transformadores refrigerados en aceite que se encuentran en la subestación no presentan foso de aceite para recogida de aceite en caso de derrame.</p> | <p><b>NTC 2050:</b><br/>450-46</p>  | <p>Drenaje. Cuando sea posible, las bóvedas para transformadores que contengan transformadores de más de 100 kVA deben estar dotadas de un drenaje o de otro medio que permita eliminar cualquier acumulación de aceite o agua que se produzca en la bóveda, a no ser que por las condiciones locales resulte imposible. Cuando exista drenaje, el piso debe estar inclinado hasta el drenaje.[2]</p> | <p>Construir foso con capacidad de volumen igual a la capacidad del transformador separado del alojamiento de conductores eléctricos.</p> | <p>22, 38</p>          |

| No conformidad detectada  | ¿Por qué?   | Sección de la NORMA que se infringe   | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones   | Referencia Fotográfica        |
|---|---|---------------------------------------|--|---|-------------------------------|
| <p>Empalmes <b>NO</b> adecuados. (Elementos de puesta a tierra, conductores).</p> | <p>Presenta conexiones defectuosas, además de métodos de empalmes no adecuados y no certificados.</p> | <p><b>NTC 2050:</b><br/>110-14 b)</p> | <p>Los conductores se deben empalmar o unir con medios de empalme identificados para su uso o con soldadura de bronce, de arco o blanda, con un metal o aleación fusible. Antes de soldarse, los empalmes se deben unir de modo que queden mecánica y eléctricamente seguros y después si se deben soldar. Todos los empalmes y uniones y los extremos libres de los conductores se deben cubrir con un aislante equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante identificado para ese fin. Los conectores o medios de empalme de los cables en conductores que van directamente enterrados o en instalaciones subterráneas, deben estar certificados para</p> | <p>Conectar los elementos de puesta a tierra con soldadura exotérmica realizar empalmes a través de métodos certificados.</p> | <p>14, 17, 26, 32, 26, 46</p> |

| No conformidad detectada  | ¿Por qué?   | Sección de la NORMA que se infringe               | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones  | Referencia Fotográfica                   |
|---|---|---|--|--|--|
| Ausencia de barrera de protección en los elementos energizados. | <p><b>a)</b> Los equipos y partes energizadas de baja tensión no tienen la protección que impidan el acceso a las partes energizadas por contacto directo o indirecto.</p> <p><b>b)</b> Las áreas correspondientes a la subestación y tableros de distribución no se encuentran demarcadas. No existe una barrera física que impida el toque involuntario a los barrajes en los tableros.</p> | <p align="center"><b>NTC 2050:</b><br/>110.17</p> | <p>a) Partes energizadas protegidas contra contacto accidental. A menos que en este código se requiera o autorice otra cosa, las partes energizadas de los equipos eléctricos que funcionen a 50 V o más deben estar protegidas contra contactos accidentales por medio de gabinetes apropiados o por cualquiera de los medios siguientes:</p> <p>1) Ubicándolas en un cuarto, bóveda o recinto similar, accesible sólo a personal calificado.[2]</p> <p>2) Mediante muros adecuados, sólidos y permanentes o pantallas dispuestas de modo que al espacio cercano a las partes energizadas sólo tenga acceso personal calificado.[2]</p> | <p>Instalar barrera u obstáculo que impida el contacto directo involuntario con las partes de la celda que se encuentren energizadas.<br/><b>Se recomienda usar acrílicos transparentes de 5mm de espesor.</b></p> | <p align="center">20, 33, 41, 49, 51</p> |

| No conformidad detectada  | ¿Por qué?  | Sección de la NORMA que se infringe | ¿Qué dice la NORMA?  | Recomendaciones   | Referencia Fotográfica |
|---|--|-------------------------------------|--|---|------------------------|
| Montaje y ventilación de los equipos <b>NO</b> adecuados.                 | Tomacorrientes en mal estado de montaje y conexión.    | <b>NTC 2050:</b> 110-13-a)          | Los equipos eléctricos se deben fijar firmemente a la superficie sobre la que van montados. No se deben utilizar tacos de madera en agujeros en mampostería, hormigón, yeso o materiales similares.[2]   | Instalar conforme a la norma cada uno de los equipos eléctricos para garantizar su durabilidad y seguridad.   | 14                     |
| Equipos eléctricos instalados en entornos húmedos. Agentes deteriorantes. | Tablero de distribución instalados en lugares húmedos. | <b>NTC 2050:</b> 110-11             | "A menos que estén identificados para usarlos en el ambiente en que van a operar, no se deben instalar conductores o equipos en lugares húmedos o mojados, ni exponerlos a gases, humos, vapores, líquidos, u otros agentes que puedan tener un efecto deteriorantes sobre los conductores o equipos, ni exponerlos a temperaturas excesivas." [2] | Reubicar aquellos equipos que se encuentran expuestos a los agentes que puedan generar un efecto de deterioro en ellos ó eliminar de alrededor de los equipos los agentes de deterioro ó instalar equipos y conductores que estén diseñados para soportar estos agentes de deterioro. | 4                      |

| No conformidad detectada  | ¿Por qué?   | Sección de la NORMA que se infringe   | ¿Qué dice la NORMA?   | Recomendaciones   | Referencia Fotográfica        |
|---|---|---------------------------------------|---|---|-------------------------------|
| <p>Aberturas <b>NO</b> utilizadas sin la debida protección.</p> | <p>En las instalaciones una vez terminadas, todas las cajas deben tener una tapa, una placa de cierre o una cubierta.</p> | <p><b>NTC 2050:</b><br/>110-12 a)</p> | <p>"Las aberturas no utilizadas de las cajas, canalizaciones, canaletas auxiliares, armarios, carcasas o cajas de los equipos, se deben cerrar eficazmente para que ofrezcan una protección sustancialmente equivalente a la pared del equipo." [2]</p> | <p>Instalar las respectivas tapas protectoras a los equipos y carcasas que se encuentren descubiertas. Tener en cuenta que es necesario usar materiales certificados.</p> | <p>12, 13, 14, 16, 17, 37</p> |

De otra forma también se recomienda:

- Reacondicionar la subestación de tal manera que exista un registro de fácil acceso al sistema de puesta a tierra.
- Garantizar las conexiones equipotenciales de las partes metálicas utilizando como mínimo un conductor calibre #6 AWG para baja tensión y #2/0 AWG para media tensión. Para el caso de los equipos derivados del panel de distribución se debe tener en cuenta la tabla 250-95 de la NTC 2050.

Para el conexionado de estructuras y equipos se recomienda preferiblemente la utilización de conductores flexibles, para evitar que éstos se fracturen cuando se realicen curvaturas.

- Inicialmente se recomienda como labor de mantenimiento instalar y sustituir las luminarias T12 quemadas para mejorar los niveles de iluminación, pero la solución eficiente a este problema consta en un rediseño total, que tenga en cuenta las nuevas luminarias tipos T8 o T5 de bajo consumo y alta eficiencia; con este tipo de luminarias se disminuye la demanda de energía y se alcanzan los niveles de iluminación deseados dentro de la subestación y además como efecto colateral se disminuye la emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente.
- Instalar iluminación de emergencia con baterías y cargador, para una autonomía mínima de 90 minutos.
- Se recomienda adicionalmente realizar una labor periódica de revisión de las conexiones eléctricas, para verificar que la tornillería y/o terminales de compresión no se encuentren oxidados, asimismo verificar que estas conexiones siempre estén bien ajustadas y que los conductores de puesta a tierra no se encuentren trozados y que tengan todos sus hilos completos.
- Se recomienda reacondicionar de manera general la subestación teniendo en cuenta todos los aspectos reglamentarios del RETIE y la NTC 2050.

## 11. CONCLUSIONES

Al culminar cada una de las actividades del diagnóstico realizado en la subestación tipo interior de la corporación universitaria de la costa se concluye que:

- De acuerdo a la inspección realizada, la subestación se califica como **NO CONFORME**, ya que los puntos evaluados no cumplen con lo establecido en el RETIE y la NTC 2050.
- Se determinó que la resistividad del terreno de la subestación de la corporación universitaria de la costa es de **152,40 ( $\Omega/m$ )**.
- La resistencia de puesta a tierra de la subestación **cumple** con lo establecido en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) ya que el valor máximo permitido para subestaciones de media tensión es de **10  $\Omega$**  y la medida obtenida fue de **0.79  $\Omega$** .
- Los valores de las tensiones de paso y contacto **CUMPLEN** con el criterio de evaluación, ya que los niveles máximos calculados para  $t_p$  y  $t_c$  son de **224.86 V** y **179.25 V**, y las tensiones máximas fueron de **0.59 V** y **21.13 V**.

Es preciso afirmar que el dato más alto contemplado en la medición lo obtuvo un elemento metálico no perteneciente a la subestación y que no presentaba equipotencialidad ante el sistema de puesta a tierra. Por lo tanto se recomienda que todo elemento ajeno a la subestación sea almacenado en un recinto acorde y acondicionado para esta labor.

- No existe conexión equipotencial en los objetos metálicos presentes en la subestación, por lo tanto **NO CUMPLEN** con el criterio de evaluación expuesto en el RETIE.
- No se encuentran equipotencialmente conectadas a conformidad los elementos de la subestación, por lo tanto **NO CUMPLEN** con el criterio de evaluación expuesto en el RETIE.

- El calibre mínimo requerido del conductor para realizar una conexión equipotencial según RETIE y NTC 2050 debe tener una sección transversal de **14,85 mm<sup>2</sup>** y según las medidas el máximo obtenido fue de **12,40 mm<sup>2</sup>**, por lo tanto **NO CUMPLEN** con el criterio de evaluación expuesto en las normas.
- El nivel de iluminación actual **NO CUMPLE** con el criterio de aceptación para subestaciones tipo interior de media tensión, ya que el valor de iluminancia promedio es de **113.2 luxes** a nivel del suelo y el mínimo debería ser de **300 luxes**.

## GLOSARIO

Para efectos del presente proyecto se tendrán en cuenta las definiciones generales tomadas del Artículo N°3 del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

**ACCESIBLE:** Que está al alcance de una persona, sin valerse de medio alguno y sin barreras físicas de por medio.

**ACCIDENTE:** Evento no deseado, incluidos los descuidos y las fallas de equipos, que da por resultado la muerte, una lesión personal, un daño a la propiedad o deterioro ambiental.

**CARGA:** La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

**CERTIFICACIÓN:** Procedimiento mediante el cual un organismo expide por escrito o por un sello de conformidad, que un producto, un proceso o servicio cumple un reglamento técnico o una(s) norma(s) de fabricación.

**CONDICIÓN INSEGURA:** Circunstancia potencialmente riesgosa que está presente en el ambiente de trabajo.

**CONDUCTOR A TIERRA:** También llamado conductor del electrodo de puesta a tierra, es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

**CONFIABILIDAD:** Capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dados. Equivale a fiabilidad.

**CONFORMIDAD:** Cumplimiento de un producto, proceso o servicio frente a uno o varios requisitos o prescripciones.

**CONTACTO DIRECTO:** Es el contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.

**CONTACTO INDIRECTO:** Es el contacto de personas o animales con elementos o partes conductivas que normalmente no se encuentran energizadas. Pero en condiciones de falla de los aislamientos se puedan energizar.

**DISPONIBILIDAD:** Certeza de que un equipo o sistema sea operable en un tiempo dado. Cualidad para operar normalmente.

**DISTANCIA DE SEGURIDAD:** Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

**ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA:** Es el conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo.

**ILUMINANCIA:** Es la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad, el lux, equivale al flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado.

**INSPECCIÓN:** Conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad.

**LUMINARIA:** Componente mecánico y óptico de un sistema de alumbrado que proyecta, filtra y distribuye los rayos luminosos, además de alojar y proteger los elementos requeridos para la iluminación.

**MANIOBRA:** Conjunto de procedimientos tendientes a operar una red eléctrica en forma segura.

**OPERADOR DE RED:** Empresa de Servicios Públicos encargada de la planeación, de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional o un Sistema de Distribución Local.

**ORGANISMO DE CERTIFICACIÓN:** Entidad Imparcial, pública o privada, nacional, extranjera o internacional, que posee la competencia y la confiabilidad necesarias para administrar un sistema de certificación, consultando los intereses generales.

**PELIGRO:** Condición no controlada que tiene el potencial de causar lesiones a personas, daños a instalaciones o afectaciones al medio ambiente.

**PUESTA A TIERRA:** 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. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

**PUNTO CALIENTE:** Punto de conexión que esté trabajando a una temperatura por encima de la normal, generando pérdidas de energía y a veces, riesgo de incendio.

**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.

**SECCIONADOR:** Dispositivo destinado a hacer un corte visible en un circuito eléctrico y está diseñado para que se manipule después de que el circuito se ha abierto por otros medios.

**SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT):** Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

**SUBESTACIÓN:** Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

**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).

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] RETIE. Reglamento Técnico Para Instalaciones Eléctricas.
- [2] NTC 2050. Código Eléctrico Colombiano (Primera actualización).
- [3] RETILAB. Reglamento Técnico De Iluminación Y Alumbrado Público.
- [4] NFPA 70E. National Fire Protection Association. Standard for Electrical Safety in the Workplace.
- [5] NEC Handbook, 2005. National Electrical Code.
- [6] ANSI American National Standard Graphic Symbols for Electrical Wiring and Layout Diagrams Used in Architecture and Building Construction. ANSI Y32.9-1972.
- [7] IEEE Guide for Safety In Ac Substation Grounding. IEEE Std 80-2000.
- [8] IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System. IEEE Std 81-1983.
- [9] IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems. IEEE Std 81.2-1991.
- [10] IESNA Lighting Handbook, Reference & Application. Ninth Edition.
- [11] EUROTTEST 61557 (kmi-2086). Manual Instrumento Multi-Función Comprobador De Instalaciones Eléctricas.
- [12] Moreno, Germán; Valencia, Jaime; Cárdenas, Carlos; Villa, Walter. Fundamentos e ingeniería de las puestas a tierra: Respuestas ante fallas. Universidad de Antioquia, 2007.
- [13] Empresa De Energía Del Quindío S.A. E.S.P. Manual de norma técnica EDEQ para subestaciones de media tensión. 2009.
- [14] Martín, Jose Raúl. Diseño de subestaciones eléctricas. Mc Graw Hill, México, 1992.

[15] Proyecto de NTC 389/03, Norma Técnica Colombiana De Sistemas De Puestas A Tierra. Documento En Estudio.

[16] Applus Norcontrol. Guía de Inspección Centros de Transformación. GO-RET-004.03.

[17] Applus Norcontrol. Instructivo de levantamiento de instalaciones eléctricas. IT-IEE-001.05.

[18] Applus Norcontrol. Instructivo de diagnóstico de instalaciones eléctricas. IT-IEE-002.04

[19] Applus Norcontrol. Instructivo de diagnóstico de sistemas de puesta a tierra y apantallamiento. IT-IEE-003.05

[20] Applus Norcontrol. Guía de Inspección Centros de Transformación. GO-RET-004.03.

[21] Applus Norcontrol. Guía de Inspección Iluminación. GO-RETILAP-001.02

[22] Henao, Carolina; Guillermo, Deibys. Aplicación De La Norma Técnica Colombiana NTC 4552 (Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas). Corporación Universitaria De La Costa Cuc. Tesis De Grado. 2009.

[23] CODENSA. Normas De Construcción Centros De Transformación Redes Subterráneas Generalidades. 2010.

[24] Lerma, Héctor. Metodología De La Investigación: Propuesta, Anteproyecto Y Proyecto. ECOE EDICIONES, 2003.

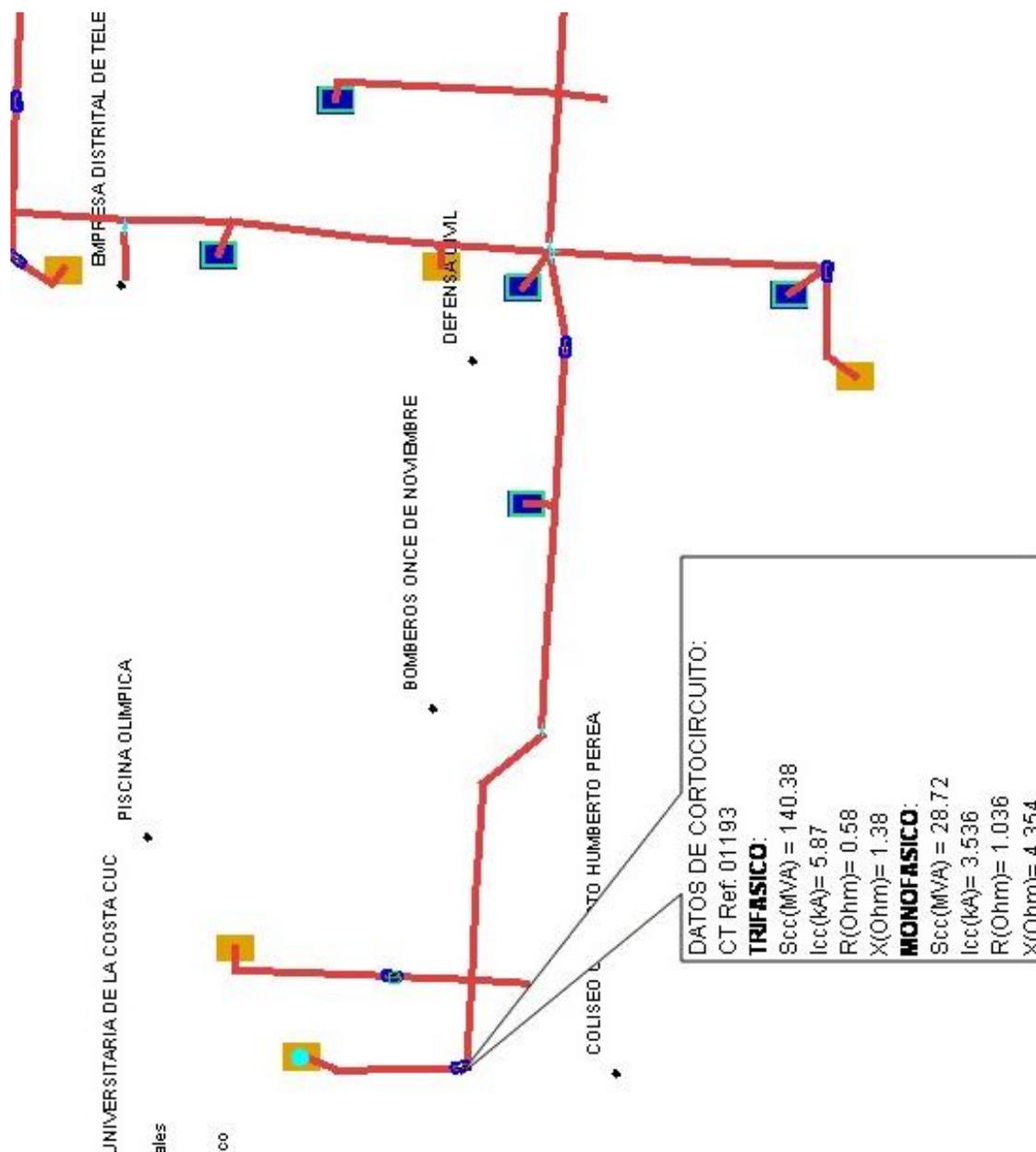
[25] Hernández, Miguel. Instalaciones Eléctricas e Iluminación. (En línea). [http://ipnesiatecamachalco.foroactivo.com/search?search\\_author=miguel+angel&show\\_results=posts](http://ipnesiatecamachalco.foroactivo.com/search?search_author=miguel+angel&show_results=posts), 2009.

[26] Fotografía satelital de la Corporación Universitaria de la Costa, Google maps. Consultado el 15 de febrero del 2011, de [http://maps.google.es/maps?f=q&source=s\\_q&hl=es&geocode=&q=CUC+BARRA+NQUILLA&aq=&vps=2&jsv=325c&sll=40.396764,3.713379&sspn=10.705296,16.940918&ie=UTF8&oi=localspell&cd=1&mpnum=1000&num=10&abstate=A:actbar-saveto](http://maps.google.es/maps?f=q&source=s_q&hl=es&geocode=&q=CUC+BARRA+NQUILLA&aq=&vps=2&jsv=325c&sll=40.396764,3.713379&sspn=10.705296,16.940918&ie=UTF8&oi=localspell&cd=1&mpnum=1000&num=10&abstate=A:actbar-saveto)

# ANEXOS

## ANEXO #1

Corriente de cortó circuito suministrada por ELECTRICARIBE S.A. E.S.P:



## ANEXO #2

### Formato de levantamiento:

**FORMATO DE LEVANTAMIENTO**

FECHA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

FIN \_\_\_\_\_

HORA: INICIO \_\_\_\_\_

LUGAR: \_\_\_\_\_

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_

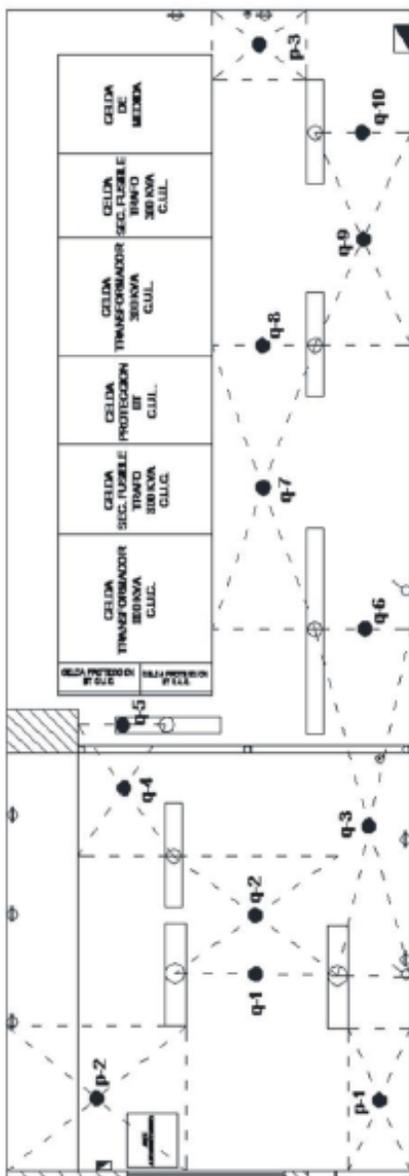
### ANEXO #3

#### Formato de medición de iluminancia:

#### FORMATO DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA

LUGAR: \_\_\_\_\_ HORA: INICIO \_\_\_\_\_ FIN \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ ELABORADO POR: \_\_\_\_\_



| #  | p(Lux)    | q (Lux) |
|----|-----------|---------|
| 1  |           |         |
| 2  |           |         |
| 3  |           |         |
| 4  | No aplica |         |
| 5  | No aplica |         |
| 6  | No aplica |         |
| 7  | No aplica |         |
| 8  | No aplica |         |
| 9  | No aplica |         |
| 10 | No aplica |         |



N = Número de luminarias.

Altura del sitio: \_\_\_\_\_

Plano de trabajo: \_\_\_\_\_

### ANEXO #4

Cronograma:

| ACTIVIDADES  | MES     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|--|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
|  | FEBRERO |       |       |       | MARZO |       |       |       | ABRIL |       |       |       |  |  |  |  |
|  | SEM 1   | SEM 2 | SEM 3 | SEM 4 | SEM 1 | SEM 2 | SEM 3 | SEM 4 | SEM 1 | SEM 2 | SEM 3 | SEM 4 |  |  |  |  |
| DESARROLLO Y PRESENTACION DE LA PROPUESTA                      |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DELIMITACION DEL PROYECTO                                      |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DESARROLLO DE LA INTRODUCCION                                  |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DESARROLLO DE LA JUSTIFICACION                                 |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS                                    |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DESARROLLO DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                      |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DESARROLLO DEL ESTADO DEL ARTE                                 |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DESARROLLO DEL ESTADO DEL MARCO TEORICO                        |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLOGICO                             |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| LEVANTAMIENTO ARQUITECTONICO DE LA SUBESTACION                 |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| INSPECCION VISUAL DE LA SUBESTACION                            |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| INSPECCION VISUAL DEL PUNTO DE CONEXIÓN CON EL OPERADOR DE RED |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| ANALISIS DE LA SITUACION Y DESARROLLO DE INFORME               |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| 1° REVISION DEL PROYECTO                                       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| CORRECCIONES   |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| EVALUACION DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA                      |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| EVALUACION DEL SISTEMA DE ILUMIACION                           |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| ANALISIS DE DATOS Y DESARROLLO DE INFORME                      |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DESARROLLO DE LAS RECOMENDACIONES                              |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| DESARROLLO DE LAS CONCLUSIONES                                 |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| 2° REVISION DEL PROYECTO                                       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| CORRECCIONES   |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| PRESENTACION Y ENTREGA DEL PROYECTO                            |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |

## ANEXO #5

Carta de entrega y autorización de los autores para la consulta, la reproducción parcial o total, y publicación electrónica del texto completo:

|   |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
|  | <b>NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION</b> | <b>VERSION: 01</b>               |
|   |   | <b>FECHA: Febrero 2011</b>       |
|   |   | <b>CODIGO: DOC-VACRE-NETGUDI</b> |

### ANEXO 1 CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Barranquilla, Fecha \_\_\_\_\_

Marque con una X

Tesis  Trabajo de Grado

Yo Harrison David Piedrahita Perez, identificado con C.C. No. 1140821747, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado Diagnostico en la Subestacion electronica tipo interior de la cuc. Aplicando la NTC 2050 y Retos presentado y aprobado en el año 2011 como requisito para optar al título de Ingeniero Electrico

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Corporación Universitaria de la Costa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 13 días del mes de abril de Dos Mil once 20011.

EL AUTOR - ESTUDIANTE. \_\_\_\_\_

FIRMA

14 ABR. 2011

**DILIGENCIA DE RECONOCIMIENTO**

ANTE EL NOTARIO SÉPTIMO DE BARRANQUILLA SE PRESENTÓ

*Harrison David Peisner*

IDENTIFICADO CON C.C. 140821747

DECLARÓ QUE EL CONTENIDO DEL DOCUMENTO ANTERIOR ES VERDADERO Y SUYA LA FIRMA QUE LO REFRENDA

A RUEGO E INSTANCIA DEL INTERESADO SE REALIZA LA PRESENTE DILIGENCIA NOTARIAL SÉPTIMA DE BARRANQUILLA

EL SUSCRITO NOTARIO CERTIFICA QUE EN SU PRESENCIA RE-DIGRAMANTE IMPRIMÍO EN ESTE DOCUMENTO LA FLECHA DE CADA UNO DEL DEPOSITANTE DE SU MANO DERECHA

*Harrison David Peisner*



## ANEXO #6

Carta de entrega y autorización de los autores para la consulta, la reproducción parcial o total, y publicación electrónica del texto completo:

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | <b>NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION</b> | <b>VERSION: 01</b>              |
|   |   | <b>FECHA: Febrero 2011</b>      |
|   |   | <b>CODIGO:DOC-VACRE-NETGUDI</b> |

### ANEXO 1 CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Barranquilla, Fecha \_\_\_\_\_ Marque con una X  
 Tesis  Trabajo de Grado

Yo Granado, Rafael Silva Jimenez, identificado con C.C. (No. 1140855283), actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado Diagnostico e la Subestacion electrica tipo interior de la Corporacion Universitaria presentado y aprobado en el año 2011 como requisito para optar al título de Ingeniero Electrico;

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Corporación Universitaria de la Costa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

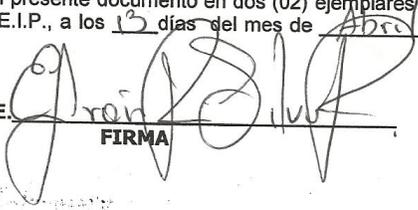
Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 13 días del mes de Abril de Dos Mil Once 2011.

EL AUTOR - ESTUDIANTE

FIRMA



14 ABR. 2011

**DILIGENCIA DE RECONOCIMIENTO**  
ANTE EL NOTARIO SÉPTIMO DE BARRANQUILLA SE PRESENTÓ  
Efraim Rafael Silva  
IDENTIFICADO CON C.C. 1.140.850.283  
DECLARÓ QUE EL CONTENIDO DEL DOCUMENTO ANTERIOR ES  
VERDADERO Y SUYLA FIRMA QUE LO REFERENDA

A RUEGO E INSTANCIA DEL INTERESADO SE REALIZA LA PRESENTE DILIGENCIA NOTARIAL SÉPTIMA DE BARRANQUILLA

EL SUSCRITO NOTARIO CERTIFICA QUE EN SU PRESENCIA EL OTORGANTE IMPRIMIO EN ESTE DOCUMENTO LA FIRMA DACTILAR DEL DEDO INDICE DE SU MANO DERECHA

*Efraim Rafael Silva*



## ANEXO #7

Acta de Facultad de ingeniería para recepción de tesis:

|   |                                    |                   |                |               |
|---|------------------------------------|-------------------|----------------|---------------|
|  | <b>FORMATO</b>                     |                   |                |               |
|   | <b>ACTAS FAULTAD DE INGENIERIA</b> |                   |                |               |
|   | <b>CODIGO</b>                      | <b>APROBACION</b> | <b>VERSION</b> | <b>PAGINA</b> |
|   |                                    | En proceso        | 1              | 1/1           |

Barranquilla 13 de Abril de 2011

**Señores:** Corporación Universitaria de la Costa (CUC)

**Atención:** Departamento Biblioteca

**Asunto:** Recepción tesis de grado tesis de grado

El día 13 de Abril de 2011. Los estudiantes Efraín Silva (C.C. 1140850283) y Harrison Piedrahita (C.C. 1140821747), entregaron su documento de proyecto de grado junto con los anexos respectivos al programa de ingeniería eléctrica.

El jurado calificó el proyecto presentado como un proyecto destacable para el beneficio de la institución educativa (CUC) en función de los cumplimientos establecidos por la normatividad vigente.

**Título del proyecto:** Diagnostico a la subestación eléctrica tipo interno de la Corporación Universitaria d la Costa (CUC) aplicando la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIIE).

**Decisión del jurado:** Aprobado.

**Calificación:** 4,8.

**Director:** Ing. Jorge Iván Silva Ortega

Esta calificación incluye el desempeño durante todo el proyecto y la sustentación final asignada por los jurados al igual que por su director de Proyecto de grado lo que incluye:

**Propuesta**                    5,0 (10%).  
**Primer Avance:**        5,0 (20%).  
**Segundo Avance:**    5,0 (20%).  
**Informe Final:**        5,0 (20%)  
**Sustentación final:**   4,5 (30%)

Atentamente,

  
**Ing. Jorge Iván Silva Ortega**  
**Dpto. Ingeniería Eléctrica**  
**Gestor de proyectos de grado**  
**Docente Tiempo Completo**