

**ESTUDIO SOBRE EL CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO TÉCNICO  
DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS – RETIE DE LAS SUBESTACIONES  
ELÉCTRICAS Y TABLEROS PRINCIPALES EN BAJA TENSIÓN  
DE LA SEDE CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL  
DE SANTANDER (FASE I)**

**JAVIER ENRIQUE CUELLO ORTIZ  
ROLANDO LÁZARO ASCANIO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2009**

**ESTUDIO SOBRE EL CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO TÉCNICO  
DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS - RETIE DE LAS SUBESTACIONES  
ELÉCTRICAS Y TABLEROS PRINCIPALES EN BAJA TENSIÓN  
DE LA SEDE CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL  
DE SANTANDER (FASE I)**

**JAVIER ENRIQUE CUELLO ORTIZ  
ROLANDO LÁZARO ASCANIO**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Electricista**

**Director**

**MPE (c) Ing. CIRO JURADO JEREZ**

**Codirector**

**MIE Ing. JOSÉ ALEJANDRO AMAYA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2009**

*A Dios Todopoderoso, por ser la luz que guía e ilumina el sendero de mi vida.*

*A mi esposa Paola González por brindarme su amor y su comprensión, confianza y la fortaleza para lograr todas mis metas.*

*A mi hija Andrea Camila por su inocencia y ternura que alegra mi vida.*

*A mis padres Elías y Leonella por darme la vida y su apoyo en los momentos más difíciles.*

*A mis hermanos Demis y Elianis por su apoyo y paciencia.*

*A mis amigos por su amistad incondicional.*

*Javier Enrique*

*Doy gracias a Dios Nuestro Creador, quien me dio fuerza y sabiduría.*

*Dedico este proyecto:*

*A mi Señor Padre José Lázaro Quintero quien con su invaluable colaboración y sacrificio siempre estuvo a disposición y aunque hoy no se encuentra materialmente con nosotros, espiritualmente estará presente en cada uno de mis logros.*

*A mi querida madre Maritza Ascanio de Lázaro quien ha sido mi guía y mi motivación.*

*A mis hermanos por brindarme su apoyo y colmarme de fortaleza.*

*A mis sobrinos.*

*A María Catalina por ser la luz de mis ojos.*

*Y a todos los que hicieron realidad este proyecto.*

*Rolando Lázaro Ascanio*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Nuestras familias por su incondicional compañía, apoyo y comprensión en el desarrollo de nuestra carrera.

A Docentes, Director y Codirector de Proyecto, por su paciencia, guía y aporte a nuestro saber y formación como profesionales.

## CONTENIDO

|   | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN  | 22   |
| 1. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO  | 24   |
| 1.1 OBJETIVOS   | 24   |
| 1.1.1 Objetivo General  | 24   |
| 1.1.2 Objetivos Específicos   | 24   |
| 1.2 RESUMEN DEL PROYECTO  | 25   |
| 1.2.1 Impacto   | 25   |
| 1.2.1.1 Impacto Social  | 25   |
| 1.2.1.2 Impacto ambiental   | 25   |
| 1.2.1.3 Usuarios Directos e Indirectos Potenciales                                    | 26   |
| 1.2.2 Planteamiento del problema  | 26   |
| 1.2.3 Justificación   | 27   |
| 1.2.4 Alcances del proyecto   | 28   |
| 1.3 MARCO TEÓRICO Y ANÁLISIS DE LA LITERATURA   | 29   |
| 1.3.1 Definiciones  | 29   |
| 1.3.2 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE-versión agosto 6 de 2008) | 34   |
| 1.3.2 Sistemas de puesta a tierra   | 35   |
| 1.3.3.1 Requisitos Generales de las puestas a tierra                                  | 35   |
| 1.3.3.2 Tierra de protección  | 37   |
| 1.3.4 Medición de la resistencia de puesta a tierra                                   | 37   |
| 1.3.4.1 Método de la caída de potencial   | 37   |
| 1.3.4.2 Valores de resistencia de puesta a tierra                                     | 39   |
| 1.3.5 Distancia de seguridad  | 40   |
| 1.3.6 Subestaciones eléctricas  | 42   |
| 1.3.7 Descripción de los equipos utilizados   | 43   |
| 1.3.7.1 Rastreador de Circuitos   | 44   |

|  |    |
|--|----|
| 1.3.7.2 Analizador de redes  | 46 |
| 1.3.7.3 Luxómetro  | 47 |
| 1.3.7.4 Telurómetro  | 48 |
| 1.3.7.5 Multímetro Digital   | 49 |
| 1.3.7.6 Detector de tensión  | 50 |
| 2. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS SEGÚN EL RETIE                                     | 51 |
| 2.1 REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE   | 51 |
| 2.1.1 Importancia del RETIE  | 52 |
| 2.1.2 Objetivos del RETIE  | 55 |
| 2.2 ASPECTOS GENERALES PARA LA INSPECCIÓN ELÉCTRICA  | 56 |
| 2.2.1 Conceptos básicos  | 57 |
| 2.2.2 Características generales del inspector  | 60 |
| 3. CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS TIPO CAPSULADAS EN MEDIA / BAJA TENSIÓN | 61 |
| 3.1 CARACTERÍSTICAS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN  | 61 |
| 3.1.1 Iluminación  | 62 |
| 3.1.2 Puesta a tierra  | 63 |
| 3.1.3 Acceso y espacios de trabajo   | 64 |
| 3.1.4 Piso   | 65 |
| 3.1.5 Cárcamos y foso  | 66 |
| 3.1.6 Paredes y techo  | 66 |
| 3.1.7 Puertas en general   | 67 |
| 3.1.8 Nivel de ruido   | 68 |
| 3.1.9 Ventilación  | 68 |
| 3.2 BÓVEDAS PARA TRANSFORMADORES   | 69 |
| 3.2.1 Paredes, techos y pisos  | 70 |
| 3.2.2 Puertas para bóvedas   | 70 |
| 3.2.3 Ventilación para bóveda y compuertas de fuego  | 71 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2.4 Pasamuros  | 73  |
| 3.3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS<br>CELDAS CON SECCIONADORES EN AIRE | 74  |
| 3.3.1 Diseño mecánico  | 74  |
| 3.3.2 Estructura de la celda   | 74  |
| 3.3.3 Soportes de los equipos  | 74  |
| 3.3.4 Tortillería  | 75  |
| 3.3.5 Lámina   | 75  |
| 3.3.6 Grado de protección  | 75  |
| 3.3.7 Puerta   | 75  |
| 3.3.8 Ventana de inspección  | 78  |
| 3.3.9 Enclavamiento mecánico   | 78  |
| 3.3.10 Tapas de onda explosiva   | 79  |
| 3.3.11 Esquema de pintura  | 79  |
| 3.3.12 Puesta a tierra de celdas   | 81  |
| 3.4 SECCIONADOR TRIPOLAR EN AIRE 17,5 kV DE OPERACIÓN BAJO<br>CARGA                      | 82  |
| 3.4.1 Características técnicas   | 82  |
| 3.5 SECCIONADOR TRIPOLAR EN AIRE 17,5 kV DE OPERACIÓN BAJO<br>CARGA CON FUSIBLE          | 84  |
| 3.5.1 Características técnicas   | 84  |
| 3.6 SECCIONADOR DÚPLEX TRIPOLAR EN AIRE 17,5 kV 630 A. DE<br>OPERACIÓN BAJO CARGA        | 86  |
| 3.6.1 Características técnicas   | 86  |
| 3.7 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN GENERAL   | 88  |
| 4. INSPECCIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS  | 91  |
| 4.1 FORMATO DE REGISTRO  | 91  |
| 4.2 PRUEBAS DIAGNÓSTICAS   | 100 |
| 4.2.1 Análisis de carga  | 103 |
| 4.2.2 Medida de parámetros eléctricos  | 103 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.2.3 Medida de aislamiento   | 103 |
| 4.2.3.1 Medición de la resistencia de aislamiento                                   | 104 |
| 4.2.3.2 Tipos de pruebas de resistencia de aislamiento                              | 104 |
| 4.2.3.3 Valores mínimos de resistencia de aislamiento                               | 108 |
| 4.2.4 Medida de resistencia de puesta a tierra                                      | 110 |
| 4.2.4.1 Medición de la resistencia de tierra por el método de la caída de Potencial | 110 |
| 4.2.5 Medida de distancias de seguridad   | 113 |
| 4.2.6 Monitoreo de temperaturas críticas  | 113 |
| 4.3 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD  | 119 |
| 5. EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD RETIE DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS FASE I           | 130 |
| 5.1 SUBESTACIÓN EDIFICIO INGENIERÍA CIVIL   | 130 |
| 5.1.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda                                      | 132 |
| 5.1.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico                | 133 |
| 5.1.3 Evaluación del sistema de puesta a tierra                                     | 134 |
| 5.1.4 Evaluación de nivel de aislamiento  | 135 |
| 5.1.5 Evaluación termográfica subestación   | 136 |
| 5.2 SUBESTACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS   | 139 |
| 5.2.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda                                      | 140 |
| 5.2.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico                | 141 |
| 5.2.3 Evaluación termográfica subestación y tablero general                         | 142 |
| 5.2.4 Evaluación del sistema de puesta a tierra                                     | 146 |
| 5.2.5 Evaluación de nivel de aislamiento  | 147 |
| 5.3 SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA                                      | 147 |
| 5.3.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda                                      | 149 |
| 5.3.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico                | 150 |
| 5.3.3 Evaluación termográfica subestación y tablero general                         | 151 |
| 5.3.4 Evaluación del sistema de puesta a tierra                                     | 155 |
| 5.3.5 Evaluación de nivel de aislamiento  | 155 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.4 SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA MECÁNICA                                   | 156 |
| 5.4.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda                                    | 158 |
| 5.4.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico              | 159 |
| 5.4.3 Evaluación termográfica subestación y tablero general                       | 160 |
| 5.4.4 Evaluación del sistema de puesta a tierra                                   | 163 |
| 5.4.5 Evaluación de nivel de aislamiento  | 163 |
| 5.5 SUBESTACIÓN EDIFICIO ADMINISTRACION I   | 164 |
| 5.5.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda                                    | 166 |
| 5.5.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico              | 168 |
| 5.5.3 Evaluación termográfica Transformador 1 y transformador 2 y tablero general | 169 |
| 5.5.4 Evaluación del sistema de puesta a tierra                                   | 174 |
| 6. REDISEÑO SUBESTACIONES ELÉCTRICAS FASE I                                       | 176 |
| 6.1 SUBESTACIÓN EDIFICIO LABORATORIO DE PESADOS                                   | 176 |
| 6.2 SUBESTACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS   | 177 |
| 6.3 SUBESTACIÓN EDIFICIO INGENIERÍA QUÍMICA                                       | 178 |
| 6.4 SUBESTACIÓN EDIFICIO INGENIERÍA MECÁNICA                                      | 179 |
| 6.5 SUBESTACIÓN EDIFICIO INGENIERÍA ADMINISTRACIÓN I                              | 180 |
| 7. CONCLUSIONES   | 182 |
| BIBLIOGRAFÍA  | 184 |
| ANEXOS  | 186 |

## LISTA DE TABLAS

|  | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra   | 40   |
| Tabla 2. Límites de aproximación a partes energizadas de equipos   | 41   |
| Tabla 3. Tipo de Aislamiento de Transformadores y sitio de Instalación   | 73   |
| Tabla 4. Características seccionador tripolar en aire 17,5 kv de operación bajo carga                              | 82   |
| Tabla 5. Característica seccionador en aire de los circuitos de entrada y salida                                   | 84   |
| Tabla 6. Seccionador dúplex en aire 17,5 kV de operación bajo carga con fusibles                                   | 86   |
| Tabla 7. Tensiones de prueba de aislamiento según las tensiones nominales de los equipos                           | 105  |
| Tabla 8. Condiciones de aislamiento indicadas por las relaciones de absorción dieléctrica e índice de polarización | 107  |
| Tabla 9. Valores mínimos de K a 20 °C  | 109  |
| Tabla 10. Acciones sugeridas basadas en incrementos de temperatura   | 117  |
| Tabla 11. Distancias mínimas de seguridad para inspecciones con termografía  | 119  |
| Tabla 12. Datos de placa Transformador del edificio de laboratorio de Pesados                                      | 131  |
| Tabla 13. Datos protecciones M.T. del edificio de laboratorio de Pesados   | 131  |
| Tabla 14. Resistencia del sistema de puesta tierra, subestación Ingeniería Civil                                   | 134  |
| Tabla 15. Medida de Resistencia del Transformador  | 135  |
| Tabla 16. Reportes de termografía transformador Ingeniería Civil   | 137  |
| Tabla 17. Reportes de termografía tablero general Ingeniería Civil   | 138  |
| Tabla 18. Datos de placa Transformador del edificio Planta de Aceros   | 140  |
| Tabla 19. Datos protecciones M.T. del edificio de Planta de aceros   | 140  |
| Tabla 20. Reportes de termografía transformador Planta de aceros   | 144  |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 21. Reportes de termografía tablero general Planta de aceros                  | 145 |
| Tabla 22. Resistencia del sistema de puesta tierra, subestación Planta de aceros    | 146 |
| Tabla 23. Medida de Resistencia del Transformador                                   | 147 |
| Tabla 24. Datos de placa Transformador del edificio Ingeniería Química              | 148 |
| Tabla 25. Datos protecciones MT. del edificio Ingeniería Química                    | 149 |
| Tabla 26. Reportes de termografía transformador Ingeniería Química                  | 153 |
| Tabla 27. Reportes de termografía tablero general Ingeniería Química                | 154 |
| Tabla 28. Resistencia del sistema de puesta tierra, subestación Quimica             | 155 |
| Tabla 29. Medida de Resistencia del Transformador                                   | 156 |
| Tabla 30. Datos de placa Transformador del edificio Ingeniería Mecánica             | 157 |
| Tabla 31. Datos protecciones MT. del edificio Ingeniería Mecánica                   | 158 |
| Tabla 32. Reportes de termografía transformador Ingeniería Mecánica                 | 161 |
| Tabla 33. Reportes de termografía tablero general Ingeniería Mecánica               | 162 |
| Tabla 34. Resistencia del sistema de puesta tierra, subestación Ingeniería Mecánica | 163 |
| Tabla 35. Medida de Resistencia del Transformador                                   | 164 |
| Tabla 36. Datos de placa Transformador 1 del edificio Administración I              | 165 |
| Tabla 37. Datos protecciones MT. del edificio Administración I                      | 166 |
| Tabla 38. Datos de placa Transformador 2 del edificio Administración I              | 166 |
| Tabla 39. Reportes de termografía transformador 1 Administración I                  | 171 |
| Tabla 40. Reportes de termografía transformador 2 Administración I                  | 172 |
| Tabla 41. Reportes de termografía tablero general Administración I                  | 173 |
| Tabla 42. Resistencia del sistema de puesta tierra, Administración I                | 174 |
| Tabla 43. Medida de Resistencia del Transformador                                   | 175 |
| Tabla 44. Medida de Resistencia del Transformador                                   | 175 |

## LISTA DE FIGURAS

|  | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Sistemas con puestas a tierra dedicadas e interconectadas                            | 37   |
| Figura 2. Esquema para la medida de la resistencia de puesta a tierra                          | 38   |
| Figura 3. Límites de aproximación  | 42   |
| Figura 4. Vista detalle cierre de la puerta  | 76   |
| Figura 5. Vista frontal del seccionador  | 77   |
| Figura 6. Sistema de fijación de la puesta a tierra  | 81   |
| Figura 7. Seccionador tripolar en aire 17,5 kV de operación bajo carga                         | 83   |
| Figura 8. Seccionador tripolar en aire 17,5 kv de operación bajo carga con fusibles            | 85   |
| Figura 9. Gráfica de prueba tiempo – resistencia   | 106  |
| Figura 10. Método de caída de potencial  | 111  |
| Figura 11. Curva de resistencia vs distancia toma de tierra – electrodo de potencial           | 112  |
| Figura 12. Ejemplos de Termografías en redes y artefactos eléctricos                           | 116  |
| Figura 13. Seccionador tripolar  | 122  |
| Figura 14. Seccionador tripolar celda compacta con seccionadores en el interior.               | 123  |
| Figura 15. Cinco Reglas de oro   | 124  |
| Figura 16. Detectores de tensión para Alta Tensión   | 126  |
| Figura 17. Juego de puesta a tierra y cortocircuito, pica de tierra y pértiga                  | 127  |
| Figura 18. Puesta a tierra y cortocircuito, se puede apreciar el corte visible del seccionador | 128  |
| Figura 19. Símbolos y señalizaciones   | 129  |
| Figura 20. Transformador y Tablero en baja tensión. Edificio de Laboratorio de Pesados         | 130  |
| Figura 21. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Planta de Aceros            | 135  |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 22. Transformador y Tablero en baja tensión Edf. Planta de aceros               | 139 |
| Figura 23. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Planta de Aceros    | 146 |
| Figura 24. Transformador y Tablero en baja tensión Edf. Ingeniería Química             | 147 |
| Figura 25. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Ingeniería Química  | 155 |
| Figura 26. Transformador y Tablero en baja tensión Edf. Ingeniería Mecánica            | 156 |
| Figura 27. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Ingeniería Mecánica | 163 |
| Figura 28. Transformador y Tablero en baja tensión Edf. Administración I               | 164 |
| Figura 29. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Administración I    | 174 |

## LISTA DE ANEXOS

|  | pág. |
|--|------|
| Anexo A. Registros de Inspección   | 187  |
| Anexo B. Análisis de Armónicos, Curvas de Demanda y Variables Eléctricas | 248  |
| Anexo C. Cálculos Eléctricos Tipo  | 282  |
| Anexo D. Matriz de Análisis de Riesgo                                    | 286  |
| Anexo E. Planos de Rediseño Subestaciones                                | 291  |
| Anexo F. Presupuesto Rediseño Subestaciones                              | 292  |

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTUDIO SOBRE EL CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS -RETIE DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS Y TABLEROS PRINCIPALES EN BAJA TENSIÓN DE LA SEDE CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (FASE I)<sup>1</sup>

**AUTORES:** CUELLO ORTIZ, Javier Enrique, y, LÁZARO ASCANIO, Rolando<sup>\*\*</sup>

**PALABRAS CLAVES:** Instalaciones, subestaciones, tableros, evaluación, inspección, rediseño, presupuestos, RETIE.

### **DESCRIPCIÓN:**

Con la entrada en vigencia del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas –RETIE, se presenta la obligación de implementar instalaciones eléctricas que deben con parámetros de seguridad y confiabilidad cumplir las necesidades de suministrar un servicio público tan importante como es la energía.

La Universidad Industrial de Santander ha decidido realizar un diagnóstico del estado actual de las instalaciones eléctricas para garantizar el cumplimiento del reglamento anteriormente mencionado, tomando como principio fundamental garantizar los estándares de seguridad necesarios para preservar la vida de las personas que intervienen en el quehacer diario de las mismas y contribuir a la conservación y mejoramiento de su infraestructura física.

Este proyecto surge como una acción a esta necesidad; la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones en atención a una solicitud de la División de Planta Física, ha decidido realizar un estudio diagnóstico del estado actual de las instalaciones eléctricas de las subestaciones eléctricas y tableros en baja tensión de los edificios de: Ingeniería Civil, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica, Laboratorio de Planta de Aceros y sede de Administración I de la Sede Central de la Universidad Industrial de Santander (Fase I) y plantear las soluciones pertinentes en caso de ser necesarias, con base en un análisis de riesgo eléctrico.

---

<sup>1</sup> Proyecto de Grado.

<sup>\*\*</sup> Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: MPE(A) Ing. Ciro Jurado Jerez. Codirector: MIE Ing. José Alejandro Amaya.

## ABSTRACT

**TITLE:** STUDY ON THE EXECUTION OF THE TECHNICAL REGULATION OF ELECTRIC INSTALLATIONS –RETIE OF THE ELECTRIC SUBSTATIONS AND MAIN BOARDS IN LOW TENSION OF THE CENTRAL CAMPUS OF THE UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (PHASE I)\*

**AUTHORS:** CUELLO ORTIZ, Javier Enrique, and, LÁZARO ASCANIO, Rolando\*\*

**KEY WORDS:** Installations, substations, boards, evaluation, inspection, redesign, budgets, RETIE.

### **DESCRIPTION:**

With the entrance in validity of the Technical Regulation of Electric Installations –Retie, shows up the obligation of implementing electric installation what they should with parameters of security and dependability to complete the necessities to give such a public important service as it is the energy.

The Universidad Industrial de Santander has decided to carry out an diagnose of the current state of the electric installations to guarantee the execution of the previously regulation mentioned, taking like fundamental principle to guarantee the necessary standards of security to preserve the life of people that they intervene in the daily chore of the same ones and to contribute to the conservation and improvement of its physical infrastructure.

This project emerge as an action to this necessity; the Electric, Electronic and Telecommunications Engineering's School in attention to an solicitude of the Plant Physics Division, she has decided to carry out a diagnostic study of the current state of the electric installations of the electric substations and boards in low tension of the buildings of: Civil Engineering, Chemical Engineering, Mechanical Engineering, Steels Plant Laboratory and seat of Administration I of the Central Campus of the Universidad Industrial de Santander (Phase I) and to outline the pertinent solutions in the event of being necessary, with base in an analysis of electric risk.

---

\* Grade Project.

\*\* Physique Mechanics Engineering's Faculty. Electric, Electronic and Telecommunications Engineering's School. Director: MPE(c) Engineer Ciro Jurado Jerez. Codirector: MIE Engineer José Alejandro Amaya.

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda continua del mejoramiento de la calidad de vida ha llevado a una serie de innovaciones y avances en el desarrollo de técnicas de optimización aplicadas a todas las actividades propias del ser humano, de aquí que los conceptos deben ser actualizados y ajustados regularmente al contexto en el que se estén desarrollando.

De estas actualizaciones no se excluyen las instalaciones eléctricas, en las cuales se hace indispensable su mantenimiento y adecuación con cierta periodicidad, aún más considerando que una instalación eléctrica defectuosa puede ocasionar daños y reducción en la vida útil en dispositivos eléctricos y electrónicos, causando deterioro en los aislamientos e incendios debido a un sobrecalentamiento de los conductores, el cual se puede dar por el paso de una corriente mayor a la permitida; trayendo como consecuencia directa grandes pérdidas tanto económicas como humanas.

Este es un problema que afecta en general a todas las redes eléctricas existentes, provocando una preocupación no solo en las empresas prestadoras del servicio eléctrico sino también en los usuarios, siendo estos últimos los más afectados.

Ante este panorama, las Normas Técnicas Colombianas enfocadas en el tema, se han venido actualizando con el fin de aumentar los niveles de seguridad, operatividad, eficiencia y confiabilidad de la infraestructura eléctrica existente.

Respecto a lo anterior, la Universidad Industrial de Santander bajo el liderazgo y supervisión de la división de Planta Física ha visto la necesidad de analizar el estado actual de las subestaciones eléctricas y tableros principales presentes en el campus universitario, y con base en un estudio de la situación actual, formular

una serie de propuestas de rediseño con el fin de mejorar la infraestructura eléctrica, enfocados principalmente en la seguridad.

# 1. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO

## 1.1 OBJETIVOS

**1.1.1 Objetivo General.** Realizar un diagnóstico del estado actual de las subestaciones eléctricas y tableros generales en baja tensión de los edificios Ingeniería Civil, Planta de Aceros, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica y Administración I de la sede central de la Universidad Industrial de Santander, con base en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE – VERSION AGOSTO DE 2008 y elaborar propuesta de mejoramiento en caso de ser necesario.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Elaboración de una lista de verificación y chequeo para determinar no conformidades con respecto al RETIE de las subestaciones eléctricas y los tableros generales en baja tensión de los edificios Ingeniería Civil, Planta de Aceros, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica y Administración I.
- Realización de pruebas de diagnóstico sobre el estado de las siguientes variables eléctricas: aislamiento eléctrico, termografía para determinar puntos calientes, niveles de iluminación, puestas a tierra, distancias de seguridad, ventilación, rotulado de señales de peligro, cumplimiento del código de colores y capacidad de los equipos.
- Elaboración de un estudio-diagnóstico del estado actual de las subestaciones eléctricas y tableros generales en baja tensión de los edificios Ingeniería Civil, Planta de Aceros, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica y Administración I.
- Levantamiento y actualización de los diagramas unifilares de las subestaciones eléctricas y las redes eléctricas derivadas de los tableros generales en baja

tensión de los edificios Ingeniería civil, Planta de Aceros, Ingeniería Química, Ingeniería mecánica y Administración I.

- Especificación de las acciones correctivas a corto, mediano y largo plazo con base a un análisis de riesgo eléctrico.
- Elaboración de un presupuesto general de las mejoras a realizar en concordancia con el nuevo diagrama unifilar propuesto, balanceo de cargas, cargas futuras y las acciones correctivas a corto, mediano y largo plazo.

## **1.2 RESUMEN DEL PROYECTO**

**1.2.1 Impacto.** Con la realización y posterior ejecución de este tipo de proyectos la Universidad Industrial de Santander, encabezada por la división de planta física pretenden brindar un beneficio encaminado a cubrir los siguientes aspectos relevantes:

**1.2.1.1 Impacto Social.** La comunidad universitaria se verá beneficiada con la apropiación de instalaciones eléctricas que brinden mayor continuidad, confiabilidad y con un mayor grado de seguridad para los usuarios, los equipos y la red misma.

Al establecerse un programa de mantenimiento periódico, la Universidad se beneficiaría puesto que se reduciría la interacción del personal responsable de planta física con la red minimizando considerable en el riesgo eléctrico en las subestaciones eléctricas.

**1.2.1.2 Impacto ambiental.** En la búsqueda de la optimización de las instalaciones como propósito de este proyecto, se dimensionan los diferentes elementos de subestaciones eléctricas incluidas en el desarrollo de este trabajo de

grado, de tal manera que las pérdidas de energía se sitúen dentro de los rangos admisibles por las normas técnicas colombianas y así demandar lo que efectivamente se requiere, en tiempos en el que el ahorro y aprovechamiento del recurso de la energía es un factor preponderante en el desarrollo de una región, así mismo reduce la emisión de energía calórica resultante del sobrecalentamiento de conductores y la creación de puntos calientes al medio ambiente.

**1.2.1.3 Usuarios Directos e Indirectos Potenciales.** De manera general, la consolidación de las mejoras y modificaciones planteadas en el presente proyecto beneficiarían a la comunidad universitaria, ofreciendo infraestructuras adecuadas para el mejoramiento de cada una de las actividades a desarrollar por el personal docente, administrativo y a todos los estudiantes vinculados al quehacer diario de la Universidad.

Sin embargo, cabe aclarar que en los edificios objeto de nuestro proyecto de grado, Ingeniería Civil, Planta de Aceros, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica y Administración I, se desarrollan actividades que van encaminadas a la conceptualización y desarrollo de conocimiento, así como también el desarrollo de actividades administrativas propias de nuestro claustro.

**1.2.2 Planteamiento del problema.** A medida que avanza la humanidad los seres humanos hemos creado dependencias cada día más fuertes con respecto a la tecnología, creando lazos de unión tan fuertes que podríamos creer inseparables, la electricidad nos ha permitido disfrutar de las comodidades y beneficios de los avances científicos que posteriormente se ven reflejados en avances tecnológicos.

Esta dependencia de la electricidad hace que las sociedades busquen la forma de tener instalaciones eléctricas que garanticen la seguridad de las personas, animales, del medio ambiente y que a su vez sean más confiables en su

funcionamiento con unos parámetros de excelente calidad para proteger los recursos económicos cada día más escasos.

La disminución de riesgos eléctricos asociados a las instalaciones eléctricas se obtiene gracias a la verificación del cumplimiento de diferentes variables que forman parte de la instalación, alcanzando márgenes de seguridad mucho más altos.

Con la entrada en vigencia del reglamento técnico de instalaciones eléctricas-RETIE, se ha logrado despertar en todas las personas involucradas en el sector eléctrico un gran interés por el tema de la seguridad eléctrica y este a su vez en el literal c del artículo 44.6.2, determina los lineamientos que se deben tener en cuenta para realizar una inspección clara está con fines de certificación: “Para garantizar que la instalación es segura y apta para el uso previsto, se deberá realizar un examen visual y ejecutar unas pruebas pertinentes”.

Basados en lo anterior la Universidad Industrial de Santander plantea a través de la oficina de Planta Física la verificación de las instalaciones eléctricas de su campus universitario en esta primera etapa en lo que respecta a las subestaciones eléctricas y tableros generales fase I, para posteriormente y de acuerdo con los resultados arrojados realizar los correctivos necesarios.

**1.2.3 Justificación.** Unas de las grandes preocupaciones de las empresas en nuestros tiempos, está relacionada con la continuidad en todos sus procesos, ya sea que estén relacionados con la fabricación de un producto, la prestación de un servicio y en nuestro caso garantizar la continuidad de todos los procesos de formación de estudiantes y construcción de conocimiento.

Para poder garantizar la continuidad en la prestación de sus servicios nos debemos preocupar entre muchos otros aspectos por garantizar la confiabilidad en

las instalaciones eléctricas. El RETIE versión Agosto 2008 señala las condiciones mínimas que se deben tener en cuenta para garantizar que las instalaciones eléctricas con base en su buen funcionamiento, confiabilidad y calidad, generen seguridad.

Este proyecto de grado nace de la preocupación existente al interior de la oficina de planta física en lo que respecta a determinar en qué estado se encuentran las subestaciones eléctricas al interior del campus universitario y gestionar los recursos necesarios para realizar las mejoras respectivas.

**1.2.4 Alcances del proyecto.** Elaboración de un estudio diagnóstico sobre el cumplimiento del RETIE versión Agosto de 2008 en las siguientes subestaciones eléctricas del campus central de la Universidad Industrial de Santander:

- Subestación Edificio Ingeniería Civil.
- Subestación Edificio Planta de Aceros.
- Subestación Edificio de Ingeniería Química.
- Subestación Edificio Ingeniería Mecánica.
- Subestación Edificio Administración I.

Se analizarán en cada subestación básicamente los siguientes elementos:

- Seccionador o mecanismo de corte y protección en Media Tensión.
- Bóveda del Transformador.
- Tablero General de Baja Tensión.
- Sistema de Puesta a Tierra.
- Aislamiento.
- Señales de peligro
- Ventilación

- Distancias de seguridad.

En cada subestación se analizarán las no conformidades con respecto a los lineamientos Técnicos que dictamina el RETIE, clasificándolos en Graves, Medio y Leves con base a un análisis de riesgo eléctrico. A su vez se generarán las acciones correctivas a corto, mediano y largo plazo, junto a los presupuestos para la mejora de dichas no conformidades.

### 1.3 MARCO TEÓRICO Y ANÁLISIS DE LA LITERATURA

**1.3.1 Definiciones.** El análisis de una instalación, busca crear las condiciones técnicas apropiadas para que el sistema eléctrico funcione correctamente, brindando seguridad a las personas y equipos, ofreciendo ahorros económicos notables.

Para llevar a cabo el estudio de una instalación es necesario considerar conceptos básicos del campo en estudio, tales conceptos son tomados del Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE Versión Agosto 2008 aprobado mediante Resolución No. 181294 del Ministerio de Minas y Energía (MME) y algunas normas relacionadas.

Extraídas de estas normas y leyes encontramos las siguientes definiciones:

**Acometida:** derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble.

**Acometida subterránea:** conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde un poste o cualquier otra estructura o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de

entrada de la acometida en el tablero general, tablero de medidores o cualquier otro tablero con espacio adecuado, dentro o fuera del muro de una edificación.

**Alimentador:** todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

**Bandeja portacables:** unidad o conjunto de unidades, con sus accesorios, que forman una estructura rígida utilizada para soportar cables y canalizaciones.

**Barraje de puesta a tierra (equipotencial):** conductor de tierra colectiva, usualmente una barra de cobre o un cable de diámetro equivalente.

**Capacidad de corriente:** corriente máxima en amperios que puede transportar continuamente un conductor en condiciones de uso, sin superar su temperatura nominal de servicio.

**Capacidad nominal:** conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas.

**Capacidad de Interrupción nominal:** mayor corriente a tensión nominal, que un dispositivo eléctrico tiene previsto interrumpir, bajo unas condiciones normales de prueba.

**Carga Continua:** carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más.

**Circuito:** lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes.

**Circuito alimentador:** línea de distribución que lleva potencia eléctrica de una central generadora o subestación a un centro de consumo.

**Circuito ramal en baja tensión:** conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas.

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

**Conductor puesto a tierra (Grounded conductor):** conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra, generalmente es el neutro de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella.

**Conductor de puesta a tierra (Grounding conductor):** conductor utilizado para conectar los equipos o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.

**Conexión equipotencial:** conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase, no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.

**Cortocircuito:** fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial de un mismo circuito.

**Electrodo de puesta a tierra:** conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo, inalterables a la humedad y a la acción química del terreno.

**Empalme:** conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica.

**Instalación eléctrica:** conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

**Línea muerta:** término aplicado a una línea sin tensión o desenergizada.

**Neutro:** conductor activo conectado intencionalmente a una puesta a tierra, bien sólidamente o a través de un impedancia limitadora.

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

**Red de distribución:** conjunto de conductores que llevan energía desde una subestación a toda el área de consumo.

**Resistencia de puesta a tierra:** relación entre el potencial del sistema de puesta a tierra a medir, respecto a una tierra remota y la corriente que fluye entre estos puntos.

**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.

**Sistema de puesta a tierra (SPT):** conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y el cableado puesto a tierra.

**Sistema de puesta a tierra de protección:** conjunto de conexión, encerramiento, canalización, cable y clavija que se acoplan a un equipo eléctrico, para prevenir electrocuciones por contactos con partes metálicas energizadas accidentalmente.

**Sobrecorriente:** corriente por encima de la corriente nominal de un equipo o de la capacidad de corriente de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

**Sobrecarga:** funcionamiento de un equipo por encima de sus parámetros normales a plena carga o de un conductor por encima de su capacidad de corriente nominal que, si persiste durante un tiempo suficiente podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.

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

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

**Tablero de distribución:** conjunto de equipos de protección, barrajes y cableado que recibe las acometidas parciales y del cual se derivan los circuitos ramales.

**1.3.2 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE-versión agosto 6 de 2008).** El objeto fundamental del RETIE es establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Estas prescripciones parten de que se cumplan los requisitos civiles, mecánicos y de fabricación de equipos.

Adicionalmente señala, las exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad de las instalaciones eléctricas con base en su buen funcionamiento, la confiabilidad, calidad y adecuada utilización de los productos, es decir, fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas.

Igualmente, es un instrumento técnico-legal para Colombia, que sin crear obstáculos innecesarios al comercio o al ejercicio de la libre empresa, permite garantizar que las instalaciones, equipos y productos usados en la generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica, cumplan con los siguientes objetivos legítimos:

- La protección de la vida y la salud humana.
- La protección de la vida animal y vegetal.
- La preservación del medio ambiente.
- La prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario.

**1.3.2 Sistemas de puesta a tierra.** Los objetivos de un sistema de puesta a tierra (SPT) son: La seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

Para limitar la tensión que con respecto a tierra se pueda presentar en un momento dado en las partes metálicas y no metálicas de un circuito eléctrico o de una parte conductora, se establece la unión eléctrica directa sin fusibles ni protección alguna mediante una toma de tierra, con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

El mantenimiento rutinario debe consistir en la medición de resistencia a tierra del sistema completo y de la resistividad del terreno, la inspección de corrosión, apriete y limpieza de las conexiones que fueron dejadas intencionalmente con conectores atornillables. Estas mediciones, deben ser realizadas en diferentes épocas del año para evaluar el comportamiento con los cambios de humedad.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

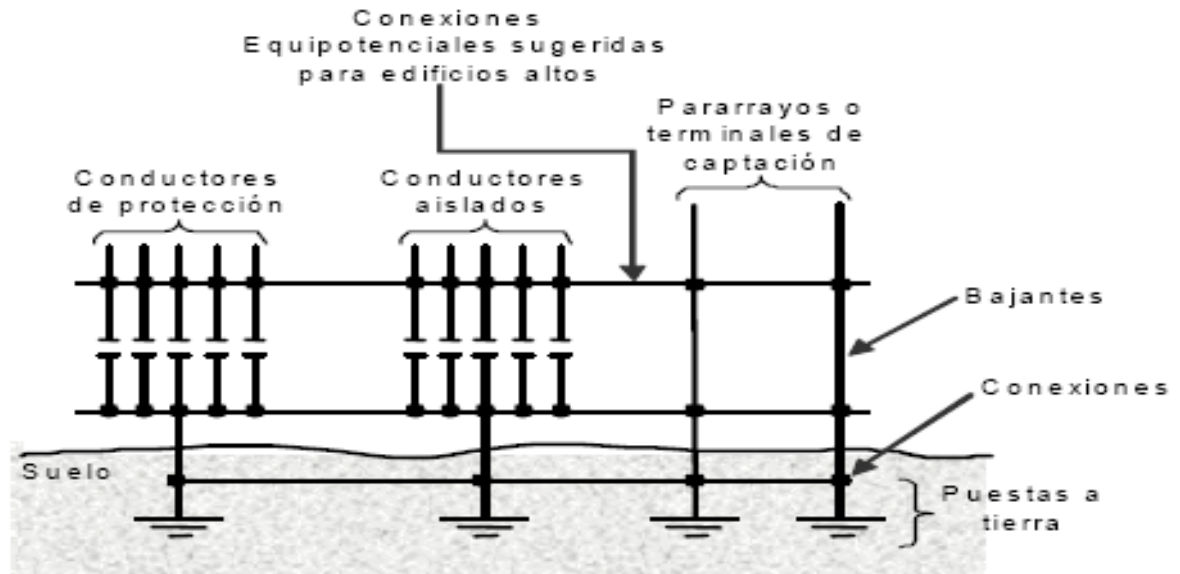
- a. Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- b. Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas a tierra.
- c. Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- d. Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla a tierra, electrostática y de rayo.
- e. Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

**1.3.3.1 Requisitos Generales de las puestas a tierra.** Las puestas a tierra deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas, no podrán ser incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra. Este requisito no excluye el hecho de que se deben conectar a tierra, en algunos casos.
- b. Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación deben tener una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general.
- c. Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puestas a tierra, deben ser realizadas mediante soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento directo y demás condiciones de uso conforme a la guía norma IEEE 837 o la norma NTC 2206.
- d. Para verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red equipotencial cumplan con el presente Reglamento, se deben dejar puntos de conexión y medición accesibles e inspeccionables al momento de la medición. Cuando para este efecto se construyan cajas de inspección, sus dimensiones deben ser mínimo de 30 cm x 30 cm, o de 30 cm de diámetro si es circular y su tapa debe ser removible.
- e. No se permite el uso de aluminio en los electrodos de las puestas a tierra.
- f. En sistemas trifásicos de instalaciones de uso final con cargas no lineales, el conductor de neutro debe ser dimensionado con por lo menos el 173% de la capacidad de corriente de las cargas no lineales de diseño de las fases, para evitar sobrecargarlo.

Cuando por requerimientos de un edificio existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas eléctricamente, según criterio adoptado de IEC-61000-5-2, tal como aparece en la figura 1.

Figura 1. Sistemas con puestas a tierra dedicadas e interconectadas



Fuente: RETIE

**1.3.3.2 Tierra de protección.** La tierra de protección, es un conductor que se coloca con el fin de garantizar que cualquier objeto metálico de un equipo esté conectado al neutro del transformador que lo alimenta, de tal forma que sirva como retorno de las corrientes de falla. Por esta razón, a diferencia del conductor de neutro, la tierra de protección sólo lleva corriente durante las fallas y se conoce comúnmente como “tercera pata” en los tomas de alimentación de equipo. La malla de tierra, por su parte, es el conjunto de conductores dispuestos en el suelo con el fin de controlar los potenciales de paso y de toque, que se producen generalmente por fallas a tierra de líneas de potencia.

### 1.3.4 Medición de la resistencia de puesta a tierra

**1.3.4.1 Método de la caída de potencial.** Este método tiene algunas variantes y es aplicable a todos los tipos de medida de resistencia de puesta a tierra. Por lo general, para medir mallas a tierra se emplea el método de la caída de potencial, se realizó el montaje ilustrado en la Figura 2.

El método se aplica para medir la resistencia de un electrodo (C1/P1), enterrado en cero (0), con respecto a la tierra circundante; esto se realiza colocando puntas de prueba auxiliares (C2 y P2) a distancias predeterminadas del electrodo bajo prueba, como se muestra en el esquema (Figura 2).

Una corriente que se genera en el instrumento, se inyecta por C1/P1 y se hace regresar por el electrodo auxiliar de corriente (C2). Al pasar la corriente por la tierra, una caída de voltaje existirá entre C1/P1 y el electrodo auxiliar de potencial (P2). Dentro del instrumento se calcula la resistencia por medio de la ley de ohm:

$$R = V/I$$

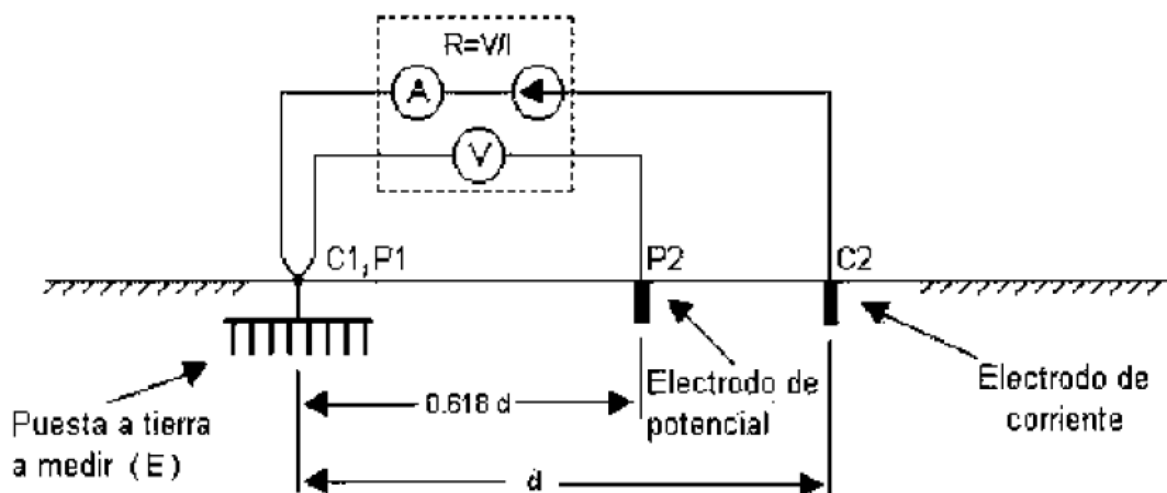
Donde:

R = resistencia a tierra, en ohm

V = Voltaje leído entre el electrodo C1/P1 y el electrodo P2

I = Corriente de prueba inyectada por el instrumento.

Figura 2. Esquema para la medida de la resistencia de puesta a tierra



Fuente: RETIE

Hay que considerar que en el montaje, los electrodos de prueba y C2, se deben enterrar a una distancia entre sí, no menor de cinco veces la mayor dimensión del electrodo de prueba.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

- a. Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- b. Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- c. Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- d. Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.
- e. Transmitir señales de RF en onda media y larga.
- f. Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

Para que la resistencia de puesta a tierra sea efectiva esta debe cumplir con unos valores máximos, permitidos por el RETIE.

**1.3.4.2 Valores de resistencia de puesta a tierra.** Un buen diseño de puesta a tierra debe garantizar el control de las tensiones de paso, de contacto y transferidas.

En razón a que la resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas, pueden tomarse como referencia los valores máximos de resistencia de puesta a tierra de la Tabla 1, adoptados de las normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 y NTC 4552.

Tabla 1. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

| 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 $\Omega$                                       |

Fuente: RETIE

**1.3.5 Distancia de seguridad.** Teniendo en cuenta que frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de prevención, siempre será guardar una distancia respecto a las partes energizadas, puesto que el aire es un excelente aislante, en este apartado se fijan las distancias mínimas que deben guardarse entre líneas eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo de su trazado (carreteras, edificios, etc.) con el objeto de evitar contactos accidentales.

#### **Distancias mínimas para prevención de riesgos por arco eléctrico**

Dado que el arco eléctrico es un hecho frecuente en trabajos eléctricos, que genera radiación térmica hasta de 20000 °C, que presenta un aumento súbito de presión hasta de 30 t/m<sup>2</sup>, con niveles de ruido por encima de 120 dB y que expide vapores metálicos tóxicos por desintegración de productos, se establecen los siguientes requisitos frente a este riesgo:

Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos de la Tabla 2 y la Figura 3, las cuales son adaptadas de la NFPA 70 E. Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y, en general, a todo el personal y son básicos para la seguridad eléctrica.

- 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 tener el nivel de entrenamiento para realizar un trabajo que implique contacto directo.

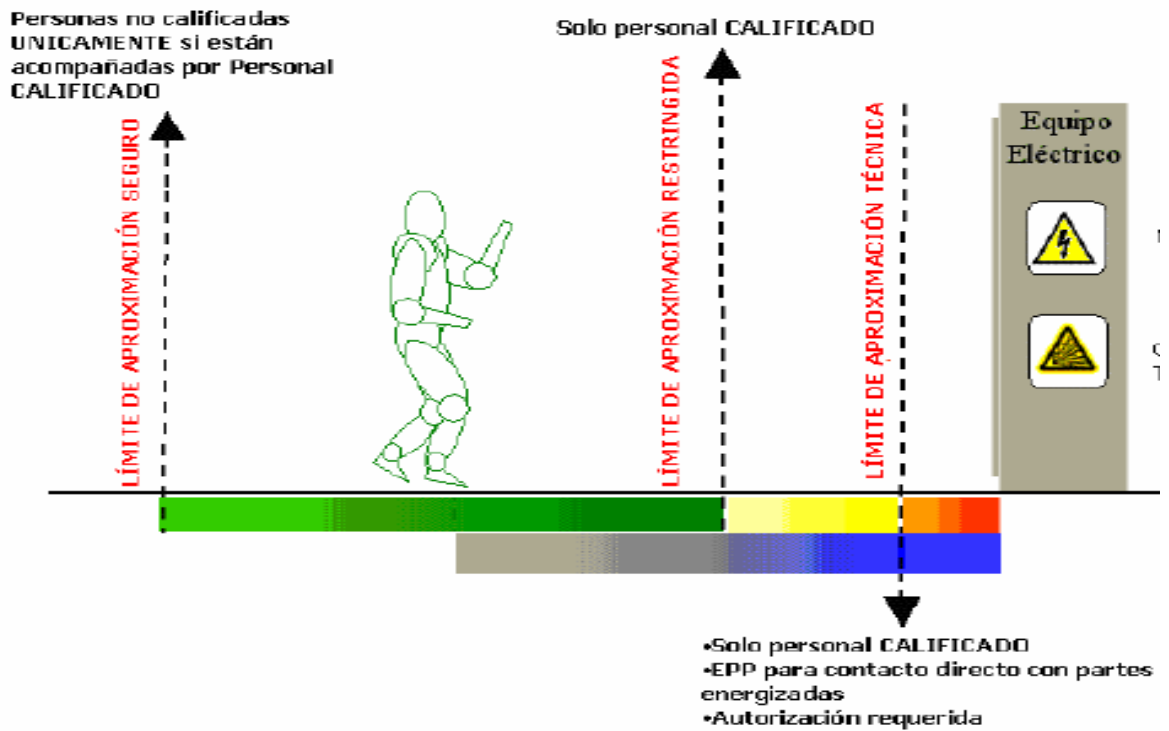
Tabla 2. Límites de aproximación a partes energizadas de equipos

| Tensión nominal del sistema (fase – fase) | Limite de aproximación seguro [m] |                     | Limite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios. | Limite 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                               |
| 36,1 kV – 46 kV                           | 3,00                              | 2,44                | 0,84  | 0,43                               |
| 46,1 kV - 72,5 kV                         | 3,00                              | 2,44                | 0,96  | 0,63                               |
| 72,6 kV – 121 kV                          | 3,25                              | 2,44                | 1,00  | 0,81                               |
| 138 kV - 145 kV                           | 3,35                              | 3,00                | 1,09  | 0,94                               |
| 161 kV - 169 kV                           | 3,56                              | 3,56                | 1,22  | 1,07                               |
| 230 kV - 242 kV                           | 3,96                              | 3,96                | 1,60  | 1,45                               |
| 345 kV - 362 kV                           | 4,70                              | 4,70                | 2,60  | 2,44                               |
| 500 kV – 550 kV                           | 5,80                              | 5,80                | 3,43  | 3,28                               |

Fuente: RETIE

Para trabajar en zonas con riesgo de arco eléctrico, es decir, en actividades tales como cambio de interruptores o partes de él, intervenciones sobre transformadores de corriente, mediciones de tensión y corriente, mantenimiento de barrajes, instalación y retiro de medidores, apertura de condensadores y macro mediciones; deben cumplirse los requisitos adaptados de la norma NFPA 70E

Figura 3. Límites de aproximación



Fuente: RETIE

**1.3.6 Subestaciones eléctricas.** Una subestación eléctrica es un conjunto de equipos utilizados para transferir el flujo de energía en un sistema de potencia, garantizar la seguridad del sistema por medio de dispositivos automáticos de protección y para redistribuir el flujo de energía a través de rutas alternas durante contingencias.

### Clasificación de las subestaciones eléctricas de acuerdo al RETIE

Las subestaciones eléctricas se clasifican en:

- Subestaciones de patio de alta y extra alta tensión (puede incluir, maniobra, transformación o compensación).
- Subestaciones de alta y extra alta tensión tipo interior (encapsulada, generalmente aislada en gas).

- Subestaciones de patio de distribución de media tensión.
- Subestaciones en interiores de distribución en media tensión (de control y operación del operador de red).
- Subestaciones en interiores de edificaciones.(de propiedad y operación del usuario).
- Subestaciones tipo Pedestal, las cuales solo se deben instalar en zonas de circulación restringidas.
- Subestaciones sumergibles (tanto el transformador como los equipos asociados de maniobra deben ser este tipo) IP X8.
- Subestaciones semi-sumergibles o a prueba de inundación (el equipo debe estar protegido a una inmersión temporal IP X7 y la bóveda o cámara debe garantizar el drenaje en un tiempo menor al soportado por el equipo).
- Subestaciones de distribución tipo poste.

Para efecto de este trabajo se analizarán las subestaciones en interiores de edificaciones.

**1.3.7 Descripción de los equipos utilizados.** Para la realización del presente trabajo, se requieren de herramientas que permitan efectuar las distintas mediciones necesarias con el fin de recopilar información indispensable sobre el estado actual del sistema, pudiendo de esta manera detectar fallas o falencias, acerca de las cuales se harán una serie de propuestas para su optimización.

Los equipos utilizados se describen a continuación:

- Rastreador de circuitos.
- Analizador de redes.
- Luxómetro.
- Telurómetro.

- Multímetro Digital.
- Detector de tensión.

**1.3.7.1 Rastreador de Circuitos.** Este equipo de gran aplicación en estudios de la instalación eléctrica, permite localizar, trazar e identificar fases y conductores neutros en circuitos de alimentación, circuitos ramales, interruptores automáticos, fusibles, cajas de tableros y tuberías. Además permite detectar circuitos en lazo abierto y en lazo cerrado.

El equipo consiste de un transmisor, un detector, un manual de instrucción y un estuche para su transporte.

Opera mediante un transmisor y un detector de corriente. Cuando el transmisor se conecta a una fuente de energía de 9 - 600 VAC o DC, induce una corriente de alta frecuencia a 4.6 kHz

### **Características generales**

Marca: 3M

Serie: TK-6B.

### **Transmisor**

- Frecuencia de operación: 4.6 KHz
- Ancho de pulso: 17 ms
- Velocidad de repetición: 2 Hz
- Corriente máxima de carga: 200 mA
- Tensión de operación: 9 – 600 V, A.C. o D.C.
- Temperatura de Operación: 0 / 50 °C
- Temperatura de almacenaje: -40 / 90 °C
- Humedad de operación: 95% hum. rel. máx.
- Tamaño: 111 x 83 x 38 mm

- Fusible: 250 V, 0.25 A, 3AG

### **Detector**

- Detección: Magnética
- Respuesta del detector: Visual mediante diez leds rojos
- Audible dos veces/s a 4.6 KHz
- Indicador estado de batería: Un led verde
- Temperatura de operación: 0 / 50 °C

### **Modo de empleo**

El transmisor cuando se conecta a una fuente de energía de 9-600 V a.c. o d.c. induce una corriente de alta frecuencia a 4.6 KHz en pulsos de aproximadamente dos pulsos por segundo, encima de la unidad hay un led rojo que alumbra intermitentemente, indicando que el transmisor está energizado y trabajando correctamente.

La corriente inducida por el transmisor, crea un campo magnético característico alrededor del conductor bajo estudio el cual es sintonizado por el detector haciendo que éste emita una respuesta. El detector solamente responde a la señal característica del transmisor, por iluminación intermitente de sus leds y por emisión de un sonido también intermitente que oscila con un tiempo igual que el led presente en el transmisor.

Cuando el detector es orientado en la dirección apropiada, hacia el conductor o breaker que alimenta al transmisor, emite una respuesta tanto visual como sonora.

El número y la intensidad de los leds que entren en intermitencia son directamente proporcionales a la distancia existente entre el rastreador y el conductor o breaker rastreado.

La instalación del transmisor consiste en conectar uno cualquiera de sus terminales a una buena tierra o a un neutro diferente al del circuito analizado y el otro Terminal a la fase del circuito a identificar. A continuación se procede a desplazar el detector en forma sistemática y de forma tal que la intensidad de sus respuestas sonora y visual permita deducir con certeza el recorrido o la ubicación del conductor o *breaker* rastreado.

**1.3.7.2 Analizador de redes.** El analizador de redes es un equipo portátil de adquisición de datos que mediante un software permite la visualización grafica de los datos obtenidos.

El analizador de redes mide mediante tres entradas de tensión a.c. y tres entradas de corriente a.c. a intervalos de tiempo programables, los valores de tensión, corriente, potencia activa y frecuencia de un sistema trifásico, en forma simultánea para las tres fases.

Calcula mediante un procesador interno, el factor de potencia, potencias reactivas (inductivas y capacitivas) de las tres fases, así como las energías activa y reactiva (inductiva y capacitiva).

Registra toda la información en una memoria interna de 256 kb para su posterior almacenamiento.

En dicha memoria guarda periódicamente los datos medidos y calculados (con definición entre 1 segundo y 4 horas, programable) y las formas de onda de tensión y corriente de cada fase para un posterior análisis de armónicos. Además, mediante un display de cristal líquido de dos líneas de 16 caracteres, se pueden visualizar los valores instantáneos, máximos y mínimos de cada parámetro y de cada fase, mediante el Lector de Tarjetas de Memoria se pasa la información guardada en la tarjeta a un computador para su posterior procesamiento.

### **Características Generales**

- Marca: POWER VISTA DRANETZ
- Tensión de alimentación. 120 V (+ 10%; - 15%)
- Frecuencia: 50/60 Hz
- Temperatura de trabajo: 0 / 50 °C
- Circuito de medida: Trifásico.
- Rangos de medida de tensión: 20 a 500 V A.C. (entre fase y neutro)
- Frecuencia: de 45 a 65 Hz
- Rangos de medición de corriente: 300 – 3000 A

**1.3.7.3 Luxómetro.** Permite medir el nivel de luminancia existente en algún recinto; este instrumento es un fotómetro digital, de tamaño compacto, el cual presenta las lecturas en unidades de lux o fc. El equipo consta de una cabeza de detección, botón de rango, botón retenedor de pico, botón de retener datos, selector de Lux/fc/off, conector de salida y una pantalla LCD.

### **Características Generales**

- Marca: Meterman LM631
- Pantalla LCD: 3 ½ dígitos con una lectura máxima de 1999
- Frecuencia de medición: 2.5 veces por segundo, nominal.
- Entorno de operación: 0° C a 50°C, uso en interiores hasta 2000m de altitud
- Baterías: 4 unidades de 1.5V, triple AAA
- Peso: 220g con las baterías
- Rangos: 20 lux, 200 lux, 2000 lux y 20000 lux.
- 20 fc, 200 fc, 2000 fc y 20000 fc.

### **Modo de empleo**

Se coloca el interruptor en la unidad lux o fc deseada, se procede a quitar la cubierta protectora de la cabeza de detección, ésta se mantiene firme en el lugar

donde se desea medir, en la pantalla LCD aparecerá el valor de luminancia, si no se conoce la magnitud de lux (o fc), se pulsa el botón de *range*, hasta llegar al rango más alto y desde este reducir el valor hasta obtener una lectura satisfactoria; es importante alejarse de la cabeza de detección para no proyectar sombras, la cabeza de detección tiene un cable de 1.5 metros para permitir la separación entre el observador y el lugar de medición.

Una vez terminada la lectura se recomienda cubrir la cabeza de detección para extender la vida útil de la misma.

**1.3.7.4 Telurómetro.** Instrumento utilizado para realizar mediciones tales como: resistencia de tierra, resistencia de aislamiento, continuidad de conductores de protección, de acuerdo con los procedimientos estipulados en la Norma EN 61557.

Está construido con tecnología SMD, el display de LCD posee una iluminación posterior la cual ofrece una fácil lectura de los datos obtenidos durante la medición, así como una amplia variedad de datos parciales, parámetros y mensajes.

#### **Características Generales**

- Marca: METREL
- Alimentación: 6Vc.c. (4x1.5V, Pila IEC LR14)
- Categoría de sobretensión: CATIII /300V ó CATII /600V
- Grado de polución: 2
- Grado de protección: IP 44
- Rango de temperatura: 0-40°C
- Rango nominal temp. (Ref.) : 10-30°C
- Humedad máxima: 85% RH (0-40°C)
- Rango nomina humedad (Ref.): 40-60% RH
- Dimensiones: 26.5 x 11 x 18.5cm

- Peso (sin accesorios, con pilas): 1.7kg
- Pantalla: LCD
- Conexión a PC: RS 232
- Clasificación de protección: doble aislamiento
- Memorias: 1000 mediciones aprox.

**1.3.7.5 Multímetro Digital.** Un multímetro, a veces también denominado polímetro o tester, es un instrumento electrónico de medida que combina varias funciones en una sola unidad. Las más comunes son las de voltímetro, amperímetro y óhmetro. Entre las funciones básicas del multímetro, están las siguientes:

- Un comprobador de continuidad, que emite un sonido cuando el circuito bajo prueba no está interrumpido o la resistencia no supera un cierto nivel.
- Presentación de resultados mediante dígitos en una pantalla, en lugar de lectura en una escala.
- Amplificador para aumentar la sensibilidad, para medida de tensiones o corrientes muy pequeñas o resistencias de muy alto valor.
- Medida de inductancias y capacitancias.
- Comprobador de diodos y transistores.
- Escalas y zócalos para la medida de temperatura mediante termopares normalizados.

### **Especificaciones Generales**

- Tamaño: 142.3 mm L x 70.5 mm W x 34.6 mm
- Peso: 286 g
- Batería: Alcalina: 650 horas continuas
- Carbón – Zinc: 450 Horas continuas

### **Especificaciones técnicas, Tipo de medida Rango y Resolución**

- Tensión DC 4000 mV\*, 4.000V, 40.00V, 400V, 600V $\pm$ (1.5%+1)
- Tensión AC 4000 mV, 4.000V, 40.00V, 400V, 600V $\pm$ (2.9%+3)
- Resistencia 400.0 $\Omega$  4.000k $\Omega$  40.00k $\Omega$  400.0k $\Omega$  4.000M $\Omega$  40.00M $\Omega$   $\pm$ (1.5%+1)
- Capacitancia 1.000  $\mu$ F, 10.00  $\mu$ F, 100.0  $\mu$ F, 1000  $\mu$ F, 10,000  $\mu$ F N/A

**1.3.7.6 Detector de tensión.** Un detector de tensión, es un instrumento electrónico de medida uní funcional, que emite un sonido cuando en el circuito hay evidencia de presencia de tensión así como la emisión de una luz, este dispositivo sirve como elemento de seguridad para comprobar la ausencia de tensión.

## **2. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS SEGÚN EL RETIE**

Con la entrada en vigencia de nuevas normas y reglamentos exigidos por el Ministerio de Minas y Energía (MME) de Colombia en la primera década del siglo XXI, se ha generado un ambiente de seguridad en las ejecuciones de las obras orientadas a la aplicación de la energía eléctrica.

Este cambio ha traído consigo el fomento de la regulación de perfiles para el desempeño de actividades de inspección que antes no se realizaba. Bajo esta idea, y en procura del mejoramiento y la seguridad de las instalaciones eléctricas de uso final, el perfil del inspector exige requerimientos de responsabilidad técnica, ética y moral fundamentados por una alta competencia de conocimientos y de experiencias, que contribuyen al fortalecimiento del proceso de inspección de las instalaciones eléctricas de uso final.

### **2.1 REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE**

La entrada en vigencia del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE ha generado en toda organización de ingeniería eléctrica dudas acerca de qué es lo que realmente se quiere con la aplicación de este reglamento. Pues bien, más que un capricho de los altos directivos y concededores del sector eléctrico, es una buena posibilidad de establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, animales y vegetales, minimizando o eliminando riesgos de origen eléctrico.

Unos de los principales factores que pretende instaurar el RETIE es la preservación de toda vida, ya que debido a los frecuentes accidentes generados por la mala aplicación y uso de la energía eléctrica se ha cobrado la vida de

personas y se han generado pérdidas de dinero a empresas por daño permanente en equipos e instalaciones.

Desde la primera resolución del RETIE emitida por el MME\* es necesario, en cualquier tipo de instalación eléctrica especificada en este reglamento, la aplicación de todos los factores de seguridad plasmados en él, de manera que se garantice un estándar de seguridad a través del tiempo buscando la optimización de las mismas.

La circular 18012 de marzo 2 de 2007 expedida por el MME notifica que la Superintendencia de Industria y Comercio - SIC, acreditó el quinto organismo de inspección de instalaciones eléctricas de conformidad con el RETIE, y ratifica que toda instalación nueva, ampliación o remodelación según lo dispuesto en el artículo 2 de este, debe tener su certificado de conformidad con el RETIE expedido por un organismo acreditado por la SIC.

**2.1.1 Importancia del RETIE.** La dependencia y el aumento progresivo del consumo de la electricidad en la vida actual, obliga a establecer unas exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad de las personas con base en el buen funcionamiento de las instalaciones, la fiabilidad y calidad de los productos, la compatibilidad de los equipos y su adecuada utilización y mantenimiento.

En cumplimiento del Artículo 2° de la Constitución Nacional, les corresponde a las autoridades de la República proteger a todas las personas residentes en Colombia en su vida, honra y bienes.

En tal sentido el MME, como máxima autoridad en materia energética, debe adoptar las normas y reglamentos técnicos orientados a garantizar la protección de la vida de las personas contra los riesgos que puedan provenir de los bienes y

---

\* Ministerio de Minas y Energía (MME).

servicios relacionados con el sector a su cargo. Las normas técnicas deben servir para concretar y ampliar el alcance del Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas.

En consecuencia, el concepto de alto riesgo tratado por el RETIE, es entendido como aquel riesgo cuya frecuencia esperada de ocurrencia y gravedad de sus efectos puedan comprometer fisiológicamente el cuerpo humano, produciendo efectos como quemaduras, impactos, paro cardíaco, fibrilación u otros efectos físicos que afectan el entorno de la instalación eléctrica, como contaminación, incendio o explosión.

La condición de ALTO RIESGO se puede presentar por:

- Deficiencias en la instalación eléctrica.
- Práctica indebida de la electricidad.

Se entenderá que una instalación eléctrica es de ALTO RIESGO, cuando carezca de protección frente a condiciones tales como: Ausencia de la electricidad en instalaciones hospitalarias, arco eléctrico, contacto directo e indirecto, cortocircuito, rayo o sobrecarga, que de no ser eliminadas pueden causar la muerte o graves efectos fisiológicos en el cuerpo humano, y/ o efectos sobre el entorno de la instalación eléctrica.

Para determinar la existencia del alto riesgo, la situación debe ser evaluada por una persona calificada, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

a. *“... **Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificables, tales como instalaciones que carezcan de medidas preventivas específicas contra el riesgo eléctrico, condiciones ambientales de lluvia, tormentas eléctricas y***

contaminación; equipos, productos o conexiones defectuosas de la instalación eléctrica.

*b. **Que el peligro tenga un carácter inminente**, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.*

*c. **De gravedad máxima**, es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente, o que se destruyan bienes importantes cercanos a la instalación.*

*d. **Que existan antecedentes comparables**. El evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido con condiciones similares. Con el fin de verificar la efectividad del reglamento en la reducción de la accidentalidad de origen eléctrico. Las empresas responsables de la prestación del servicio público de energía eléctrica, deben reportar todo accidente de origen eléctrico que tenga como consecuencia la muerte o graves efectos fisiológicos en el cuerpo humano. Dicha información deberá reportarse cada seis (6) meses al SUI (Sistema Único de Información), siguiendo las condiciones establecidas por la Superintendencia de Servicios Públicos, en su calidad de administrador del SUI; el reporte debe contener como mínimo el nombre del accidentado, tipo de lesión, causa del accidente, lugar y fecha del accidente y parte del cuerpo afectada. ...”*

Para el cubrimiento de los anteriores aspectos es necesario tomar medidas en cuanto al uso de la electricidad, pues a medida que se presenten situaciones de alto riesgo, se requerirá mayor rigurosidad en la normalización y reglamentación.

**2.1.2 Objetivos del RETIE.** Los objetivos específicos del RETIE son:

- a. *“... Fijar condiciones para evitar accidentes por contactos eléctricos directos e indirectos.*
- b. *Establecer condiciones para evitar los daños causados por sobretensiones o sobrecorrientes.*
- c. *Adoptar la simbología verbal y gráfica a utilizar en el ámbito de la electrotecnia.*
- d. *Minimizar las deficiencias en las instalaciones eléctricas.*
- e. *Establecer claramente los requisitos y responsabilidades que deben cumplir los diseñadores constructores, operadores, propietarios y usuarios de instalaciones eléctricas, además de los fabricantes, distribuidores o importadores de materiales o equipos eléctricos.*
- f. *Prevenir actos que puedan inducir al error de los usuarios, tales como la utilización o difusión de indicaciones incorrectas o falsas de datos verdaderos que no cumplan con las exigencias del RETIE. ...”*

Debido a lo delicado que es trabajar con instalaciones eléctricas en ambientes especiales debe prevalecer sobre ésta la responsabilidad de los usuarios, para que se garanticen las exigencias de lo planteado por el RETIE, entre los cuales se tienen:

- a. *“... Observación de las distancias de seguridad.*
- b. *Apropiado sistema de puesta a tierra.*
- c. *Apropiado sistema de protecciones.*
- d. *Apropiado esquema de instalaciones según los niveles de riesgo.*
- e. *Niveles adecuados de iluminación según la actividad.*
- f. *Instrucción adecuada de la energía eléctrica. ...”*

## **2.2 ASPECTOS GENERALES PARA LA INSPECCIÓN ELÉCTRICA**

La inspección eléctrica es una de las formas actuales de verificar y supervisar los procesos de la instalación eléctrica para uso final, pues a través del estudio, análisis, observación y medición se identifican unas evidencias mínimas requeridas para el cumplimiento de la normatividad establecida por el Ministerio de Minas y Energía. Esta regulación con mínimos parámetros de seguridad y calidad, se documenta en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, el cual trae consigo el obligatorio cumplimiento de los siete primeros capítulos de la norma técnica colombiana NTC 2050 código eléctrico colombiano, previendo a través de él una adecuada utilización de los conceptos de ingeniería y de los productos manufacturados utilizados en una instalación eléctrica.

El proceso de inspección se fundamenta en un criterio de imparcialidad frente al tipo de instalación eléctrica existente, renovando un voto de absoluta prudencia por parte del organismo de inspección y del personal capacitado para dicho trabajo. De igual manera, evalúa y complementa los criterios de diseño, montaje, construcción, conexión e instalación de obras eléctricas.

El proceso de inspección debe implantarse e implementarse desde el inicio de una obra eléctrica, pues conjugaría y haría que un proyecto de ingeniería de cualquier magnitud, se enfocara desde sus orígenes hacia la excelencia de sus resultados, perfeccionando las dificultades que por algún motivo se puedan generar durante las etapas de planeación, diseño y construcción.

Se podría entrar en una discusión de mucho sentido al tratar de darle la importancia al hecho de realizar una inspección, pero sí centran los objetivos y se puntualizan bien los argumentos, se observa en definitiva que la importancia de la

inspección representa “... *seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente...*”.<sup>2</sup>

A continuación se enuncia algunos de los beneficios que otorga uno de los mayores procesos de calidad y seguridad actuales:

- La reducción de riesgos por causas u orígenes eléctricos.
- La confianza concebida a los usuarios, debido a la gran calidad y soporte a la hora de implementar un reglamento que tiene como objetivo la preservación de la vida.
- La compatibilidad en el lenguaje de ingeniería eléctrica, por medio de un reglamento que es aplicable en todo el territorio colombiano y extrapolado internacionalmente, debido a la fundamentación del RETIE en normas internacionales.

En conclusión, la implantación e implementación de los procesos y procedimientos a desarrollar antes, durante y después de una inspección, así como la presentación misma de los informes de inspección que evidencian o no la conformidad de las instalaciones eléctricas, facilitan la labor decisiva para el otorgamiento de la certificación de la instalación eléctrica.

Antes de entrar en detalle de lo que son los procesos de inspección, se deben conocer algunos de los términos utilizados en este campo, las características generales del inspector y los requerimientos generales para la inspección.

### **2.2.1 Conceptos básicos**

**Grupo de inspección:** conjunto de personas encargadas de ejecutar las labores de inspección. Está compuesto por un inspector responsable del proceso y puede

---

<sup>2</sup> Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. Resolución 18 1294 del 6 de Agosto del 2008.

estar acompañado de inspectores en entrenamiento y personal de apoyo para la toma de mediciones.

**Informe de inspección:** documento que da constancia del alcance y estado real de una instalación eléctrica objeto de inspección y determina el cumplimiento o incumplimiento de ésta, con respecto a los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y las demás normas aplicables.

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

**Inspector:** persona que tiene a su cargo la inspección de una instalación eléctrica para determinar su conformidad.

**Instalación eléctrica:** conjunto de aparatos eléctricos y circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

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

**No conformidad:** incumplimiento de un requisito del reglamento o la norma aplicable, el cual se puede clasificar en leve, grave o muy grave.

**No conformidad leve:** incumplimiento de un requisito que no supone peligro para las personas, los bienes y no perturba el funcionamiento de la instalación, y en el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación. Dentro de estas se consideran:

- Incumplimiento del código de colores de los conductores.
- Ausencia de señales de seguridad cuando éstas se requieran.
- Ausencia de accesorios protectores contra daños físicos.
- Ubicación inadecuada de gabinetes, tomacorrientes, interruptores y tableros siempre y cuando no se encuentren expuestos a riesgos mayores.

**No conformidad grave:** incumplimiento de un requisito, en el cual la razón o la experiencia determina que constituye un peligro para la seguridad de las personas o los bienes. Dentro de estas se consideran:

- Uso de materiales no certificados.
- Falta de continuidad de los conductores de protección.
- No existencia de planos y memorias de cálculo.
- No coincidencia de planos y otra información técnica con lo existente en la instalación.
- Fraude en la instalación eléctrica.
- Ejecución de obras y diseños con personas no calificadas.

**No conformidad muy grave:** cualquier hallazgo, en el que la evidencia, determina que constituye un peligro inmediato o aquel que no supone un riesgo inmediato para la seguridad de las personas, pero puede serlo al originarse un fallo en la instalación.

**Persona calificada:** persona natural que demuestre su formación profesional en electrotecnia y riesgos asociados a la electricidad y además cuente con matrícula profesional, certificado de inscripción profesional, o certificado de matricula profesional, de conformidad con la normatividad vigente y que lo acredite para el ejercicio de la profesión.

**2.2.2 Características generales del inspector.** Dentro de los aspectos exigidos para realizar una inspección, es primordial que la persona que asuma este rol posea las competencias necesarias y suficientes, desde la perspectiva de los conocimientos, habilidades y destrezas, para la implementación e implantación de los nuevos procesos de inspectoría en consonancia con los preceptos actuales de calidad. La primera etapa está ligada al conocimiento de las exigencias y el marco de referencia para la aplicación del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas –RETIE– y la norma NTC–2050.

En este marco, el inspector deberá contar con: un alto grado de responsabilidad ética y moral; y habilidades y destrezas para la instrumentación y métodos de medición, con el propósito de verificar la conformidad de las instalaciones eléctricas.

Otras características importantes que se exigen al inspector son: la imparcialidad, la integridad, la independencia y la transparencia del servicio que se va a suministrar, pues es probable que se vea sometido a presiones comerciales y financieras para incurrir en alteraciones que deterioren el proceso de inspección como tal.

En este sentido, contar con la integralidad e imparcialidad del inspector frente a las actividades desempeñadas en la inspectoría, y la absoluta garantía de independencia y transparencia en sus decisiones, son esenciales para no ocultar ni modificar la información obtenida en la inspección de la instalación.

### **3. CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS TIPO CAPSULADAS EN MEDIA / BAJA TENSIÓN**

Con base en las recomendaciones técnicas mínimas exigidas por el Reglamento de instalaciones eléctricas RETIE y en especial lo establecido por el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 se hacen las siguientes observaciones que han de ser tenidas en cuenta tanto para las fases de planeación, diseño y construcción de las subestaciones eléctricas en media y baja tensión.

Dichas observaciones aplican en especial a las subestaciones capsuladas tipo interior y exterior, como es el objeto del presente documento.

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

El local para los Centros de Transformación se debe ubicar en un sitio de fácil acceso desde el exterior con el fin de facilitar al personal de mantenimiento realizar las labores de revisión e inspección, así como para la movilización de los diferentes equipos.

Otra razón para que el local de los Centros de Transformación quede lo más cerca al exterior de la edificación, es la de minimizar la construcción de canalizaciones de redes de media tensión dentro de la edificación. El recorrido de la canalización debe ser lo más recta posible.

En locales ubicados en semisótanos y sótanos de edificios, con el techo debajo de antejardines y paredes que limiten con muros de contención deben ser debidamente impermeabilizadas para evitar humedad y oxidación dentro del local.

Los Centros de Transformación instalados en el interior de edificaciones deben cumplir las recomendaciones de la Norma NTC 2050 Artículo 450 respecto a la seguridad contra incendios cuando se utilicen transformadores en aceite.

El local del Centro de Transformación no puede ser ubicado en un área clasificada como peligrosa, ver norma NTC 2050 artículos 500 a 517, en los cuales cubren los requisitos de instalación donde puede existir peligro de fuego o explosión debido a líquidos, gases o vapores inflamables, polvo combustible, fibras, cenizas o sustancias volátiles inflamables.

Cada área deberá ser considerada individualmente para determinar su clasificación.

El Local debe mantener libre de elementos ajenos a los equipos eléctricos y en ningún caso podrá usarse como sitio de almacenamiento.

Frente a la puerta del local de la subestación, no deben ubicarse vehículos o equipos y materiales que impidan el fácil acceso. Tampoco se deben colocar tanques de combustible o materiales inflamables.

La altura del local dependerá de la dimensión de los equipos cuya distancia mínima libre del techo al piso del local de la subestación es de 1 900 mm en Centros de Transformación con celdas capsuladas y de pedestal.

Por el local del Centro de Transformación no podrán pasar tuberías extrañas a la instalación eléctrica tales como agua, alcantarillado, gas o cualquier otro tipo de instalación excepto las de los equipos de extinción de incendios.

**3.1.1 Iluminación.** El cuarto deberá disponer de alumbrado eléctrico con el nivel de iluminancia mínimo de 100 luxes sobre el piso (se recomienda utilizar bombillas

fluorescentes). El control del alumbrado se debe localizar exterior al local cerca a la puerta de acceso, o interior en un sitio cercano a la puerta cuando el local da a la calle.

**3.1.2 Puesta a tierra.** Las partes metálicas de la subestación que no transporten corriente y estén descubiertas, se conectarán a tierra en las condiciones previstas en el artículo 250 de la Norma NTC 2050, mediante conductores con los calibres establecidos en las tablas 250-94 y 250-95.

La malla de puesta a tierra se debe construir antes de fundir la placa del piso del local. Esta malla estará construida con cable desnudo de cobre con calibre igual o superior al No. 2/0 AWG, se deberán utilizar conectores que cumplan la Norma IEEE-837 o en su defecto se utilizará soldadura exotérmica. A la malla de tierra se deberán instalar como mínimo dos varillas de puesta a tierra de 2,40 m x 5/8" (16 mm), distanciadas entre si mínimo dos veces la longitud de la varilla.

En el punto de conexión del conductor de puesta a tierra a la malla de puesta a tierra se debe dejar cajas o pozos de inspección de libre acceso donde se pueda medir, revisar y mantener la resistencia de la malla de puesta a tierra. Esta caja o pozo de inspección de la malla de puesta a tierra es un cuadrado o un círculo de mínimo 300 mm de lado o 300 mm de diámetro.

También se puede construir una caja de tierras, sobre un muro, donde llegue y salga los conductores de tierra.

El número de varillas dependerá de la resistividad del terreno y de la resistencia de la malla a tierra, ver Norma LA 400. La resistencia de la malla de puesta a tierra medida de la subestación debe ser menor o igual a cinco ohmios para sistemas hasta 15 kV y tres ohmios para sistemas de 34,5 kV.

La configuración de la malla de tierra puede ser un triángulo, cuadrado o rectángulo con cruces intermedios, esta forma lo define el área, la resistividad del terreno, y el valor de la resistencia a cumplir.

Si el local está construido sobre una placa flotante, debe existir una malla o anillo perimetral que garantice una superficie equipotencial, instalando las varillas fuera del local, en un sitio donde se garantice una buena puesta a tierra, conectando la malla y las varillas mediante conductor de puesta a tierra a través de un ducto independiente.

Los elementos que se deben conectar a tierra en una subestación son los siguientes:

- a. La pantalla metálica de los cables de Media Tensión (M.T.), (en uno de los extremos del cable, se recomienda aterrizar el del Centro de transformación).
- b. Los herrajes de soporte de los cables.
- c. Las celdas de Media Tensión (M.T.).
- d. El tanque y neutro del transformador.
- e. Los tableros de Baja Tensión (B.T.).
- f. Equipos de medida donde estén instalados.

**3.1.3 Acceso y espacios de trabajo.** El acceso al local del Centro de Transformación debe tener un ancho mínimo de 2 000 mm para permitir la entrada o salida de equipos o celdas. Se instalarán puertas de mayor tamaño cuando los equipos superen ésta medida. Además, el sitio donde se localice la subestación será, de libre acceso al personal de la Empresa o autorizado por ella.

En lo posible se debe dejar la puerta de la subestación enfrentada a la celda del transformador, dejando una distancia libre mínima de 1 500 mm desde el frente de la celda del transformador al primer obstáculo. Si no es posible dejar la celda del

transformador frente a la puerta del cuarto se debe dejar una distancia libre mínima de 1,90 m al frente de la celda del transformador.

Para locales con equipos de pedestal y capsulados con transformadores tipo seco Clase H o F, las anteriores distancias de 1500 ó 1900 mm se pueden reducir a 600 mm, si se utiliza una puerta de plegable con celosías, cubriendo todo el frente en lugar de la pared frontal del local. Esta puerta plegable cuando esté abierta, debe dejar espacio necesario para sacar el transformador y realizar trabajos en las otras celdas. En locales con transformadores aislados en aceite también la distancia libre mínima podrá ser 0,60 m si la puerta a prueba de fuego es igual al ancho del local.

No se permite la instalación de cajas o armarios de medidores dentro del local del Centro de Transformación. En el caso de instalarse en el local un Tablero General de Acometidas, el espacio de trabajo para el equipo eléctrico con tensiones nominales de 600 V o menores debe ser el especificado en la Norma NTC 2050 Artículo 110-16. Las distancias deben medirse desde las partes activas, si están descubiertas o desde el frente de la cubierta o abertura de acceso cuando estén encerradas.

El local para transformadores aislados en aceite debe cumplir con la Norma NTC 2050 Artículo 450 parte C “Bóveda de transformadores”.

**3.1.4 Piso.** En el sitio donde se ubique el local se fundirá una placa de concreto. En ésta placa se dejarán embebidos los pernos de anclaje de las celdas y de los rieles de deslizamiento para la entrada del transformador.

Esta placa de concreto debe presentar una superficie perfectamente horizontal a la base de las celdas o a los equipos tipo pedestal. Los transformadores de

pedestal pueden o no llevar base e instalados a nivel de piso, cuando se instalen en locales.

Para el caso de los Centros de Transformación de instalación interior donde el piso es de concreto y por tanto la resistividad superficial está entre 20-50 ohmios-metro, se hace necesario recubrir el piso, una vez instalados los equipos (transformadores y celdas) con baldosas de aislantes, no combustibles que presenten una resistividad alta con el fin de cumplir las normas de seguridad de las tensiones tolerables de paso y de contacto. El piso del local debe tener un acabado antideslizante.

Cuando se requiera instalar cárcamos o fosos para el aceite, el piso del local podrá tener un nivel superior hasta de 30 cm del nivel del piso terminado de la edificación.

**3.1.5 Cárcamos y foso.** Dentro del local del centro de Transformación no se deben construir cajas de inspección eléctrica y en su lugar se construyen cárcamos, para los cables eléctricos.

Para transformadores aislados en aceite deben poseer medios para confinar el aceite y no permitir su salida a otras áreas, por lo que se construyen fosos para el aceite como se indica en la NTC 2050 artículo 450-42 y brocal a la entrada del local. Para transformadores tipo seco no se requiere foso, ni brocal.

El piso de los cárcamos y de los fosos para el aceite será en concreto y las paredes podrán ser en concreto o en ladrillo pañetado / frisado.

**3.1.6 Paredes y techo.** El local con transformador seco o refrigerado en aceite debe cumplir con los requerimientos de los artículos 450-21 y 450-26 de la Norma NTC 2050.

Para transformadores con aislamiento en aceite, las paredes, el techo y el piso, se construirán en material de adecuada resistencia estructural y una resistencia al fuego de 3 horas (norma ASTM E119/83), NFPA 251-85.

Las paredes para el local donde se instalan las celdas de distribución o los equipos de maniobra se construirán en tabique con ladrillo tolete prensado a la vista o pañetado y pintado por ambas caras.

Se deberán tomar todas las precauciones para evitar la entrada de agua por infiltraciones, para lo cual se recomienda no ubicar el local en áreas donde coincidan con juntas de construcción o dilatación, debajo de jardines y muros perimetrales.

En el caso de que se ubique en dichas zonas se debe hacer una adecuada impermeabilización.

**3.1.7 Puertas en general.** Existen varios tipos de puertas dependiendo del tipo de aislamiento del transformador, del material combustible cercano y de las limitaciones de espacio

Puertas cortafuego para bóvedas de transformadores aislados en aceite según lo dispuesta en la norma NTC 2050 artículo 450-43 y la norma NFPA-80.

Puerta metálica en celosía de dos hojas abriendo hacia afuera, de 2 metros de ancho o del espacio necesario para el ingreso de celdas o equipos de mayor tamaño y entre 1 800 y 2 300 mm de altura tipo Norma Codensa CTS 548.

Puerta metálica plegable en celosía de dos hojas, tipo Norma Codensa CTS 548-1.

**3.1.8 Nivel de ruido.** Se debe tomar precauciones para limitar el ruido producido por los transformadores. El grado permitido de ruido emitido por un transformador, depende del nivel de ruido aceptable en el ambiente donde será instalado.

Dentro de las precauciones que deben tomar para disminuir el ruido generado en el local están las de asegurar y apretar todas las conexiones, tanto eléctricas como mecánicas y colocar los transformadores sobre bases antivibratorias en caso de ser necesario.

El nivel de ruido es a veces un factor importante dentro de la selección de la ubicación del Centro de Transformación, ya que dependiendo del uso de la edificación existen límites que no se deben sobrepasar.

El DAMA, estableció máximo 65 db en zona urbana. Los transformadores no deben causar ruidos superiores a éste valor.

**3.1.9 Ventilación.** Siempre que el(los) transformador(es) estén dentro de un local se requiere ventilación.

La ventilación de la subestación debe ser adecuada para evitar que la temperatura del transformador exceda de los límites permitidos dependiendo del tipo de aislamiento del transformador. El área neta de todas las aberturas de ventilación después de restar el área ocupada por marcos y persianas, no debe ser menor de 20 cm<sup>2</sup> / kVA de los transformadores en servicio según la norma NTC 2050 artículo 450-45 literal C.

Las aberturas de ventilación deben practicarse hacia el área exterior del local. La mitad del área total de ventilación repartida en una o más aberturas debe situarse cerca del piso y la otra cerca del techo.

Cuando no sea posible realizar la ventilación en la forma descrita se debe ubicar el área total de ventilación cerca del techo según la norma NTC 2050 artículo 450-45 literal a y b.

Para que la ventilación sea adecuada, los transformadores deberán tener una separación a cualquier equipo o pared, orientando en lo posible las rejillas de ventilación del transformador, en la misma dirección del aire.

Para una adecuada ventilación la salida de aire debe estar ubicada a nivel de techo en la pared opuesta a la entrada de aire que debe estar cerca del piso.

### **3.2 BÓVEDAS PARA TRANSFORMADORES**

La parte C del Artículo 450 del Código Eléctrico Colombiano, Norma NTC 2050 establece condiciones generales que deben tener los locales para instalar dentro de edificaciones los transformadores aislados en aceite. Básicamente se aplican los artículos 450-26 “Transformadores en aceite instalados en interiores “y artículos 450-41 al 450-48 de la Norma NTC 2050.

Las Bóvedas (locales reforzados) para transformadores aislados en aceite deben ser ubicados donde tengan ventilación al aire exterior de manera natural. En caso contrario se utilizarán ductos a prueba de fuego y ventilación forzada.

A continuación, se relacionan los parámetros de construcción que deben tener las Bóvedas (locales reforzados) para transformadores aislados en aceite.

**3.2.1 Paredes, techos y pisos.** Las paredes y techos de las bóvedas deben ser contruidos en materiales que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de uso y que sean resistentes al fuego, mínimo 3 horas.

El piso debe ser de concreto, con un espesor mínimo de 10 cm cuando la bóveda se construya directamente en contacto con el terreno natural y cuando se construya sobre áreas vacías o sótanos, además de soportar la carga estructural también debe resistir el fuego durante mínimo 3 horas.

Cuando la capacidad de transformador aislado en aceite no excede de 112,5 kVA, las paredes podrán construirse de hormigón armado de un espesor no menor de 4" (10,2 cm).

Una construcción típica de resistencia al fuego durante 3 horas es una pared o placa de concreto reforzada de 6 pulgadas (15,2 cm) de espesor o un muro construido en ladrillo recocido instalado en tabique ó soga de 20 cm de ancho.

Como excepción, se permite la construcción de bóvedas para transformadores con resistencia al fuego de una hora, cuando estén dotados de rociadores automáticos de agua o elementos químicos apropiados para extinción de incendios.

Los transformadores aislados en aceite deben tener foso y brocal en el umbral de la puerta del local para confinar el líquido dieléctrico y evitar que se trasmita a otras áreas. La altura debe dimensionarse de forma que permita confinar dentro de la bóveda el aceite del transformador. En ningún caso la altura del brocal debe ser menor de 10 cm.

**3.2.2 Puertas para bóvedas.** La bóveda para transformadores en edificios con acceso desde el interior o en algunos casos con acceso desde el exterior, cuando existe material inflamable cercano, tanto la puerta como el marco debe ser

resistente al fuego mínimo de tres (3) horas, de dos (2) hojas y cierre hermético, del tipo oscilante abriendo hacia afuera, fabricada en lámina cold rolled calibre 14 BWG como mínimo de 2 mm de espesor, con aislamiento térmico que garantice las características dadas por la norma NFPA-80, vigente.

La chapa de la puerta debe ser de fácil apertura y solo se permitirá el acceso a personal autorizado. La puerta debe tener incluida una manija antipánico resistente al fuego por tres (3) horas que abra desde el interior de la bóveda y un cierra puerta que garantice que la puerta se cierre ante una salida rápida de la bóveda.

Opcionalmente, la puerta puede estar provista de un panel de visión de vidrio con resistencia al fuego mínimo de tres (3) horas de dimensiones iguales o superiores a 20 x 20 cm, con aislamiento térmico que garantice las características dadas en la Norma NFPA - 80, vigente.

**3.2.3 Ventilación para bóveda y compuertas de fuego.** La ventilación estará ubicada lo más lejos posible de puertas, salidas de incendio o escape y de material combustible.

Las bóvedas ventiladas por circulación natural de aire al exterior tendrán no más del 50% de aberturas en la parte inferior del local para entrada del aire lo que implica que el otro 50% de aberturas para la salida del aire por la parte superior de las paredes, aproximadamente mitad y mitad del área de ventilación necesaria en cada pared, o la totalidad en la parte superior cerca del techo.

Para el caso de bóvedas ventiladas por circulación natural del aire hacia el exterior, deberá tenerse un área efectiva de ventilación, después de descontar el área de rejillas, persianas o celosías, no menor de veinte centímetros cuadrados

(20 cm<sup>2</sup>) por kVA de transformador(es) en servicio mayores de 50 kVA y para transformadores menores de 50 kVA no será menor de 929 cm<sup>2</sup>.

Las áreas de ventilación estarán cubiertas con rejillas y persianas con el objeto de evitar condiciones peligrosas e inseguras.

Las áreas de ventilación dirigidas hacia el interior del edificio deberán tener compuertas de fuego de cierre automático que operen en respuesta al fuego dentro de la bóveda.

Cuando se necesite la instalación de ductos hacia el exterior de la edificación para la ventilación de las bóvedas de transformadores, estos serán construidos con material resistente al fuego.

Por la bóveda del transformador no podrá pasar tuberías de agua, alcantarillado, gas o cualquier otro tipo de instalación, excepto cuando las tuberías de agua alimentan los aspersores del sistema contra incendio del local del Centro de Transformación.

Se recomienda la ventilación apropiada tanto para las condiciones normales de operación del transformador como para el caso de incendio, de modo que se permita la evacuación del aire caliente, humos y gases nocivos al exterior del edificio y hacia un lugar adecuado, donde puedan diluirse en el ambiente y se minimicen los riesgos para la salud de las personas que se encuentren cerca y evitar la propagación del fuego a otros edificios vecinos. Las bóvedas sin ventilación apropiada o hermética ocasionan el calentamiento del transformador y en caso de incendio, existe riesgo de explosión como consecuencia del aumento de la presión y temperatura interna.

**3.2.4 Pasamuros.** Al cruzar la pared de la bóveda del transformador con cables de M.T.\* y B.T.,\*\* se deben realizar las perforaciones adecuadas con barreras o sellantes de acuerdo con los diámetros de los conductores de tal forma que no se permita el paso del fuego o el aceite del transformador que se pueda haber derramado.

Para el caso de transformadores secos abiertos clase H o encapsulados en resina clase F, no se requiere de este pasamuros.

Tabla 3. Tipo de Aislamiento de Transformadores y sitio de Instalación

| SITIO DE INSTALACIÓN                | AISLAMIENTO DEL TRANSFORMADOR |              |              |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
|                                     | ACEITE DIELECTRICO            | SECO CLASE H | SECO CLASE F |
| SEMISOTANO                          | 1a, 2a                        | 1b           | 1b           |
| SÓTANO                              | 1a, 2a                        | 1b (*)       | 1b           |
| PISO 1                              | 1a, 2a                        | 1b           | 1b           |
| PISOS SUPERIORES                    | --                            | 1b           | 1b           |
| SEPARADOS DEL EDIFICIO $\geq 1,5$ m | 2c                            | 1b           | 1b           |
| DEBAJO DEL ANDEN                    | 3                             | -            | -            |

- 1- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN CAPSULADO  
 2- TRANSFORMADOR DE PEDESTAL  
 3- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN SUBTERRÁNEO  
 a- LOCAL RESISTENTE AL FUEGO  
 b- LOCAL  
 c- INTEMPERIE

(\*) Sótano con sistema de control automático de bombas en caso de inundación.

Fuente: Norma NTC 2050

---

\* Media Tensión (M.T.).  
 \*\* Baja Tensión (B.T.).

El Centro de Transformación eléctrica no debe estar localizado en áreas clasificadas como peligrosas, de acuerdo con el capítulo 5 (artículos 500 a 517) de la norma NTC 2050.

### **3.3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS CELDAS CON SECCIONADORES EN AIRE**

**3.3.1 Diseño mecánico.** Las celdas serán diseñadas bajo los siguientes criterios:

- Que soporten los esfuerzos electromecánicos que se pueden presentar en caso de cortocircuito, es decir que tengan una alta estabilidad.
- Que den seguridad al operario, impidiendo el acercamiento a partes vivas en operación y mantenimiento.
- Que sean autos soportados.

**3.3.2 Estructura de la celda.** La construcción de la estructura de las celdas puede ser en lámina doblada o perfiles angulares, siempre y cuando de la seguridad específica.

Si las celdas son fabricadas en estructura de ángulo de acero éste será de 1 ½" x 1 ½" x 3/16" como mínimo, recubiertas con lámina calibre BWG 16 (1,588 mm) como mínimo o fabricadas en su totalidad en lámina calibre BWG 16 (1,588 mm) como mínimo con sus respectivos dobleces para garantizar una estructura sólida.

**3.3.3 Soportes de los equipos.** Los soportes de fijación de los seccionadores bajo carga y aisladores para barraje, serán en ángulo de acero de 2" x 2" x 3/16" como mínimo, se fijarán a la estructura de la celda con tornillos de ½" de diámetro o se soldarán a la estructura.

Las celdas de entrada- salida y protección deberán estar dotadas de un soporte ubicado en la parte frontal que permitan alojar la palanca de accionamiento de los seccionadores.

Las celdas llevarán abrazaderas de soporte para los cables de Media Tensión en las celdas de entrada - salida, protección y transformador.

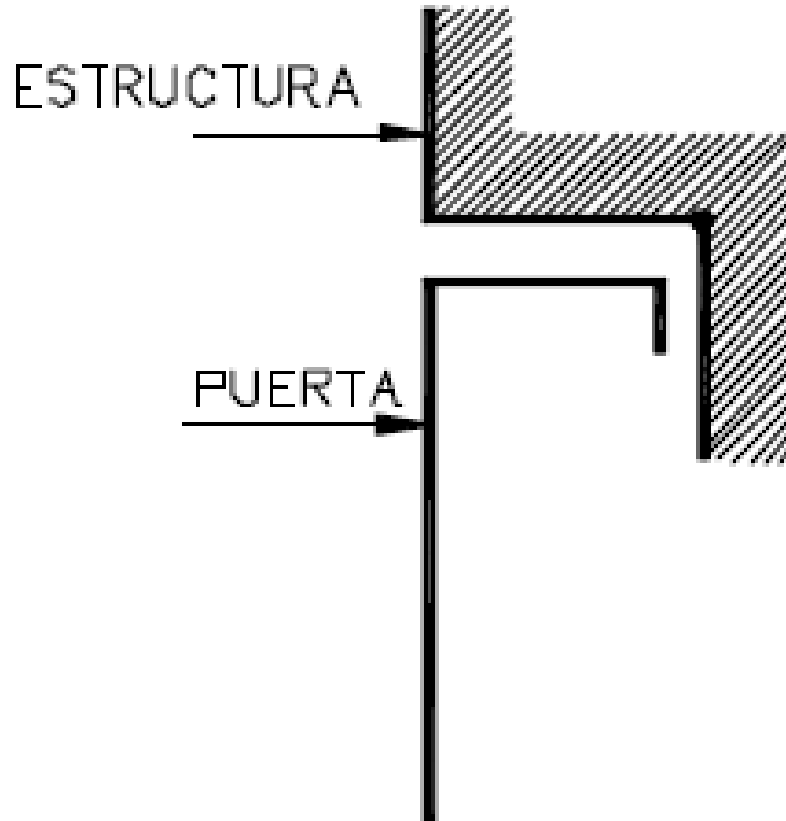
**3.3.4 Tortillería.** Toda la tornillería, tuercas, arandelas planas y de presión que se empleen en las celdas serán galvanizadas o iridizadas.

**3.3.5 Lámina.** Tanto la lámina Cold Rolled (C.R) de envoltura de la celda como la lámina C.R. de separación entre celdas deberán ser como mínimo de calibre 16 BWG (1,588), fijadas a la estructura internamente o externamente siempre y cuando las cabezas de los tornillos no sobresalgan de la superficie en los paneles de las celdas y éstos tornillos estén asegurados con tuerca y contratuerca en la parte interna.

**3.3.6 Grado de protección.** El grado de protección exterior de la celda será IP-4X, de acuerdo con la tabla 1 de la Norma IEC 298, es decir protegida contra la entrada de cuerpos sólidos superiores a 1 mm. Este grado de protección no es válido para la celda del transformador.

**3.3.7 Puerta.** La puerta será construida en lámina C.R. calibre 14 BWG como mínimo, pero también se acepta la lámina C.R. calibre 16 BWG siempre y cuando los dobleces sean hechos en forma de U, como se muestra en detalle de la Figura 4 y estén dotadas de refuerzos adecuados que le den estabilidad y seguridad.

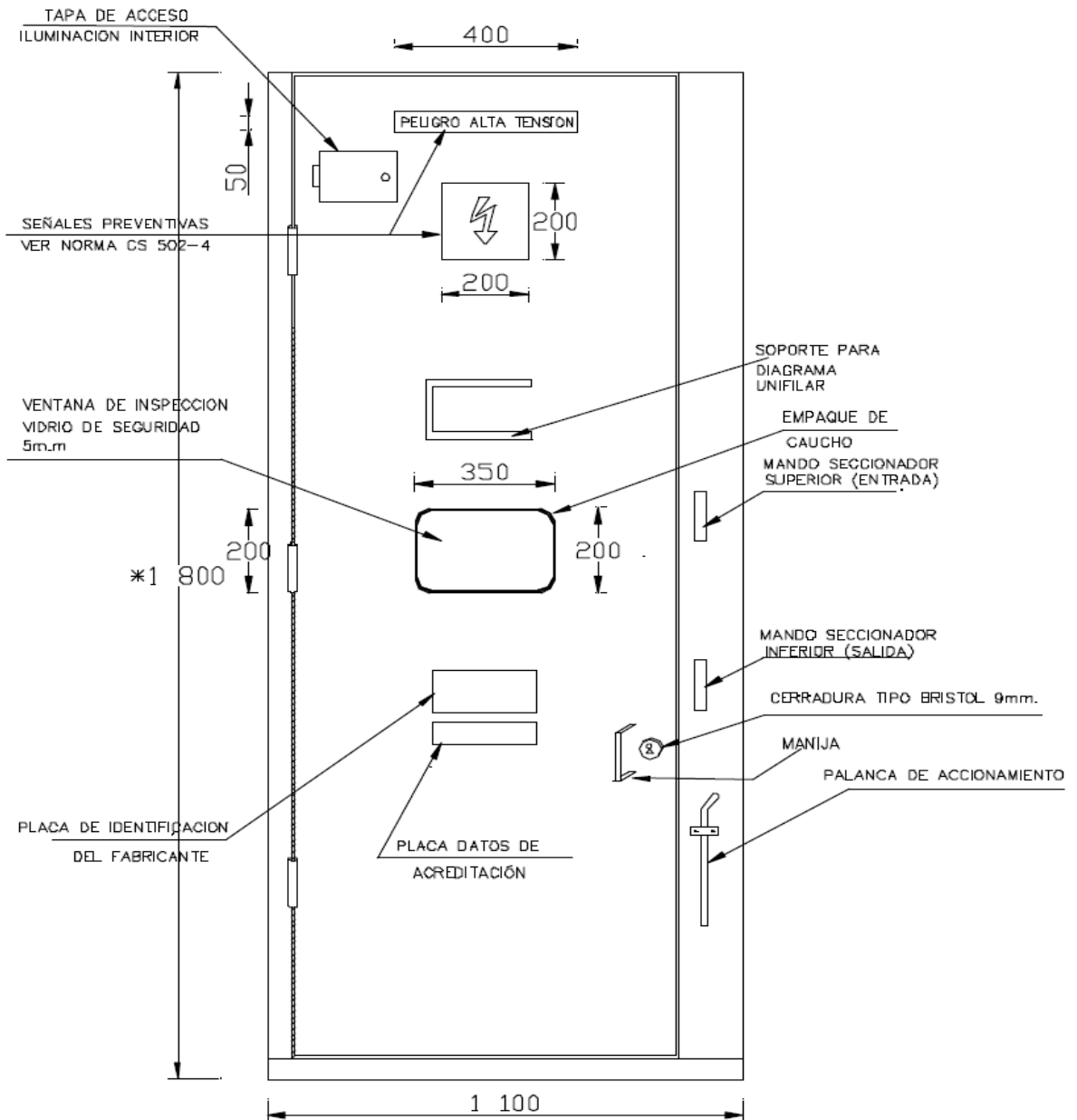
Figura 4. Vista detalle cierre de la puerta



Fuente: Normas Codensa

Su cierre y ajuste será de tal forma que la puerta quede asegurada como mínimo en tres puntos (superior, central e inferior) y la chapa estará provista de llave tipo Bristol de 9 mm, ver figura 5. No se aceptarán cierres de tornillo.

Figura 5. Vista frontal del seccionador



Fuente: Normas CODENSA.

Las puertas deben poseer una agarradera suficientemente rígida que facilite su accionamiento y dotadas de tres bisagras fabricadas en materiales inoxidables o en acero con recubrimientos electrolitos o galvanizados en caliente apropiados para impedir la corrosión. Las bisagras deben instalarse de tal forma que no

pierdan el recubrimiento protector y que sea imposible desmontarlas desde el exterior cuando las celdas se encuentren cerradas. Solamente se permitirán bisagras soldadas cuando éstas sean interiores (en los demás casos serán en acero inoxidable). La puerta de la celda de entrada salida, o del seccionador de maniobras o en su defecto la celda del transformador llevará un marco para la colocación del diagrama unifilar del Centro de Transformación, el cual tendrá como dimensiones las de una hoja de tamaño carta, protegida con acetato.

**3.3.8 Ventana de inspección.** Sobre la puerta de las celdas de los seccionadores se ubicará una ventana de 20 x 35 cm con extremos redondeados (radio de curvatura no menor a 80 mm), que permita la inspección interna de la celda. Esta llevará un vidrio de seguridad con un espesor mínimo de 5 mm, fijado mediante empaque de caucho de tal forma que no pueda retirarse por el frente.

Todas las celdas de los Centros de Transformación capsulados deberán tener alumbrado eléctrico interior para facilitar la inspección de los equipos y conexiones en la celda. Para esto se instalará en la parte superior izquierda de la puerta de la celda, una tapa de acceso que permita la operación del interruptor y el cambio o reposición de la bombilla, sin necesidad de abrir la puerta. La alimentación del alumbrado será preferiblemente mediante un ducto de ½" que ingrese a la celda por el piso.

**3.3.9 Enclavamiento mecánico.** La puerta de acceso a la celda de protección estará enclavada con el mecanismo de apertura y cierre del seccionador alojado en la celda, tal que la puerta no puede ser abierta si el seccionador está cerrado y si la puerta está abierta no se podrá operar el seccionador.

El enclavamiento será de tipo mecánico, lo suficientemente fuerte tal que pueda resistir sin daño, una operación indebida con esfuerzos normales.

La celda de entrada y salida irá resguardada por medio de una cubierta tipo acrílico de 5 mm de espesor, transparente incolora fijada a la cara interna del marco de la puerta, removible frontalmente.

Este acrílico debe instalarse de tal forma que pueda ser retirado por el frente sin que exista la posibilidad de que al quitarle los tornillos de sujeción este pueda caer hacia el seccionador o hacia el piso.

**3.3.10 Tapas de onda explosiva.** Las celdas llevarán una tapa en el techo, que sirva para el alivio de la onda de choque en caso de explosión. Se exceptúa la celda de medida.

**3.3.11 Esquema de pintura.** El sistema de pintura puede ser por secamiento al aire o por medio de un horno y debe aplicarse con el siguiente procedimiento.

- **Preparación de superficie**

- a. **Desoxidación:** La superficie debe estar seca, libre de polvo, mugre, grasa, cera y óxido. Para lo cual requiere una limpieza del metal que puede llevarse a cabo en forma mecánica o química, preferiblemente una combinación de ambas, con el fin de eliminar todas las oxidaciones que presente la superficie.

- b. **Desengrase:** Una vez efectuada la desoxidación es necesario llevar a cabo un desengrase completo por ataque químico, o en su defecto por medio de solventes o alcalinos, de acuerdo con el tipo de pintura a utilizar. La pieza desengrasada debe ser manipulada de tal forma que no exista posibilidad de ser nuevamente engrasada.

- c. **Fosfatizado:** Toda la superficie debe ser fosfatizada con el fin de darle la protección superficial contra la corrosión y adherencia a la capa de pintura. Éste debe ser aplicado por inmersión o spray.

El fosfatizado si se hace con fosfato de zinc debe tener una capa entre 150 y 200 mg / pie<sup>2</sup> y en caso de aplicarse fosfato de hierro deberá tener una capa de 40 a 80 mg / pie<sup>2</sup>.

Una vez aplicada la capa de fosfato se debe lavar con agua fría para mover los químicos activos que puedan causar corrosión.

**Pintura:** Ya preparada la superficie con los procedimientos anteriores se aplicará la pintura, para lo cual se deberán seguir estrictamente las recomendaciones del fabricante del producto a utilizar.

Si se trata de pintura de secamiento al aire, se deben aplicar dos capas de anticorrosivo basado en resinas epóxicas, alquídicas o caucho clorado, con un espesor mínimo de pintura seca de 50 micras.

Posteriormente, se aplicarán dos capas de pintura de acabado basado en resinas epóxicas, alquídicas o caucho clorado, con un espesor mínimo de pintura seca de 85 micras.

Si la pintura es horneable se aplicará una capa de base horneable. Posteriormente deberá aplicar una capa de esmalte horneable liso basado en resinas alquídicas nitrogenadas con un espesor mínimo de 40 micras.

**Pruebas:** Se efectuarán pruebas de adherencia de acuerdo con la Norma NTC 811 (método ensayo de la cinta adhesiva en cuadrícula). La prueba de envejecimiento se hará de acuerdo con la Norma NTC 1156 (Procedimiento para el ensayo de la cámara salina).

Se realizarán pruebas de espesor de las capas de fosfatizado y acabado final de acuerdo con lo especificado en esta Norma.

**3.3.12 Puesta a tierra de celdas.** En la parte inferior frontal de las celdas se debe instalar una platina de cobre con una sección mínima de 20 x 3 mm<sup>2</sup>.

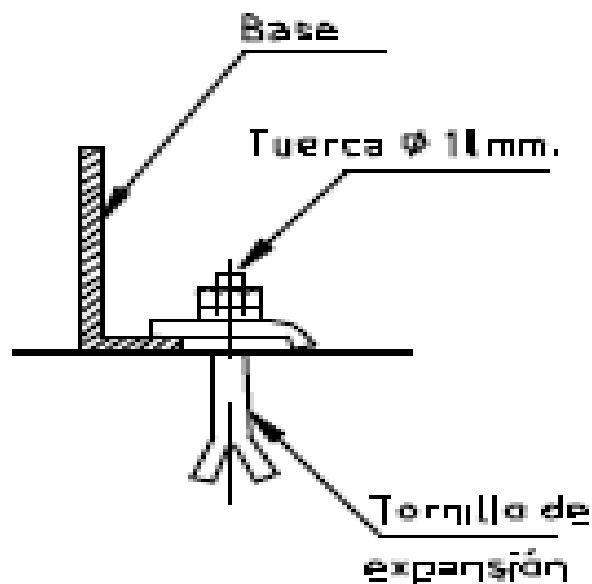
Esta barra de tierra debe soportar los esfuerzos térmicos y mecánicos causados por corrientes de cortocircuito.

La barra de tierra se instalará a lo largo de cada celda y se unirá con las otras celdas mediante cable de cobre desnudo 2/0 AWG y conectores de compresión.

Las puertas de la celda se conectarán a la barra de tierra con un conductor flexible desnudo calibre 2 AWG por lo menos. La barra de tierra irá fijada a la base de las celdas.

**Anclaje:**

Figura 6. Sistema de fijación de la puesta a tierra



Fuente: Normas CODENSA

### 3.4 SECCIONADOR TRIPOLAR EN AIRE 17,5 kV DE OPERACIÓN BAJO CARGA

El seccionador en aire de los circuitos de entrada y salida de los Centros de Transformación debe ser tripolar de operación bajo carga con las siguientes características:

#### 3.4.1 Características técnicas

Tabla 4. Características seccionador tripolar en aire 17,5 kv de operación bajo carga

|  |         |
|--|---------|
| Tensión nominal  | 17,5 kV |
| Tensión máxima de impulso  |         |
| Entre polo y tierra  | 95 kV   |
| Entre polos  | 110 kV  |
| Tensión máxima a frecuencia industrial durante un minuto   |         |
| Entre polo y tierra  | 38 kV   |
| Entre polos  | 45 kV   |
| Corriente nominal Cuando el circuito sea calibre 4/0 Cu o superior, Se acepta seccionador de corriente nominal 400 A. cuando el circuito de M .T. sea en calibre 2/0 de Cu)                                | 630 A   |
| Frecuencia   | 60 Hz   |
| Capacidad de cierre en cortocircuito simétrico válido para dos veces en la vida útil del equipo  | 12,5 kA |
| Capacidad de cierre en cortocircuito asimétrico válido para dos veces en la vida útil del equipo   | 31 kA   |
| Número de operaciones con la corriente nominal es 100, para seccionadores de uso general (ver Norma IEC 694) y 1 000 operaciones para el ensayo de resistencia mecánica (ver número 6.102 Norma IEC 265-1) |         |

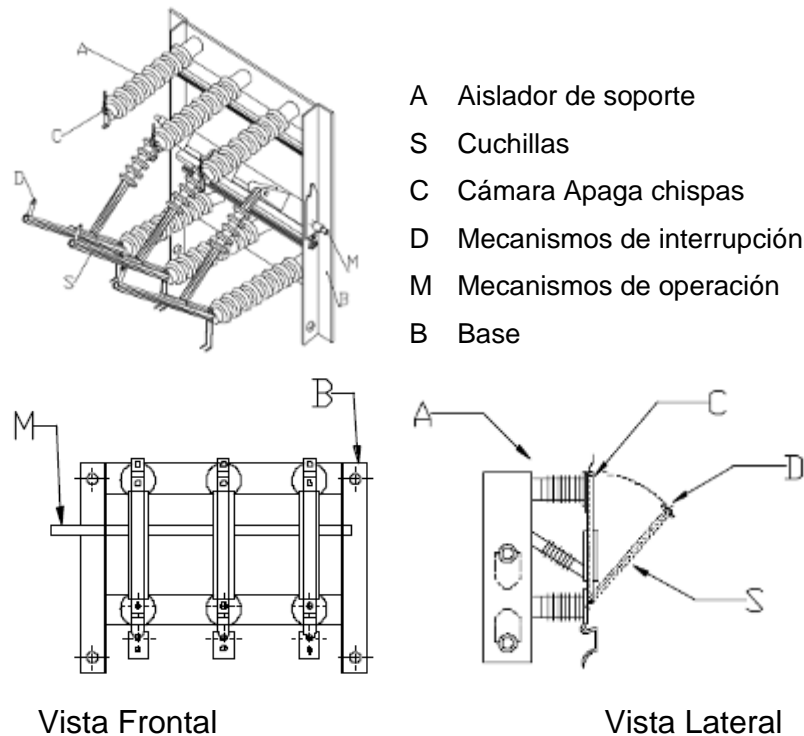
Fuente: Norma NTC 2131 (IEC 265-1) e IEC 694.

Además, el seccionador tendrá las siguientes características:

- Mecanismo de disparo que minimice el tiempo de apertura y cierre de los contactos del seccionador independiente del operador.
- Operación manual por medio de palanca con acceso frontal en el exterior de la celda.
- El seccionador estará provisto de contactos principales de conexión y contactos de interrupción que hagan conexión con los contactos fijos en una cámara extintora de arco.
- El material de los contactos de interrupción será apto para proporcionar máxima duración por interrupción de cargas y cierre bajo fallas.
- Distancia mínima entre fases y tierra 19 cm.

Para la instalación de los seccionadores se exige el protocolo de ensayos de rutina requeridos por la norma NTC 2131.

Figura 7. Seccionador tripolar en aire 17,5 kV de operación bajo carga



Fuente: Normas CODENSA

### 3.5 SECCIONADOR TRIPOLAR EN AIRE 17,5 kV DE OPERACIÓN BAJO CARGA CON FUSIBLE

El seccionador de operación bajo carga para la protección del transformador deberá tener las siguientes características:

#### 3.5.1 Características técnicas

Tabla 5. Característica seccionador en aire de los circuitos de entrada y salida

|  |          |
|--|----------|
| Operación  | Tripolar |
| Tensión nominal  | 17,5 kV  |
| Tensión máxima de impulso  |          |
| Entre polo y tierra  | 95 kV    |
| Entre polos  | 110 kV   |
| Tensión máxima a frecuencia industrial durante un minuto   |          |
| Entre polo y tierra  | 38 kV    |
| Entre polos  | 45 kV    |
| Corriente nominal  | 400 A    |
| Frecuencia   | 60 Hz    |
| Capacidad de cierre en cortocircuito simétrico válido para dos veces en la vida útil del equipo  | 12,5 kA  |
| Capacidad de cierre en cortocircuito asimétrico válido para dos veces en la vida útil del equipo   | 31 kA    |
| Número de operaciones con la corriente nominal es 100, para seccionadores de uso general (ver Norma IEC 694) y 1 000 operaciones para el ensayo de resistencia mecánica (ver número 6.102 Norma IEC 265-1) |          |

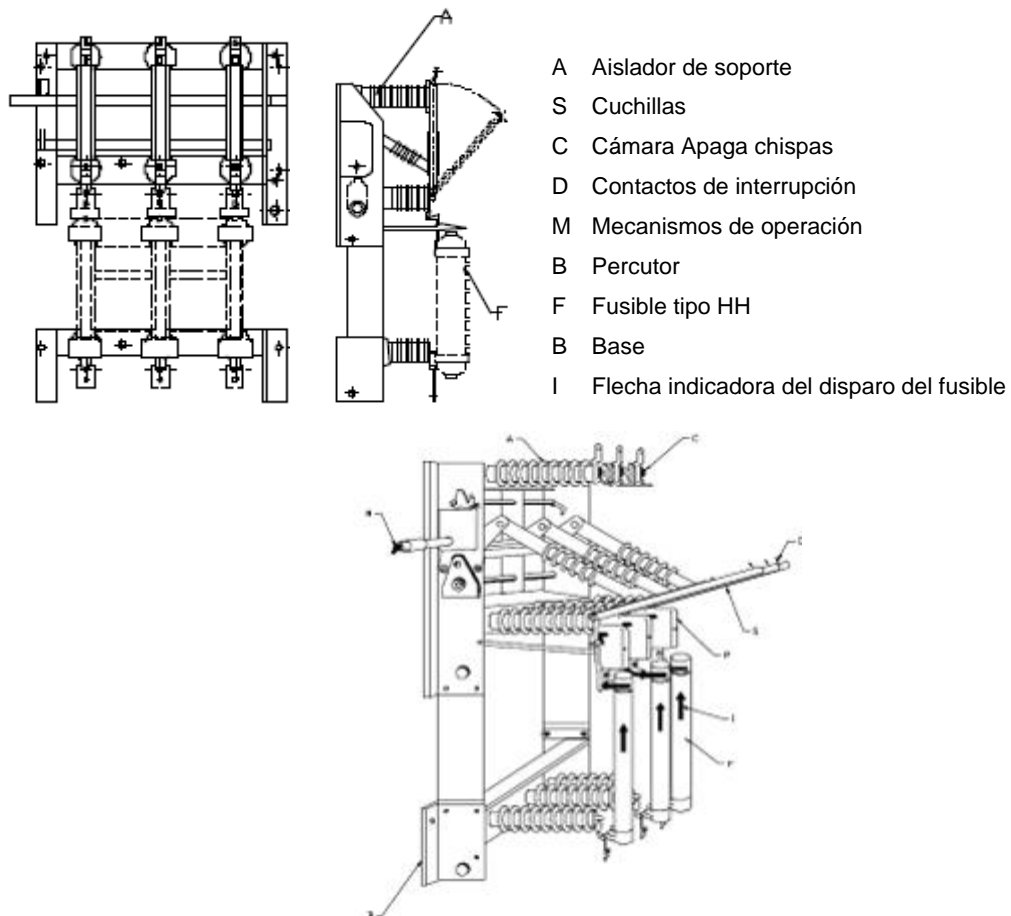
Fuente: Norma NTC 2131 (IEC 265-1) e IEC 694

Además, el seccionador tendrá las siguientes características:

- Disparo libre.

- Mecanismo de operación de energía almacenada, independiente del operador.
- Operación manual por medio de palanca con acceso frontal en el exterior de la celda.
- El seccionador estará provisto de contactos principales de conexión y contactos de interrupción que hagan conexión con los contactos fijos en una cámara extintora de arco.
- El material de los contactos de interrupción será apto para proporcionar máxima duración por interrupción de cargas y cierre bajo fallas.
- Los fusibles serán limitadores de corriente de rango total.

Figura 8. Seccionador tripolar en aire 17,5 kv de operación bajo carga con fusibles



Fuente: Normas CODENSA

### 3.6 SECCIONADOR DÚPLEX TRIPOLAR EN AIRE 17,5 kV 630 A. DE OPERACIÓN BAJO CARGA

El seccionador Dúplex en aire está compuesto de dos seccionadores unidos, uno de entrada y otro de salida con derivación central mediante platinas. Instalación interior, deben ser tripolar de operación bajo carga con las siguientes características:

#### 3.6.1 Características técnicas

Tabla 6. Seccionador dúplex en aire 17,5 kV de operación bajo carga con fusibles

|  |          |
|--|----------|
| Operación  | Tripolar |
| Tensión nominal  | 17,5 kV  |
| Tensión máxima de impulso  |          |
| Entre polo y tierra  | 95 kV    |
| Entre polos  | 110 kV   |
| Tensión máxima a frecuencia industrial durante un minuto   |          |
| Entre polo y tierra  | 38 kV    |
| Entre polos  | 45 kV    |
| Corriente nominal  | 630 A    |
| Frecuencia   | 60 Hz    |
| Capacidad de cierre en cortocircuito simétrico válido para dos veces en la vida útil del equipo  | 12,5 kA  |
| Capacidad de cierre en cortocircuito asimétrico válido para dos veces en la vida útil del equipo   | 31 kA    |
| Número de operaciones con la corriente nominal es 100, para seccionadores de uso general (ver Norma IEC 694) y 1 000 operaciones para el ensayo de resistencia mecánica (ver número 6.102 Norma IEC 265-1) |          |

Fuente: Norma NTC 2131 (IEC 265-1) e IEC 694

Además, cada seccionador tendrá las siguientes características:

- Mecanismo de disparo que minimice el tiempo de apertura y cierre de los contactos del seccionador independiente del operador.
- Operación manual por medio de palancas independientes con acceso frontal en el exterior de la celda.
- Cada seccionador estará provisto de contactos principales de conexión y contactos de interrupción que hagan conexión con los contactos fijos en una cámara extintora de arco.
- El material de los contactos de interrupción será apto para proporcionar máxima duración por interrupción de cargas y cierre bajo fallas.
- Distancia mínima entre fases y tierra 19 cm.

La extinción del arco se efectúa mediante aire a presión atmosférica, generando por el mismo. El soplado del aire y la velocidad de separación de los contactos deben garantizar su apertura.

Se deben identificar claramente la posición de los seccionadores, cuando es operado manualmente.

El seccionador dúplex debe tener placas de identificación que contenga la siguiente información: Nombre del fabricante, año de fabricación, referencias del fabricante, número de serie, características nominales, normas que cumple, número y vigencia de la certificación.

Para la instalación de los seccionadores se exige el protocolo de ensayos de rutina requeridos por la norma NTC 2131, con el visto bueno de la Empresa Certificadora del producto.

### 3.7 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN GENERAL

Los armarios deberán ser construidos en lámina de acero Cold Rolled calibre 16 BWG (1,588 como mínimo) o en poliéster reforzado con fibra de vidrio. Cuando se utilicen materiales sintéticos o fibra de vidrio para la construcción de los armarios para medidores de energía, deberán garantizarse entre otros, los siguientes aspectos:

- Alta resistencia al impacto.
- Auto extingible.
- No higroscópico.
- Baja degradación.
- Resistencia a la deformación por altas temperatura.
- Excelentes propiedades dieléctricas.

Sobre el armario se debe aplicar una pintura epóxica, color beige o gris RAL 7032, la cual debe ser horneada y resistente a los rayos ultravioleta.

El total de la capa de recubrimiento será mínimo de 65  $\mu\text{m}$  en el área exterior y de 50  $\mu\text{m}$  en el área interior, sin la presencia de áreas sin recubrimiento.

Todas las capas de pintura deben garantizar una adherencia mínima de todas y de cada una de las capas de 400 libras/pulg<sup>2</sup>, garantizada y probada según Norma ASTM D 4541 de 1995.

El grado de protección que deberá tener la envoltura exterior del armario deberá ser como mínimo IP33 según Norma IEC 144. Cuando el armario esté localizado junto a tableros de registros de gas, o muy cercano, se deberá dar un grado de protección IP 559 y una energía de choque de (20 Julios).

El armario deberá quedar anclado al piso. El sistema de anclaje no deberá estar en un lugar fijo de la base del armario, sino que pueda ser desplazado sobre su base para adaptarlo a la parte civil de la obra sin necesidad de hacerle modificación alguna.

Los armarios deberán instalarse sobre una base de 5 cm de altura, mínimo.

El interior del armario está dividido en tres compartimientos separados, de los cuales el superior e inferior serán intercambiables en su función según las características de instalación, cada una con las particularidades definidas a continuación.

#### COMPARTIMIENTO DEL INTERRUPTOR GENERAL Y BARRAJE

El acceso a este compartimiento es exclusivo del personal debidamente autorizado. Este compartimiento tendrá instalado un barraje tetrapolar protegido por policarbonato o acrílico.

#### COMPARTIMIENTO DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Los interruptores automáticos cumplen la doble función de protección y suspensión de los diferentes circuitos que se deriven del armario, se montarán en este compartimiento.

Todos los dispositivos de protección deberán ser de características tales que se obtengan una coordinación y selectividad completas. El alambrado deberá hacerse de tal forma que los puntos vivos se conecten al "ON" (encendido) del dispositivo y los puntos muertos al "OFF" (apagado), en posición vertical u horizontal del dispositivo. En posición vertical, el dispositivo deberá ser alimentado por la parte superior en donde deberá estar al "ON", y en posición horizontal "ON" a la derecha.

Los sitios para ubicación de los interruptores de protección, deberán identificarse claramente con la ubicación final del tablero o carga a alimentar, mediante marquillas de acero inoxidable, aluminio o plástico firmemente remachadas. No se permitirán marquillas pegadas, atornilladas, hechas con rotuladora, pintura, cinta, marcador o similar. (NTC 2050 art. 110-22).

El usuario suministrará el armario debidamente instalado y alambrado con todas las cuentas identificadas y con los suficientes espacios de trabajo para accionar los aparatos de maniobra y protección. (NTC 2050 art. 110-16 y 230-64).

#### COMPARTIMIENTO PARA EL BARRAJE GENERAL

La capacidad de corriente del barraje en amperios, tensión, número de fases, número de cuentas (capacidad total del armario), nombre del fabricante, número de serie de fabricación, dirección de la fábrica o cualquier otra señal descriptiva que permitirá la identificación de la empresa responsable por el producto y fecha de fabricación, NTC 2050 art. 110-21/384-13.

El calibre del conductor de puesta a tierra y el del conductor entre el neutro y la barra de tierra del armario deberá cumplir lo estipulado en la Tabla 250-94 de la Norma NTC 2050, donde se especifica que el calibre mínimo del conductor de puesta a tierra, es el N°8 AWG. Tanto la barra del neutro como la estructura del armario deberán estar conectadas a tierra.

## 4. INSPECCIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

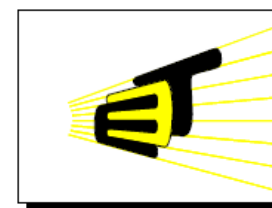
### 4.1 FORMATO DE REGISTRO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELÉCTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: \_\_\_\_\_ DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACIÓN: TRANSFORMACIÓN  
 TENSIÓN: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                    | Distribución  |        |    |        |    |                |   |   | Observac. | Foto |
|----------------|--------------------|---|--------|----|--------|----|----------------|---|---|-----------|------|
| Ítem           | Requisitos         | Redes Subterráneas  | Aplica |    | Cumple |    | No conformidad |   |   |           |      |
|                |                    |   | SI     | NO | SI     | NO | G              | M | L |           |      |
| 1              | RETIE Art34.2..... | Las canalizaciones de protección de cables de media y baja tensión cumplen las condiciones y grado de protección adecuados para su uso  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 2              | RETIE Art34.2..... | La separación entre el borde externo de los conductores y otros servicios como gas, agua, calefacción, vapor, aire comprimido, etc.), es mínimo de 0,2 m o se tomaron las medidas adecuadas cuando no se puede cumplir esta condición |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 3              | RETIE Art34.2..... | Se ha tomado las medidas necesarias para que los conductores dentro de los ductos a lo largo de su recorrido mantengan la separación entre circuitos  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 4              | RETIE Art34.2....  | Los empalmes y derivaciones de los conductores debe ser accesibles  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 5              | RETIE Art34.2...   | No existen canalizaciones sobre el nivel del suelo terminado  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |

| 6    | RETIE Art34.2..      | Para cables de enterramiento directo, el fondo de la zanja no es menor a 0,7 m y se han tomado las medidas adecuadas para su protección mecánica y señalización   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
|------|----------------------|---|--------|----|--------|----|----------------|---|---|-----------|------|--|--|
| 7    | RETIE Art34.2.       | Los ductos tienen una pendiente mínima de 1% hacia las cámaras de inspección, en una zanja de profundidad suficiente que permita un recubrimiento no menor a 0,7 m de relleno sobre el ducto                                    |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 8    | RETIE Art34.2        | Las uniones entre conductores aseguran la máxima hermeticidad posible y no alteran su sección transversal   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 9    | Res SIC 224 de 2000  | El color de los ductos subterráneos es de color verde   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 10   | RETIE Art34.2.....   | Los ductos metálicos son galvanizados en caliente y están puestos a tierra  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 11   | RETIE Art34.2.....   | En ductos metálicos se encuentran agrupados todos los conductores de un circuito incluido el de puesta a tierra de equipos  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 12   | RETIE Art34.2.....   | Los cables subterráneos instalados debajo de construcciones deberán estar alojados en un ducto que salga como mínimo 0,3 m del perímetro de la construcción   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 13   | RETIE Art34.2.....   | En todas las transiciones entre tipos de cables, las conexiones a las cargas, o las derivaciones, deben realizarse en cámaras o cajas de paso, derivación, conexión o salida y son las adecuadas para las funciones específicas |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 14   | RETIE Art34.2.....   | Las cámaras de inspecciones están instaladas en tramos rectos a no más de 40 m entre si   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 15   | RETIE Art17,         | Toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta extra alta tensión, debe disponer de un DPS   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| Ítem | Requisitos           | Subestaciones De Media Tensión Tipo Interior  | Aplica |    | Cumple |    | No conformidad |   |   | Observac. | Foto |  |  |
|      |                      |   | SI     | NO | SI     | NO | G              | M | L |           |      |  |  |
| 1    | RETIE Art29.2        | Se apropió del espacio adecuado para la construcción de la subestación y no está destinado a otros usos   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 2    | NTC 2050 ART 450-22. | Los transformadores tipo seco instalados en exteriores cuentan con encerramientos a prueba de intemperie.   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 3    | RETIE Art15          | El sistema de puesta a tierra es continuo y adecuado para la corriente de falla a tierra prevista   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 4    | RETIE Art30.1        | En el transformador está conectado sólidamente a tierra el tanque, el gabinete, el neutro y el núcleo   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |
| 5    | RETIE Art30.4        | En las subestaciones tipo pedestal, si la temperatura exterior supere los 45°C, hay una barrera de protección para evitar quemaduras  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |  |  |

|    |                      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|----------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 6  | NTC 2050 Art 450-25. | Los transformadores utilizados no están aislados con Askarel ni con cualquiera de sus derivados   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7  | RETIE Art30.2.       | El local de la subestación dentro de una edificación está ubicado en un lugar de fácil acceso desde exterior para personal calificado y a vehículos de transporte de equipos  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8  | RETIE Art30.2        | Los locales ubicados en sótanos y semisótanos, con el techo debajo de antejardines y paredes que limiten con muros de contención, deben estar impermeabilizados   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9  | RETIE Art29.2...     | En las zonas adyacentes a la subestación no se deben almacenar combustibles   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | RETIE Art29.2..      | No existen canalizaciones de agua, gas natural, gases industriales o combustibles excepto los destinados a la protección contra incendios de la subestación   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | RETIE Art17.....     | Existe la placa a la entrada de la subestación con el símbolo de "Peligro Alta Tensión"   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | RETIE Art17.....     | Los transformadores refrigerados en aceite no están instalados en niveles o pisos superiores que estén por encima de sitios de habitación, oficinas y en general lugares destinados a la ocupación de personas      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | RETIE Art17....      | El transformador está provisto de su respectiva placa de identificación   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | RETIE Art17...       | Si una persona distinta al fabricante repara o modifica el transformador, se encuentra instalada una placa adicional  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 | RETIE Art29.2.       | Las subestaciones de distribución secundaria deben asegurar que una persona no pueda acceder a las partes vivas del sistema evitando que sobrepasen las distancias de seguridad, propias de los niveles de tensión. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 | RETIE Art17..        | La persona no puede acceder el contacto de la zona energizada ni tocándola de manera directa ni introduciendo objetos que lo puedan colocar en contacto con la línea  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19 | RETIE Art17.         | Las celdas deben tener medios para controlar los efectos de un arco mediante evacuación de gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o dos metros por encima del frente                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20 | RETIE Art17,.        | Las celdas tienen puertas o tapas con un seguro para permanecer cerradas  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 21 | RETIE Art17..        | Las piezas susceptibles de desprenderse en las celdas deben estar firmemente aseguradas   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 22 | RETIE Art17,,        | Las celdas deben estar eficazmente puestos a tierra   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 24 | RETIE Art30.2,;      | Las cubiertas y puertas no deben permitir el acceso de personal no calificado   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 25 | RETIE Art30.2;       | Existe una indicación ligada directamente a la posición de contactos de los elementos de interrupción y seccionamiento  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



|    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 2  | NTC 2050 Art 250-94.                     | El conductor del electrodo de puesta a tierra tiene el calibre adecuado  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3  | NTC 2050 Art 250-92 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra está protegido y asegurado   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4  | NTC 2050 Art 250-92 (b)                  | La canalización metálica del conductor del electrodo de puesta a tierra esta equipotencializado en sus dos extremos  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5  | NTC 2050 Art 250-91 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra no tiene empalmes o si los tiene están ejecutados con métodos probados o certificados  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6  | NTC 2050 Art 250-83 (c)                  | Los electrodos de puesta a tierra tienen las dimensiones adecuadas y se encuentra instalados de manera apropiada   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7  | NTC 2050 Art 250-112, RETIE Art 15 Núm 2 | La conexión al electrodo de puesta a tierra es accesible e inspeccionable (tiene caja de inspección es de 30x30 cm en instalaciones domiciliarias)                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8  | 250-115, RETIE Art 15 Núm 2              | La conexión al electrodo de puesta a tierra utiliza métodos aprobados o los conectores usados corresponden con los certificados de producto recibidos                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9  | NTC 2050 Art 250-80 (a)                  | Las tuberías metálicas de agua expuestas dentro de la edificación están equipotencializadas  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | NTC 2050 Art 250-80 (c)                  | Las miembros estructurales metálicos de la edificación están equipotencializados   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | NTC 2050 Art 250-79.                     | El calibre, tipo e instalación del puente equipotencial principal es el adecuado   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | NTC 2050 Art 250-72 y 250-75             | Las canalizaciones y encerramientos metálicos de la acometida están correctamente equipotencializados  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 250-72 y 250-94                          | El calibre de los puentes equipotenciales en el equipo de acometida son los adecuados  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | NTC 2050 Art 250-23 (b)                  | El calibre del conductor puesto a tierra de la acometida es el adecuado  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | NTC 2050 Art 250-26.                     | Los sistemas derivados independientes están apropiadamente puestos a tierra, tienen puente de conexión equipotencial y conexión a un electrodo de puesta a tierra                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 | NTC 2050 Art 250-80                      | Las tuberías metálicas de agua expuestas, en el área de los sistemas derivados independientes están equipotencializados  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 | RETIE Art40 IEE LGAIUF                   | Existe un único puente equipotencial principal en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte y está lo más cerca posible a la acometido o al transformador |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| Ítem | Requisitos  | Inspección SPT Transformación y distribución  | Aplica |    | Cumple |    | No conformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|---|---|--------|----|--------|----|----------------|---|---|-----------|------|
|      |   |   | SI     | NO | SI     | NO | G              | M | L |           |      |
| 1    | RETIE Art 15, NTC 2050 Art 250-80                   | Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas no son incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 2    | RETIE Art15, Num2, Par3, NTC 2050 Art 250-81        | Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puesta a tierra deben ser realizadas mediante soldadura exotérmica o conectores certificados para su uso                              |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 3    | RETIE Art15, NTC 2050 Art250-83 Num e               | Los electrodos de puesta a tierra no son de aluminio  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 4    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los componentes que forma parte del sistema de puesta a tierra de la subestación están debidamente equipotencializados  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 5    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los electrodos se encuentra enterrados en su totalidad  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 6    | RETIE Art15, Num3, 3.1, NTC 2050 Art 250-112        | El punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la tierra son accesibles, la parte superior del electrodo enterrado debe quedar mínimo a 15 cm de la superficie |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 7    | RETIE Art15, Num3, 3.3, Par3, NTC 2050 250-91 num a | Los conductores de puesta a tierra deben ser continuos, sin interruptores o medios de desconexión y cuando se empalman, de emplean las técnicas adecuadas o métodos certificados        |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 8    | RETIE Art15, Num4, Tab25                            | El valor de la resistencia de puesta a tierra no es mayor al indicado en la tabla 25 del Reglamento   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |

| Grupo De Lista |                             | Transformación   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
|----------------|-----------------------------|--|--------|----|--------|----|----------------|---|---|-----------|------|
| Ítem           | Requisitos                  | Celda en Media Tensión   | Aplica |    | Cumple |    | Incumple       |   |   | Observac. | Foto |
|                |                             |  | SI     | NO | SI     | NO | G              | M | L |           |      |
| 1              | RETIE Art17 9.2             | La celda de media tensión tiene adherida de manera clara, permanente y visible, la siguiente información: Tensión(es) nominal(es) de operación, Corriente nominal de operación, Número de fases, Marca registrada del fabricante, El símbolo de riesgo eléctrico |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| Ítem           | Requisitos                  | Distancia de seguridad   | Aplica |    | Cumple |    | Incumple       |   |   | Observac. | Foto |
|                |                             |  | SI     | NO | SI     | NO | G              | M | L |           |      |
| 1              | RETIE Art31, Fig20 y Fig20A | Las zonas dedicadas a circulación de personal son claramente identificables en el patio de la subestación  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 2              | RETIE Art29                 | La distancia que delimita la zona de seguridad para circulación de personal es mayor a 2,5 m en toda su extensión  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 3              | RETIE Art29, Tab44          | La distancia de seguridad en zonas de circulación de personas es la adecuada para la tensión de la instalación y cumple con los dispuesto en la tabla 44 del RETIE   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 4              | RETIE Art29, Tab44.         | En las zonas de trabajo, la distancia vertical de seguridad medida desde el plano de trabajo es la adecuada para la tensión de la Subestación  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 5              | RETIE Art29, Tab44..        | En las zonas de trabajo la distancia de seguridad horizontal es la adecuada para la tensión de la Subestación  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 6              | RETIE Art29, Tab44...       | Las zonas de seguridad en las zonas de trabajo están delimitadas por 1,75 m medidos horizontalmente desde el equipo y 1,25 m medidos verticalmente desde el plano de trabajo   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 7              | RETIE Art29, Tab44....      | En las zonas de circulación de vehículos, la distancia de seguridad es la adecuada para la tensión de la subestación y de acuerdo a la distancia de gálibo supuesta  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| 8              | RETIE Art29, Tab45          | Los cercos o paredes que son instalados como barreras para el personal no autorizado, están colocados de tal manera que las partes expuestas energizadas queden por fuera de la zona de seguridad  |        |    |        |    |                |   |   |           |      |
| Ítem           | Requisitos                  | Tablero de Baja Tensión  | Aplica |    | Cumple |    | No conformidad |   |   | Observac. | Foto |
|                |                             |  | SI     | NO | SI     | NO | G              | M | L |           |      |
| 1              | RETIE Art17 Num9,           | Toda parte conductora de corriente debe ser rígida y construida en plata, una aleación de plata, cobre. No se debe utilizar hierro o acero en una parte que a conducir corriente   |        |    |        |    |                |   |   |           |      |

|    |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 2  | RETIE Art17<br>Num9. NTC<br>2050 Art 384-30 | Los encerramientos de estos tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3  | RETIE Art17<br>Num9..                       | Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm, líquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo.                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4  | RETIE Art17<br>Num9...                      | Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5  | RETIE Art17<br>Num9.1.1                     | Los barrajes se deben utilizar tornillos de acero, tuercas y clavijas de conexión.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6  | RETIE Art17<br>Num 9.1.1.                   | La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la proyectada para los conductores del alimentador del tablero. Todos los barrajes, incluido el del neutro y el de tierra se deben montar sobre aisladores.         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7  | RETIE Art17<br>Num 9.1.1..                  | La disposición de las fases de los barrajes en los tableros trifásicos, debe ser A, B, C, tomada desde el frente hasta la parte posterior; de la parte superior a la inferior, o de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8  | RETIE Art17<br>Num 9.1.1...                 | 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.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9  | RETIE Art17<br>Num 9.1.1....                | Todos los elementos internos que soportan equipos eléctricos deben estar en condiciones de resistir los esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de falla del sistema.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | RETIE Art17<br>Num 9.1.2                    | Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro o tierra requeridos.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | RETIE Art 17<br>Num 9.1.2.                  | Se indica la tensión de trabajo del tablero y la capacidad de corriente de los barrajes de las fases, el neutro y la tierra.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | RETIE Art17<br>Num 9.1.2..                  | Se provee de un barraje aislado para los conductores neutros del circuito alimentador y los circuitos derivados.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | RETIE Art17<br>Num 9.1.2...                 | El tablero tiene un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | RETIE Art17<br>Num 9.1.2....                | La instalación del tablero tiene en cuenta el código de colores establecido en la tabla 13 del RETIE e identificar cada uno de los circuitos.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| Observaciones, Modificaciones y Advertencias Especiales (Si las hay) |  |
|--|--|
| Nº descripción   |  |
|  |  |
| RESUMEN  | Total requisitos Evaluados: _____ Total requisitos Cumplidos: _____ Total requisitos No Cumplidos: _____ |

Fuente: Autores

## 4.2 PRUEBAS DIAGNÓSTICAS

Esta etapa se ocupa del qué, cómo, cuándo y dónde efectuar la verificación de la condición.

**¿Qué medir?** Debe existir un parámetro que es el indicativo de la condición del equipo y del avance de la falla. Por ejemplo para el caso del mantenimiento de los transformadores, el nivel de aislamiento, rigidez dieléctrica del aceite, temperaturas de operación de los equipos, entre otros.

**¿Cómo medir?** Existen a disposición instrumentos y técnicas capaces de comprobar el parámetro. Algunas se mencionaron anteriormente como el megohmetro, el analizador de redes, la cámara termográfica, etc.

**¿Cuándo medir?** La técnica de verificación debe poder proporcionar un periodo útil para la detección de la falla, es decir, el tiempo de aviso anticipado entre la confirmación de un problema y una eventual falla catastrófica del equipo. Este hecho determinará la frecuencia de la verificación.

Con respecto a esto, se pueden acoger criterios ofrecidos por alguna norma o publicación técnica que proporcione parámetros para evaluar la criticidad de las fallas. En cuanto a la frecuencia de verificación es importante tener en cuenta las limitaciones de recursos que se tengan.

**¿Dónde medir?** El punto de la medición es de suma importancia para tener una detección temprana de los defectos del equipo. Esto por ejemplo, cuando se utiliza un pirómetro que da una medida puntual de temperatura, pero si se utiliza una cámara termográfica la medida se da sobre una zona completa, y no tiene relevancia el punto de la medición, pero si la forma como se haga la medición.

## **Implementación de un programa de verificación de variables de operación**

Una vez desarrollada la fase de diseño donde se establecieron las técnicas óptimas para la verificación de cada uno de los equipos de la subestación, las mismas son integradas en un programa racional que define la implementación del Plan de Mantenimiento Predictivo o para nuestro caso específico nuestro plan de inspección RETIE. Esta fase comprende:

### **a. Definición de un cronograma de inspección**

En este paso se diseña una ruta de inspección donde se incluyen las subestaciones y equipos seleccionados para hacerles la verificación de idoneidad, definiendo a la vez un cronograma de inspección.

### **b. Diseño de un sistema de información**

- Recopilación de datos.
- Registro de datos.
- Análisis de datos.
- Redacción y presentación de informes.

Además del sistema de información, se debe crear un programa de entrenamiento e instrucción para el personal.

### **c. Fijación y revisión de datos y límites de condición aceptable**

La finalidad de este paso es establecer los niveles “normales” de los parámetros para la verificación de la condición, que representen una condición aceptable del equipo.

Esto, en realidad puede establecerse únicamente en base a la experiencia y a los datos históricos. Sin embargo, en las etapas iniciales cuando no se dispone de dichos datos, podrán utilizarse como guía las recomendaciones del fabricante y las tablas de índices generales de severidad correspondientes.

Idealmente esta fijación de límites de condición aceptable debe estar respaldada por una norma que establezca criterios para evaluar esas condiciones; de esta manera, adicional a la experiencia y los datos históricos y del fabricante, se contará con un criterio técnico puntual para hacer el diagnóstico de la falla.

Con base en dichos niveles “normales”, se establecen límites de acción que representen un deterioro significativo de la condición y proporcionen una advertencia razonable de la falla inminente.

#### **d. Análisis de la condición**

Se trata de un análisis de la condición del equipo, que a menudo conlleva a la aplicación simultánea de varias técnicas. La finalidad de este paso es confirmar si realmente existe un defecto y llevar a cabo un diagnóstico y pronóstico de la falla, por ejemplo: tipo de falla, ubicación, gravedad y las medidas correctivas requeridas.

#### **e. Corrección de las fallas**

Una vez diagnosticada la falla, será responsabilidad del departamento de mantenimiento organizar las medidas correctivas.

En esta etapa es de suma importancia establecer la causa de la condición de falla y corregirla.

Los detalles de la falla corregida deberán ser revertidos al plan de inspección con el fin de confirmar el diagnóstico y/o perfeccionar las capacidades de diagnóstico del programa. Esto indica que siempre se debe hacer una reinspección del equipo para confirmar si se corrigió realmente la falla.

**4.2.1 Análisis de carga.** Con base a las mediciones registradas por el analizador de redes se podrá determinar las siguientes variables referentes al consumo de potencia:

- a. Perfil de Demanda en KVA, KW, KVA.
- b. Factor de potencia
- c. Factor de desbalance.

Para este proyecto en especial se tomarán las medidas de consumo de energía en los totalizadores generales de cada subestación, pretendiendo poder capturar el estado de carga promedio y aquellos instantes donde la demanda es máxima. La información arrojada por el analizador nos ayudará a determinar el estado de cargabilidad del transformador y poder determinar si dicha subestación en estudio requiere una expansión o por lo contrario se encuentra sobredimensionada.

**4.2.2 Medida de parámetros eléctricos.** De forma similar que en el punto anterior, se registrarán con el analizador de redes los datos correspondientes a las siguientes variables eléctricas:

- a. Perfil y niveles de tensión por fase y de línea.
- b. Perfil de corrientes de línea.
- c. Distorsión Armónica en tensión y corriente.

**4.2.3 Medida de aislamiento.** El equipo eléctrico de una instalación debe estar aislado entre sí y con respecto a tierra. Esta característica de aislamiento no es constante y puede deteriorarse con el paso del tiempo, existen cinco causas básicas para la degradación del aislamiento:

- Fatiga eléctrica
- Fatiga mecánica

- Ataque químico
- Fatiga térmica
- Contaminación ambiental

Por esta razón, se hace aconsejable el estudio del aislamiento a lo largo de la vida de los equipos, para poder prevenir su envejecimiento prematuro y sus averías.

**4.2.3.1 Medición de la resistencia de aislamiento.** La medida de la resistencia de aislamiento tiene como fin dar una útil información sobre el estado actual de los equipos, con objeto de poner al descubierto posibles defectos de aislamiento y determinar por medio de mediciones periódicas la probable degeneración del mismo.

#### **Probador de resistencia de aislamiento**

El probador de aislamiento es un instrumento portátil que proporciona una lectura directa de la resistencia de aislamiento en ohms, megaohms o teraohms (según el modelo seleccionado) independientemente de la tensión seleccionada. Para un buen aislamiento, la resistencia generalmente da lectura en el rango de megaohms o más alto. El probador de aislamiento es esencialmente un medidor de resistencia de rango alto (óhmmetro) con un generador de cd incorporado.

El generador del instrumento, que puede operarse por manivela manualmente, batería o por línea, desarrolla una tensión de cd alto que ocasiona varias corrientes pequeñas a través y sobre la superficie del aislamiento que se prueba. La corriente total la mide el óhmmetro que lleva una escala de indicación analógica, lectura digital o ambas.

**4.2.3.2 Tipos de pruebas de resistencia de aislamiento.** Las pruebas de resistencia de aislamiento ofrecen una importante información sobre el estado actual y futuro de los conductores, y de los devanados de los generadores,

motores y transformadores. La clave para su eficacia radica en la periodicidad de los ensayos y en tener un histórico de los datos obtenidos. Estos datos servirán de ayuda para programar el diagnóstico y los trabajos de reparación, con la reducción consiguiente del tiempo de parada debido a fallos inesperados. Se indican seguidamente las tensiones continuas de ensayo empleadas en las pruebas de resistencia de aislamiento y las distintas pruebas que se llevan a cabo con mayor frecuencia:

Tabla 7. Tensiones de prueba de aislamiento según las tensiones nominales de los equipos

| Tensión nominal del equipo [V] | Tensión de prueba [V] |
|--------------------------------|-----------------------|
| < 1000                         | 500                   |
| 1000 – 2500                    | 500 – 1000            |
| 2501 – 5000                    | 1000 – 2500           |
| 5001 – 12000                   | 2500 – 5000           |
| > 12000                        | 5000 – 10000          |

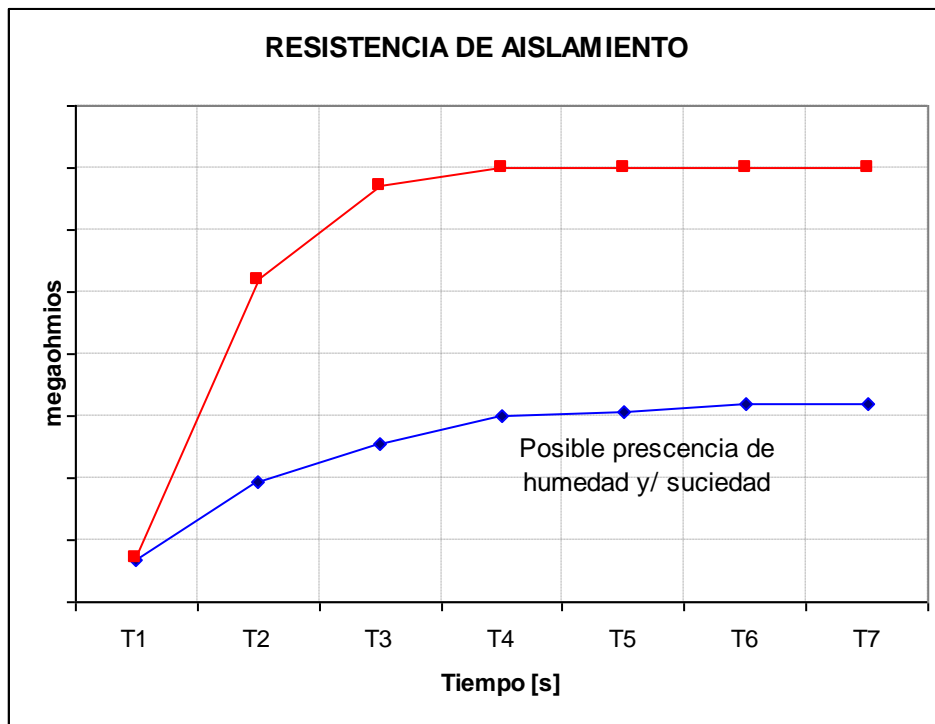
Fuente: MEGGER. Guía para pruebas de diagnóstico de aislamiento. 2ª Edición. 2002.

**Lectura puntual (spot):** La prueba de lectura puntual (spot) es la más simple de todas las pruebas de aislamiento y la más asociada con los probadores de aislamiento de tensión más bajo; la tensión de prueba se aplica por un período corto específico de tiempo (generalmente 60 segundos puesto que usualmente cualquier corriente de carga capacitiva decaerá en este tiempo) y luego se toma una lectura. La lectura se puede comparar con las especificaciones mínimas de la instalación. La temperatura y la humedad, así como la condición de su aislamiento afectan su lectura.

**Tiempo vs. Resistencia:** Este método está basado en el hecho de que el aislamiento en buenas condiciones, relativamente seco y libre de humedad, muestra con la aplicación de la tensión de prueba, un aumento en su resistencia

de aislamiento. Por lo tanto se deduce que si existe un aumento apreciable de la resistencia de aislamiento durante el tiempo de aplicación de la prueba, el aislamiento estará en buenas condiciones, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 9. Gráfica de prueba tiempo – resistencia



Fuente: AVO International. “Más vale prevenir...”. La Guía completa para pruebas de Aislamiento Eléctrico. 3ª Edición. 2000.

La aplicación práctica de este método, consiste en determinar la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento hechas a intervalos de tiempo diferentes durante la misma prueba. Las condiciones del aislamiento en función de la relación de absorción las podemos ver en la siguiente tabla:

Tabla 8. Condiciones de aislamiento indicadas por las relaciones de absorción dieléctrica e índice de polarización

| <b>Absorción<br/>dieléctrica Relación<br/>60s/30s</b> | <b>Índice de<br/>polarización<br/>Relación<br/>10min/1min</b> | <b>Condición del<br/>aislamiento</b> |
|---|---|--------------------------------------|
| -----   | < 1   | Peligroso                            |
| < 1,1   | < 1,5   | Pobre                                |
| 1,1 – 1,25  | 1,5 – 2,0   | Dudoso                               |
| 1,25 – 1,4  | 2,0 – 3,0   | Aceptable                            |
| 1,4 – 1,6   | 3,0 – 4,0   | Bueno                                |
| > 1,6   | > 4,0   | Excelente                            |

Fuente: AVO Internacional. “Más vale prevenir...”. La Guía completa para pruebas de Aislamiento Eléctrico. 3ª Edición. 2000.

Cuando las lecturas de los aislamientos se toman a 30 s y 60 s se denomina a esta modalidad, método de tiempo corto (se aplica a equipos de pequeña potencia).

La relación de absorción está determinada por el cociente que resulta de dividir la lectura tomada a 60 s y a 30 s. La relación a 10 min y 1 min se conoce como índice de polarización (se aplica a equipos de gran potencia).

El índice de polarización puede ser una guía muy útil del estado de sequedad y limpieza de los equipos.

Los beneficios de la prueba de tiempo-resistencia son que es relativamente independiente de la temperatura y del tamaño del equipo y puede dar información concluyente sin los registros de pruebas pasadas.

**4.2.3.3 Valores mínimos de resistencia de aislamiento.** La resistencia de aislamiento del equipo eléctrico se afecta por muchas variables tales como el diseño; el tipo de material aislante utilizado, incluidos las ataduras y los compuestos de impregnación; el espesor del aislamiento y su área; la limpieza, la humedad y la temperatura. Para que las lecturas de resistencia de aislamiento sean una medición concluyente de las condiciones del equipo que se prueba, deben tomarse en consideración estas variables.

Estudios más recientes del problema, han dado lugar a fórmulas para los valores de resistencia de aislamiento que se basan en la clase de material aislante utilizado y en las dimensiones eléctricas y físicas de los tipos de equipo en consideración.

### **Cables y conductores**

Las instalaciones de cables y conductores presentan una amplia variación de condiciones desde el punto de vista de la resistencia de aislamiento. Estas condiciones resultan de las distintas clases de materiales aislantes utilizados, la capacidad de tensión, del espesor del aislamiento, y la longitud del circuito involucrado en la medición. Además, tales circuitos generalmente se extienden sobre grandes distancias, y pueden estar sujetos a amplias variaciones de temperatura, que pueden tener un efecto en los valores de resistencia de aislamiento obtenidos. Los terminales de los cables y conductores también tendrán un efecto en los valores de prueba a menos que estén limpios y secos, o protegidos.

La Insulated Power Cable Engineers Association (IPCEA) da valores mínimos de resistencia de aislamiento en sus especificaciones para distintos tipos de cables y conductores. Estos valores mínimos son para alambres y cables nuevos basada en una prueba de potencial de cd 5000 V durante un minuto a una temperatura de 20 °C.

Esos valores mínimos normales (para cables de un solo conductor) se basan en la fórmula siguiente:

$$R = K \cdot \log_{10} \left( \frac{D}{d} \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- R Megaohms
- K Constante del material aislante
- D Diámetro exterior del aislamiento del conductor
- d Diámetro del conductor

Tabla 9. Valores mínimos de K a 20 °C

| Tipo de aislamiento         | K    |
|-----------------------------|------|
| Papel impregnado            | 2640 |
| Cámbrico barnizado          | 2460 |
| Polietileno termoplástico   | 5000 |
| Polietileno compuesto       | 3000 |
| Polivinilo termoplástico:   |      |
| Cloruro de polivinilo 60 °C | 500  |
| Cloruro de polivinilo 75 °C | 2000 |

Fuente: AVO International. "Más vale prevenir...". La Guía completa para pruebas de Aislamiento Eléctrico. 3ª Edición. 2000.

La resistencia de aislamiento de un conductor de un cable multiconductor con respecto a todos los otros y a la cubierta es:

$$R = K \log_{10}(D/d) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

D Diámetro sobre el aislamiento de un cable equivalente de un solo conductor =  $d+2c+2b$

d Diámetro del conductor (para cables sectoriales d es igual al diámetro del Conductor redondo de la misma sección)

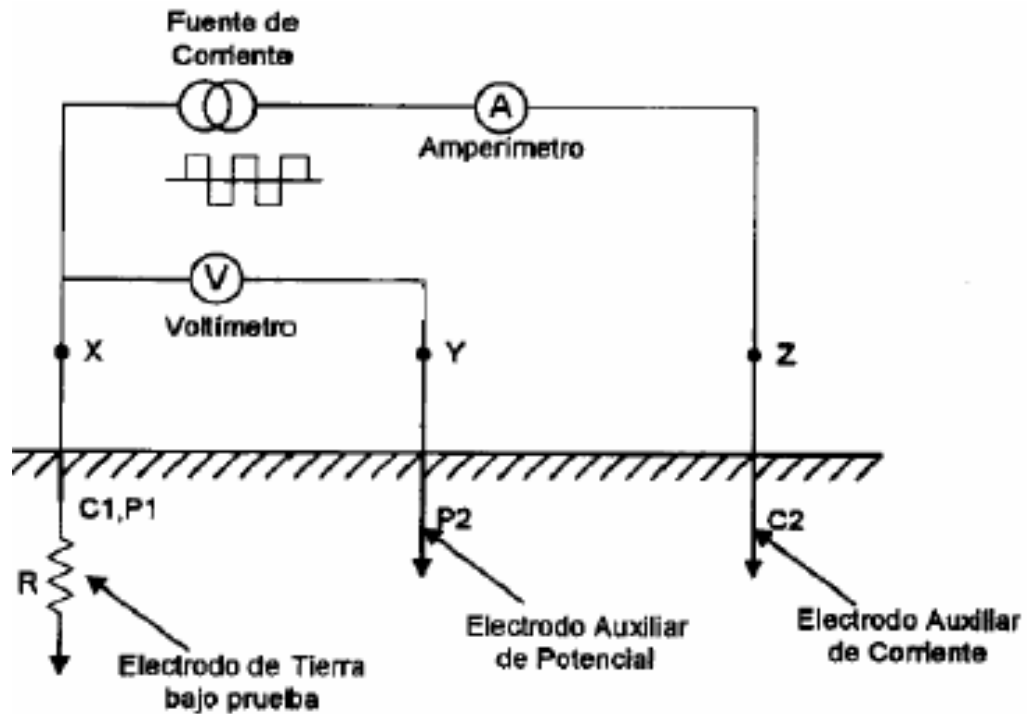
C Espesor del aislamiento del conductor

B Espesor de la cubierta del aislamiento

**4.2.4 Medida de resistencia de puesta a tierra.** Un buen sistema de puesta a tierra es necesario para mantener buenos niveles de seguridad del personal, operación de los equipos y desempeño de los mismos. En sistemas de potencia la puesta a tierra mantiene la referencia necesaria. La forma en que el sistema se conecta a tierra puede tener un gran efecto en la magnitud de las tensiones de línea a tierra que deben ser mantenidos en condiciones normales y bajo condiciones transitorias. En sistemas no puestos a tierra, algunas tensiones pueden provocar fallas en el aislamiento de los equipos y sistemas. La puesta a tierra del neutro del sistema permite la operación de sistemas de protección basados en la detección de corrientes que circulan por la misma, despejándose así el circuito bajo falla.

**4.2.4.1 Medición de la resistencia de tierra por el método de la caída de Potencial.** El método consiste en inyectar corriente a través de un electrodo de prueba denominado de corriente y medir al alza de potencial mediante otro electrodo auxiliar denominado de potencial. Conocido el valor de tensión y el valor de corriente se podrá obtener mediante la ley de Ohm el valor de la resistencia. Los tres electrodos se mantienen en una línea recta y se va corriendo el electrodo de potencial hacia el electrodo de corriente para hacer sucesivas mediciones de resistencia.

Figura 10. Método de caída de potencial



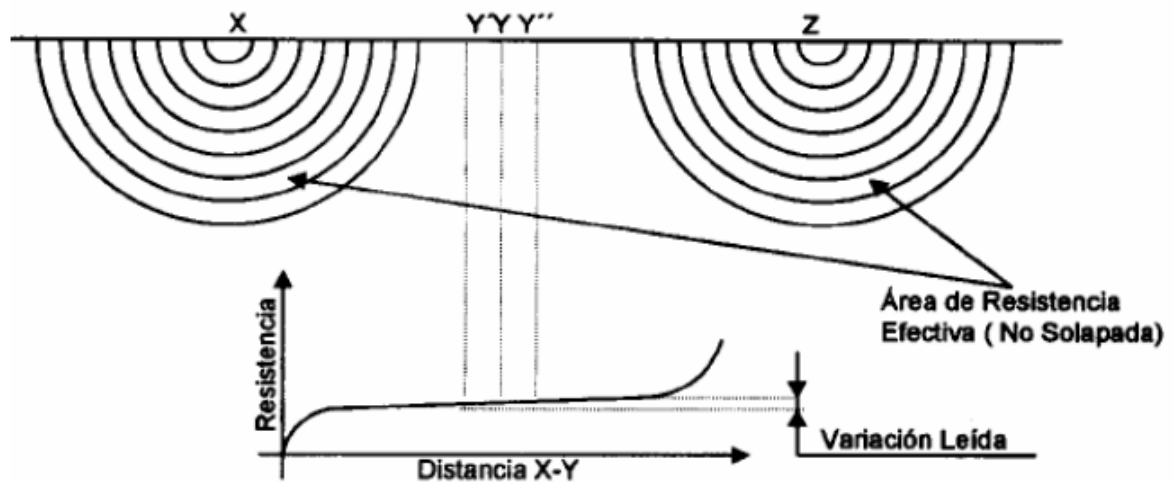
Fuente: [www.electricidad-viatger.blogspot.com](http://www.electricidad-viatger.blogspot.com)

En el proceso de determinar el valor de la resistencia del sistema de tierra es necesario realizar algunas consideraciones: el valor de potencial medido varía con respecto a la separación del electrodo de potencial a la toma de tierra, por lo que se recomienda el realizar una gráfica de R en función de la distancia. En el momento de la medición se deben seguir los siguientes pasos:

- Conectar el equipo de medición a la barra o electrodo en cuestión.
- Colocar el electrodo de corriente a una distancia conocida del electrodo bajo prueba.
- Realizar varias mediciones de resistencia para diferentes ubicaciones del electrodo de potencial, sin mover el electrodo de corriente (el electrodo bajo estudio y los electodos de prueba deben estar en línea recta).
- Graficar la curva obtenida de resistencia en función de la distancia de separación entre el electrodo bajo estudio y el electrodo de potencial.

En la Figura 11, se observa que la curva obtenida es asintótica en el origen (toma de tierra) y asintótica a infinito en el final o electrodo de corriente; debido a la proximidad del electrodo de potencial al de tierra y corriente respectivamente. Además, existe una porción de la curva que permanece casi invariable, el cual será más prolongado o corto, como la separación de los electrodos de corriente y electrodo bajo prueba. El valor de resistencia asociado a este sector de la gráfica será el correcto valor de la toma del sistema de puesta a tierra. Este punto se conoce como zona de equilibrio.

Figura 11. Curva de resistencia vs distancia toma de tierra – electrodo de potencial



Fuente: [www.electricidad-viatger.blogspot.com](http://www.electricidad-viatger.blogspot.com)

Desafortunadamente no existe un método para determinar con exactitud la distancia requerida entre el electrodo de tierra y el de corriente, esto se debe a que las condiciones del suelo son muy variables. En general, basado en numerosas pruebas se utiliza una distancia entre el electrodo bajo estudio y el electrodo de corriente igual a cuatro o cinco veces la longitud de la máxima dimensión del electrodo bajo prueba.

La profundidad a la cual se entierran los electrodos de prueba (corriente y tensión) no afecta el resultado de la medición. Todo lo que se necesita es que tengan un buen contacto con tierra.

**4.2.5 Medida de distancias de seguridad.** Las distancias de seguridad deben ser medidas de centro a centro y todos los espacios deberán ser medidos de superficie a superficie. Para la medición de distancias de seguridad, los accesorios metálicos normalmente energizados serán considerados como parte de los conductores de línea. Las bases metálicas de los terminales del cable y los dispositivos similares deberán ser tomados como parte de la estructura de soporte. La precisión en los elementos de medida no podrá tener error de más o menos 0,5%.

Los conductores denominados cubiertos o semiaislados y sin pantalla, es decir, con un recubrimiento que no esté certificado para ofrecer el aislamiento en media tensión, deben ser considerados conductores desnudos para efectos de distancias de seguridad, salvo en el espacio comprendido entre fases del mismo o diferente circuito, que puede ser reducido por debajo de los requerimientos para los conductores expuestos cuando la cubierta del conductor proporciona rigidez dieléctrica para limitar la posibilidad de la ocurrencia de un cortocircuito o de una falla a tierra. Cuando se reduzcan las distancias entre fases, se deben utilizar separadores para mantener el espacio entre ellos.

**4.2.6 Monitoreo de temperaturas críticas.** La termografía infrarroja como técnica de mantenimiento predictivo permite detectar, sin contacto físico con el equipo bajo análisis, cualquier falla que se manifieste en un cambio de la temperatura de los componentes del equipo, midiendo los niveles de radiación infrarroja.

Es decir que cuando un equipo está fallando, esta falla se manifiesta en una elevación de temperatura en una parte del equipo, como un punto de conexión, un conductor, el aislamiento, los rodamientos, etc. Esta elevación de temperatura, invisible al ojo humano, es posible detectarla a través de una cámara termográfica la cual permite apreciar con exactitud cuál es el elemento afectado para hacer el correctivo necesario.

“En el área eléctrica a una falla se le conoce como un “punto caliente”, el fundamento de su detección se basa en el sobrecalentamiento que un componente eléctrico experimenta cuando se genera un aumento de la resistencia eléctrica como consecuencia de un falso contacto, de suciedad, oxidación etc.”

La cámara termográfica permite visualizar térmicamente el elemento en cuestión y, normalmente, mediante comparación entre fases, identificar una falla debido a la diferencia de temperatura existente entre ellas.

### **Ventajas de la termografía infrarroja**

La termografía ha tenido gran acogida en el área de mantenimiento, especialmente en la implementación del plan de inspección. Las principales ventajas que respaldan la utilización de la termografía como técnica de mantenimiento son las siguientes

- Ayuda a prevenir paradas de equipos eléctricos no programadas.
- La inspección se realiza a distancia sin contacto físico con el elemento en condiciones normales de funcionamiento. Es decir, no es necesario poner fuera de servicio las instalaciones o el equipo.
- Cuando se hace un seguimiento con inspección termográfica se puede establecer una tendencia del comportamiento del equipo y de la evolución de la falla.

- Es utilizable para el seguimiento de defectos en tiempo "real", lo que permite cuantificar la gravedad de la falla y la repercusión de las variaciones de carga sobre el equipo para que sea posible programar el mantenimiento en el momento más oportuno.
- En relación con el mantenimiento tradicional, el uso de la inspección termográfica propicia la reducción de riesgos para el personal ya que evita el contacto del operario con el equipo.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Todo lo anterior se traduce en el aumento de la confiabilidad del sistema.

Sin embargo, la termografía también presenta algunas limitaciones, entre las que se encuentran:

- Capacidad limitada para la identificación de defectos internos, en la medida que el defecto no se manifieste externamente por incremento de la temperatura.
- Los reflejos solares o de superficies brillantes pueden enmascarar o confundir defectos.
- El estado de carga del elemento bajo análisis puede influir en la determinación de las anomalías.

### **Inspecciones eléctricas**

En el área eléctrica la termografía infrarroja sirve para: hallar conexiones flojas y corroídas, detectar pérdidas de aislamiento, hallar desbalance de carga, detectar sobrecalentamiento de devanados, entre otras.

La Figura 12, muestra las imágenes térmicas (termogramas) de diferentes equipos donde se muestran las principales aplicaciones de la termografía en el área eléctrica.

Figura 12. Ejemplos de Termografías en redes y artefactos eléctricos

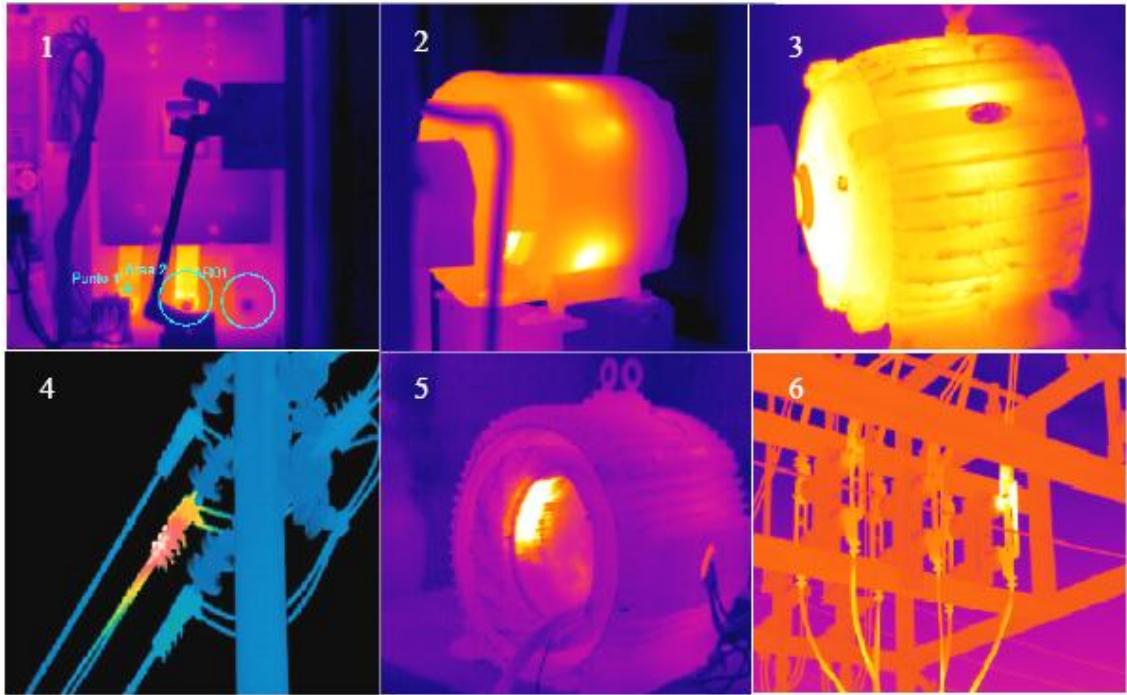


Figura 12-1. Inspección a equipo de S/E en celdas: contactores, relés, interruptores, etc.

Figura 12-2. Detección de puntos calientes causados por pérdidas de aislamiento en el embobinado de un motor.

Figura 12-3. El calentamiento en el rodamiento que es transferido al embobinado del motor.

Figura 12-4. Inspección de líneas de transmisión de energía eléctrica.

Figura 12-5. Para asegurar la calidad de un motor recién reparado se le ha inducido corriente y en unos pocos segundos se evidenció un daño.

Figura 12-6. Inspección de equipo de patio de subestaciones eléctricas.

Fuente: [www.electricidad-viatger.blogspot.com](http://www.electricidad-viatger.blogspot.com)

## **NORMAS Y PUBLICACIONES TÉCNICAS DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA**

Para la *fijación y revisión de datos y límites de condición aceptable* en la implementación de un PMP se destacaron tres factores útiles, la experiencia del personal de mantenimiento, los datos históricos y/o recomendaciones del fabricante y acoger los criterios técnicos de alguna norma reconocida o publicación técnica en base a los cuales se pueda hacer un diagnóstico más puntual de la severidad de la falla.

### ***International Electrical Testing Association (NETA)***

La norma NETA (Asociación Internacional de Pruebas Eléctricas) proporciona los criterios mostrados en la Tabla 10, que ayudan a determinar el grado de criticidad de un problema eléctrico en base a la medida de temperatura con una cámara infrarroja, indicando las acciones sugeridas basadas en los incrementos de temperatura

Tabla 10. Acciones sugeridas basadas en incrementos de temperatura

| <b>Diferencia de temperatura basada en comparaciones entre componentes similares, bajo similares condiciones de carga</b> | <b>Diferencia de temperatura basada en comparaciones entre componentes y la temperatura ambiente</b> | <b>Acción recomendada</b> |
|---|--|---------------------------|
| 1°C – 3°C   | 1°C – 10°C   | Posible deficiencia       |
| 4°C – 15°C  | 11°C – 20°C  | Probable deficiencia      |
| -- -- --  | 21°C – 40°C  | Deficiencia               |
| > 15°C  | >40°C  | Mayor deficiencia         |

Fuente: Tabla 10.18. NETA. Inspecciones con termografía.

Definiciones:

- Posible deficiencia: Requiere seguimiento (monitorización).
- Probable deficiencia: Reparar como el tiempo lo permita.
- Deficiencia: Monitorizar constantemente hasta que hayan terminado las medidas correctivas
- Mayor deficiencia: Reparar inmediatamente.

Sin embargo, como apoyo a estos criterios de diagnóstico es conveniente tomar nota del nivel de carga del circuito, y del balance de corrientes en sistemas trifásicos.

Según esta norma, el reporte de termografía debe incluir lo siguiente:

- a. Descripción del equipo a ser inspeccionado.
- b. Discrepancias.
- c. Diferencia de temperatura entre el área concerniente y el área de referencia.
- d. Causa probable de la diferencia de temperatura.
- e. Áreas inspeccionadas. Identificar las áreas y equipos inaccesibles y/o no observables.
- f. Identificar las condiciones de carga en el momento de la inspección.
- g. Tomar fotografías y/o termogramas del área deficiente.
- h. Acción recomendada.

### ***Occupational Safety Health Administration (OSHA)***

La norma OSHA (Administración de seguridad y salud ocupacional) establece que se puede minimizar el riesgo a heridas en una descarga de arco eléctrico simplemente ubicándose a una distancia prudente de la zona del arco. Las distancias mínimas para realizar una inspección con termografía, están definidas en la Tabla 11.

Tabla 11. Distancias mínimas de seguridad para inspecciones con termografía

| <b>TENSIÓN</b> | <b>Distancia Mínima de seguridad</b> |
|----------------|--------------------------------------|
| 300V - 750V    | 1 m                                  |
| 750V - 2kV     | 1,2 m                                |
| 2kV - 15kV     | 5 m                                  |
| 15kV - 36kV    | 5,8 m                                |

Fuente: Norma OSHA

### **Ruta y cronograma de termografía**

En esta ruta se define la frecuencia con la que se van hacer las inspecciones y el cronograma general para realizar el recorrido. Basados en los siguientes criterios se diseño la ruta de termografía:

La frecuencia del predictivo es de una inspección cada seis (6) meses. Lo más conveniente en la implementación de un Plan de inspección donde se estimara la frecuencia de inspección y la ruta atendiendo a la criticidad de los equipos; sin embargo, como se mencionó en la identificación de los equipos, para este caso en particular este aspecto no influyó en el diseño de la ruta porque el programa esta destinado a hacer mantenimiento predictivo a todos los equipos de media tensión de las subestaciones eléctricas.

### **4.3 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD**

Para realizar las inspecciones de las subestaciones y con el ánimo de dar cumplimiento a lo establecido por la norma OSHA la cual establece algunas pautas y recomendaciones de seguridad para el personal que ha de instalar los equipos de medida y diagnóstico, se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones importantes; sin embargo, es necesario que de la mano de la capacitación en el manejo del los equipos de medición, el operario reciba una

capacitación sobre las prevenciones de seguridad personal que debe tener para realizar su labor.

### **Seguridad eléctrica**

Los operarios y demás personal que ingrese a las subestaciones que se hacen referencia en este documento están constantemente expuestos a situaciones riesgosas, ya que durante un gran periodo la Universidad como operador de las subestaciones no realizó inversiones en dichos elementos.

Se debe aprender a evaluarlas y tomar acciones para reducir esos riesgos, estos pueden incluir descargas eléctricas, caídas, trayectos riesgosos y entradas a espacios confinados. Para reducir estos riesgos se debe tener en cuenta estas recomendaciones:

- Se puede minimizar el riesgo a heridas en una descarga de arco eléctrico simplemente ubicándose a una distancia prudente de la zona del arco.

Para el caso en el que no sea posible mantener estas distancias se recomienda la utilización de un lente especial (telefoto) que adaptado a la cámara, permite realizar la termografía a una distancia mayor, sin perder las cualidades requeridas.

La NFPA 70E36 especifica el equipo de protección personal (EPP), que resiste a la descarga como otro medio del manejo del riesgo. Los EPP incluyen entre otros:

- Caretas: es similar a una capucha protectora de abejas, que permite una protección efectiva ante una descarga eléctrica. Está compuesta de una fibra llamada nomex y una careta que reduce la transmisión de energía UV.
- Overol: ya sea camisa y pantalón o braga
- Guantes
- Gafas: deben tener protección UV

- Protector para el cuello

El material de la ropa debe ser un material sintético resistente a la descarga eléctrica (nomex) o en su defecto se debe usar una ropa que sea 100% algodón.

Específicamente la NFPA no recomienda utilizar materiales sintéticos que no sean resistentes a la llama y a las descargas, ya que estos se funden sobre la piel durante un arco eléctrico.

- Es importante hacer una pre-inspección de seguridad del sitio de trabajo, de modo que se revisen los equipos y las condiciones del lugar, observando que estos estén limpios y que no hayan objetos extraños que reduzcan las distancias y condiciones de seguridad.

Como la inspección se debe realizar entre dos personas, la metodología a seguir para minimizar riesgos es que el acompañante del operario realice la apertura de las subestaciones, celdas y demás equipos eléctricos y que el operario encargado de las medidas mantenga las distancias de seguridad.

La forma recomendada de abrir las celdas eléctricas es ubicándose al costado de ésta y nunca al frente.

### **Las cinco reglas de oro**

Para aquellos trabajos que involucren la intervención física de los equipos se hacen de carácter obligatorio que se sigan con rigor las denominadas 5 reglas de oro para trabajar sin tensión:

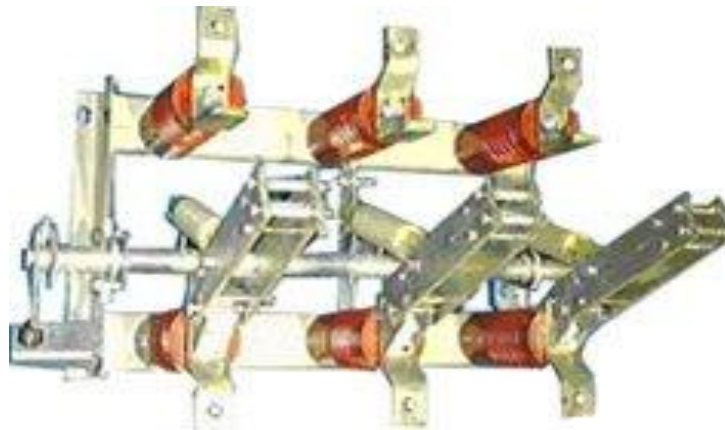
Las cinco reglas de oro son:

1. Abrir con corte visible o corte “efectivo” todas las posibles fuentes de tensión que puedan existir mediante la aparamenta al efecto; seccionadores, interruptores automáticos, etc.
2. Bloqueo de la aparamenta que hayamos desconectado.
3. Comprobar la ausencia de tensión.
4. Puesta a tierra y en cortocircuito.
5. Delimitación y señalización.

Seguidamente, haremos alguna aclaración respecto a cada regla de oro:

**1ª ¿Qué se entiende por corte visible y por corte efectivo?** Se entiende por corte visible la interrupción del circuito donde se vaya a trabajar y que dicho corte se pueda comprobar de forma visible inequívocamente. De forma clásica el elemento que cumple con este tipo de corte es el seccionador que según el RCE (Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación) lo define como: aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierta, asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas.

Figura 13. Seccionador tripolar



Fuente: [www.electricidad-viatger.blogspot.com](http://www.electricidad-viatger.blogspot.com).

Por corte efectivo se entiende aquel corte que interrumpe el circuito en el que se va a trabajar y que no permite su comprobación visual, pero su posición abierto es comprobable y señalizado por un método seguro, este tipo de aparataje hoy en día es la más frecuente porque suelen encontrarse en las cabinas compactas de SF6.

Figura 14. Seccionador tripolar celda compacta con seccionadores en el interior.



Fuente: [www.electricidad-viatger.blogspot.com](http://www.electricidad-viatger.blogspot.com)

Figura 15. Cinco Reglas de oro



Fuente: [www.electricidad-viatger.blogspot.com](http://www.electricidad-viatger.blogspot.com)

El objetivo de la primera regla es desconectar toda posible fuente que nos pueda alimentar el circuito, pero hay que desconectar tanto las entradas como las salidas, ya que se podía dar la realimentación de retorno por alguna de las salidas.

**2ª Bloqueo de la aparamenta que hayamos desconectado:** El objetivo de esta segunda regla es que no se pueda dar el caso de cierres intempestivos de seccionadores, interruptores-seccionadores, etc., ya sea por error humano, error técnico o motivos imprevistos.

Los tipos de enclavamientos que se pueden utilizar pueden ser diversos:

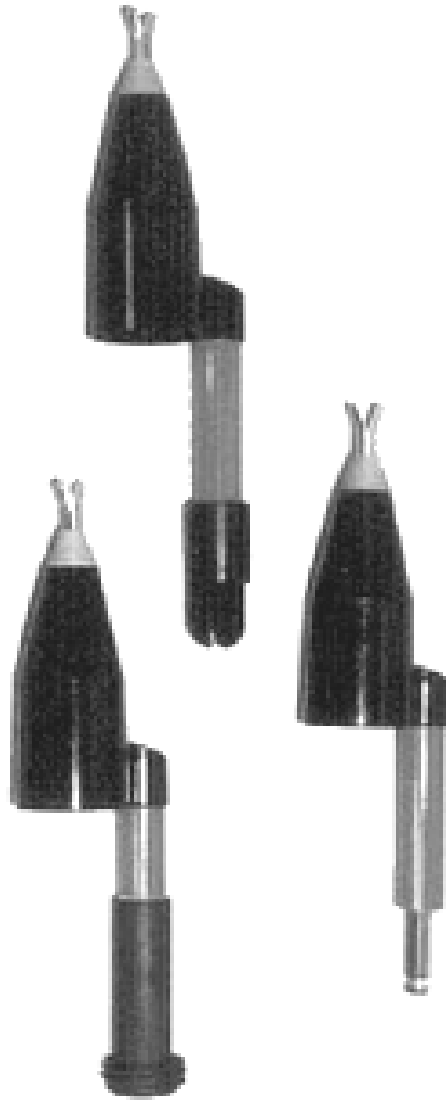
**Físico:** que consiste en interponer un obstáculo aislante que impida físicamente el cierre de los contactos de un seccionador o del elemento que se haya abierto.

**Mecánico:** consiste en inmovilizar el mando del mecanismo de cierre del aparato mediante candados, bulones, candados, etc.

**Eléctrico:** consiste en la apertura de la alimentación del mando del accionamiento eléctrico.

**3ª Comprobación de la ausencia de tensión** del circuito en el que debemos trabajar, normalmente esta regla se utiliza para poder comprobar si existe tensión de servicio en la instalación y comprobar que todas las fuentes de tensión han sido abiertas, pero habrá que tener en cuenta otras posibles tensiones que podemos encontrar en el circuito debidas a la inducción en cables, efectos de inducción magnética como por ejemplo entre dos líneas aéreas que discurren paralelas, descargas atmosféricas, etc., estas tensiones se anularán mediante la 4ª regla de oro.

Figura 16. Detectores de tensión para Alta Tensión



Fuente: [www.electricidad-viatge .blogspot.com](http://www.electricidad-viatge.blogspot.com)

Puntos a comprobar:

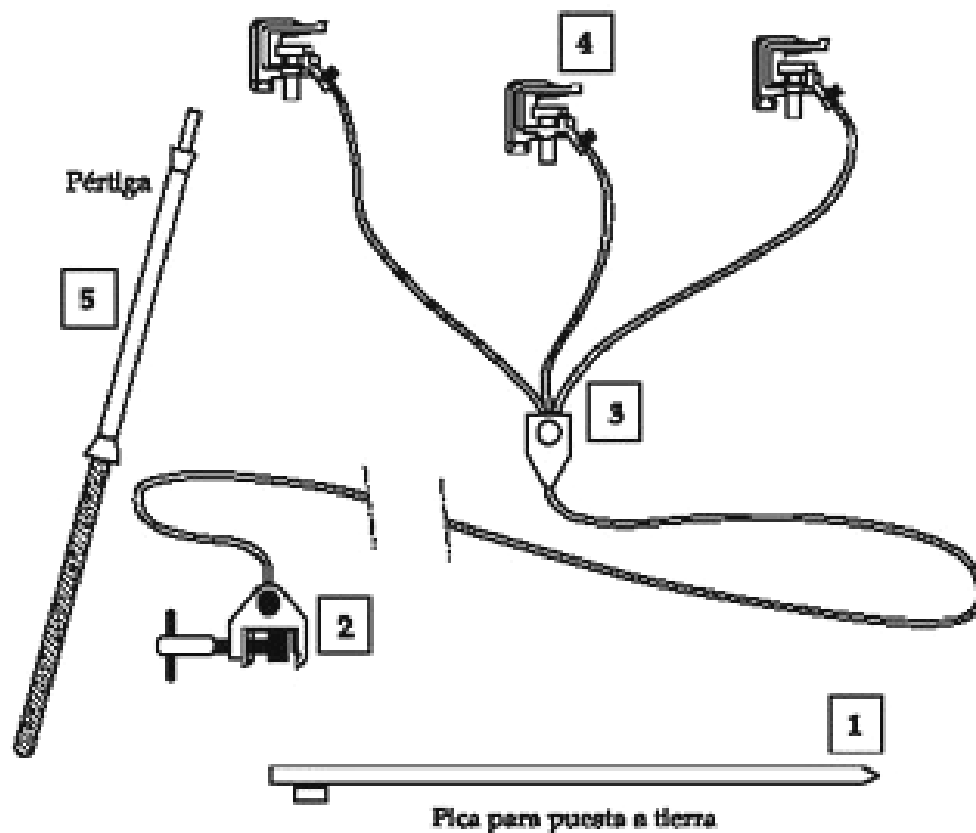
- En el lugar donde vayamos a trabajar.
- En todas los lugares donde hayamos efectuado el corte visible o efectivo.

Dado que consideramos que la instalación se encuentra bajo tensión se deberán utilizar las medidas adecuadas para la comprobación:

- Respetar las distancias de seguridad según RETIE artículo 13, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Usar el equipo de protección y medida adecuado.

**4ª Puesta a tierra y en cortocircuito:** una vez realizada la 1ª, 2ª y 3ª regla procederemos a cortocircuitar y poner a tierra la instalación.

Figura 17. Juego de puesta a tierra y cortocircuito, pica de tierra y pértiga



Fuente: [www.electricidad-viatge .blogspot.com](http://www.electricidad-viatge.blogspot.com)

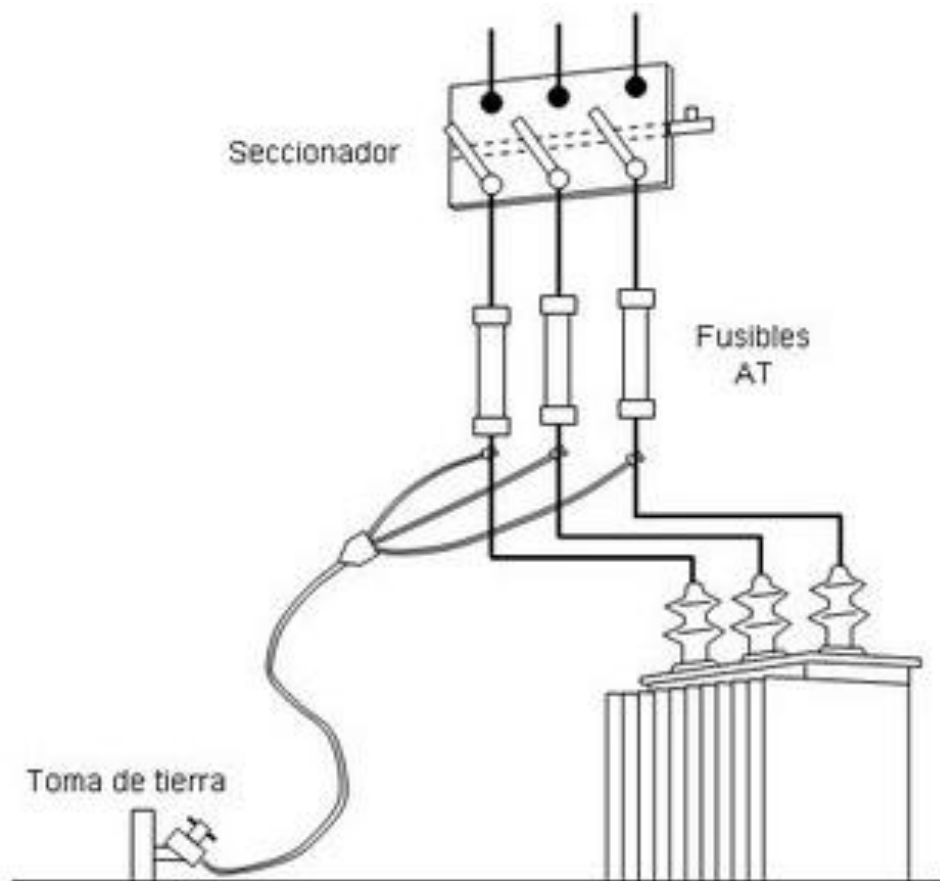
**¿Qué se considera poner a tierra una instalación?** Cuando esta directamente puesta a tierra mediante elementos conductores, continuos sin soldadura ni que

ningún aparato pueda dificultar la continuidad como por ejemplo un fusible, seccionador, etc.

**¿Qué se considera poner en cortocircuito la instalación?** Se dice que una instalación se encuentra en cortocircuito cuando todos sus elementos (las tres fases en un sistema trifásico) están unidos entre sí por medio de una impedancia despreciable.

**¿Dónde se colocarán la PAT y cortocircuito?** Se colocarán una en la proximidad de la apertura visible o efectiva y otra en el lugar de trabajo.

Figura 18. Puesta a tierra y cortocircuito, se puede apreciar el corte visible del seccionador



Fuente: [www.electricidad-viatge .blogspot.com](http://www.electricidad-viatge.blogspot.com)

## 5ª Regla. Delimitación y señalización de la zona de trabajo.

Figura 19. Símbolos y señalizaciones



Fuente: [www.electricidad-viatge.blogspot.com](http://www.electricidad-viatge.blogspot.com)

Hasta aquí unas nociones básicas sobre las 5 reglas de oro para los trabajos sin tensión, por último existen profesores, ingenieros, electricistas que hablan de las 5+1 reglas de oro que ese +1 sería antes de aplicar ninguna regla disponer de los planos y documentación necesaria sobre la instalación en la que se debe trabajar y comprobar que esta se encuentre actualizada.

## 5. EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD RETIE DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS FASE I

En esta etapa de análisis se tomarán como referencia los criterios técnicos establecidos por la normativa los cuales han sido expuestos en el Capítulo 3 y los registros de diagnostico contemplados en el Capítulo 4.

### 5.1 SUBESTACIÓN EDIFICIO INGENIERÍA CIVIL

Figura 20. Transformador y Tablero en baja tensión. Edificio de Laboratorio de Pesados



Fuente: Autores

El edificio de Ingeniería Civil cuenta con una subestación de 315 kVA, a la vista tipo interior, la cual se encuentra ubicada en el costado occidental del edificio en el primer piso. Esta subestación se alimenta del barraje premoldeado de media tensión existente en la subestación de Eléctrica Antigua por medio de una acometida subterránea Cu 2 AWG XLPE 15 kV tripolar, la cual llega a la caja

cortacircuitos de la subestación. Aguas arriba de la caja cortacircuitos encontramos una derivación en media tensión de donde se alimentan las subestaciones de Ingeniería Química y Planta de Aceros.

Tabla 12. Datos de placa Transformador del edificio de laboratorio de Pesados

|                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| Potencia TRF:    | 315 kVA                 |
| Tensión cc (Uz): | 4,06%                   |
| Dimensiones TRF: | 1,8x1,2x1,4 m           |
| Relación TRF:    | 13200 / (220-127) V     |
| Corriente cc:    | 20 kA                   |
| Fabricante TRF:  | Siemens                 |
| TAPS:            | 1 13530 V               |
|                  | 2 13200 V ** Tap actual |
|                  | 3 12870 V               |
|                  | 4 12540 V               |
|                  | 5 12210 V               |
| Grupo conexión:  | Dy-5                    |
| Refrigeración:   | ONAN                    |
| Año:             | 2001                    |

Fuente: CALA, Carlos; CONSUEGRA, Jaime y ORTEGA, Elkin. Estudio de las instalaciones y redes eléctricas de los edificios de Ingeniería Química, Jorge Bautista Vesga de la UIS. Universidad Industrial de Santander. 2006.

Tabla 13. Datos protecciones M.T. del edificio de laboratorio de Pesados

|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| Tipo seccionador: | Caja cortacircuitos |
| Tipo fusible:     | Hilo                |
| In fusible:       | 20 A                |
| Tensión fusible:  | 15 kV               |

Fuente: CALA, Carlos; CONSUEGRA, Jaime y ORTEGA, Elkin. Estudio de las instalaciones y redes eléctricas de los edificios de Ingeniería Química, Jorge Bautista Vesga de la UIS. Universidad Industrial de Santander. 2006.

Esta subestación no cuenta con protecciones contra sobretensiones transitorias en las redes de media y baja tensión.

**5.1.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda.** Con base a los registros tomados el día 31 de julio (Anexo B) donde se exponen los perfiles de de tensión, corriente, potencia, factor de potencia entre otros, se hacen las siguientes apreciaciones:

a. Según los datos observados el nivel de tensión y de los datos de placa de tensión de vacío del transformador la posición del TAP es adecuada para la operación del equipo, pues da como resultado una tensión promedio de 126,8 V, sin embargo esta tensión está por encima de los valores máximos permitidos por la norma ESSA 2005, para sectores residenciales y comerciales. Este hecho se debe a que el transformador seleccionado es para uso industrial. Se recomienda el cambio de la posición de TAP a lo posición 2 donde se esperaría una tensión de vacío de por lo menos 123.6 V, la cual es suficiente para que en el circuito mas alejado se tengan los 120 V teniendo en cuenta las caídas porcentuales tensión debidas a la regulación.


b. Por su parte el consumo de corriente muestra un desbalance en la distribución de la carga (Fase B 4.2% y Fase C 7.9% respecto a la carga de la fase A). Sin embargo analizando el Tablero General se evidencia que todas protecciones y redes derivadas de este son trifásicas, lo que conlleva a dictaminar que el balance se debe hacer en los sub-tableros distribuyendo mejor la carga.

c. En cuanto a la cargabilidad del transformador vemos que el punto máximo de potencia se registró a las 4:30 p.m. con un valor de 116,5 kVA, que representa un 37% del valor nominal, por lo cual este transformador cuenta con una disponibilidad de 198,5 kVA.

d. Se observa que el factor de potencia decae del valor penalizable (0,89) entre las 8 p.m. y las 7 a.m. aproximadamente, esto debido al poco consumo de carga activa en ese horario y al consumo reactivo propio del transformador, además de las posibles cargas reactivas que quedan energizadas en esas horas. (Ej.: estabilizadores).

### 5.1.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico

| FOTOGRAFÍA  | COMENTARIO  |
|---|---|
|   | <p><b>Distancias de seguridad:</b> El transformador no tiene bóveda alguna. No existe ninguna barrera que impida el acceso hasta el transformador ni mucho menos a sus partes energizadas.</p> <p>La distancia de seguridad desde las cajas cortacircuito hasta el ventanal de zona norte es peligrosa menor a 30 cm.</p>   |
|  | <p><b>Señales de advertencia:</b> No existe ningún tipo de letrero de advertencia que señalice la zona segura, hasta donde se puede acercar le personal.</p> <p>No se indican los niveles de tensión presentes en los equipos que se encuentran instalados en dicha área.</p>   |
|  | <p><b>Fosos de Aceite y Brocal:</b> No existen fosos para el aceite, ni brocal en la entrada de la celda. El transformador presenta fugas de aceite.</p> <p><b>Ventilación:</b> La ventilación está conformada por ventanas de 50 cm. por debajo del nivel de la placa en la pared del costado norte. Al momento de la inspección no se presentaron signos de temperaturas por encima de la temperatura ambiente.</p> <p><b>Bóveda:</b> La mampostería alrededor del transformador no es apropiada para resistir 3 horas de fuego continuo.</p> |

|   |   |
|---|---|
|  | <p>El techo es de casetón y hay aulas de clase en la parte superior, no resiste 3 horas de fuego.</p> <p><b>Iluminación:</b> el techo del cuarto eléctrico no cuenta con salidas de iluminación empotradas en el techo, actualmente no hay ninguna fuente luminosa en dicha área.</p> <p><b>Otros:</b> Se encuentran almacenados escombros y otros elementos en el área del cuarto eléctrico.</p> |
|---|---|

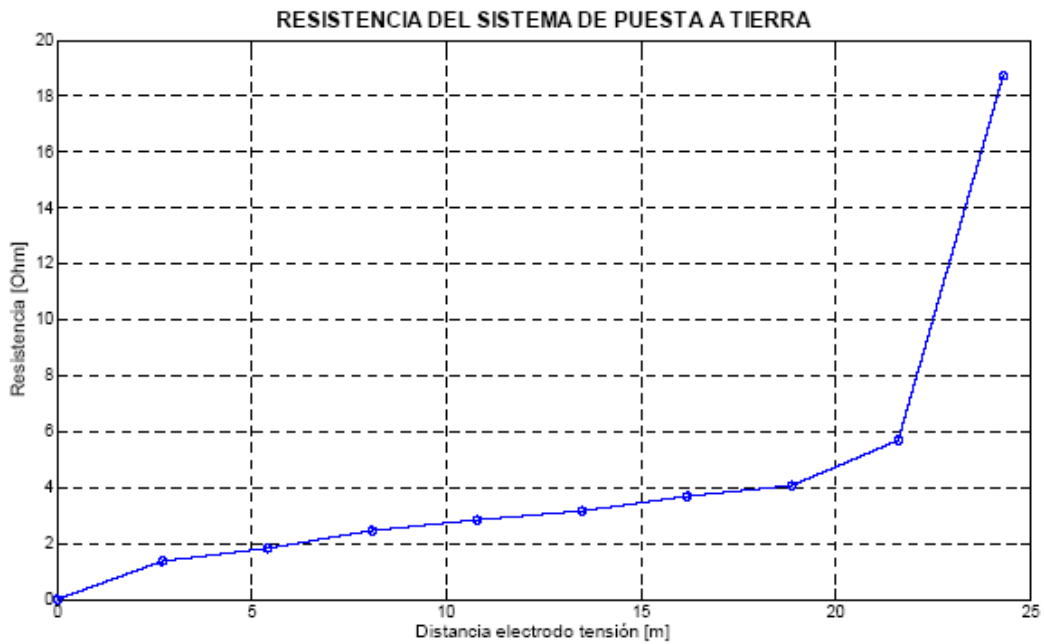
**5.1.3 Evaluación del sistema de puesta a tierra.** La subestación presenta un sistema de puesta a tierra conformado por una malla de dos retículas y seis cajas de inspección, en las cuatro esquinas se encuentran ubicadas cuatro varillas de cobre de 5/8" de diámetro y de 8' de profundidad (1,59 x 244) cm. La malla está interconectada por medio de un conductor de cobre N° 2/0 AWG desnudo y las conexiones son del tipo exotérmico.

Tabla 14. Resistencia del sistema de puesta tierra, subestación Ingeniería Civil

|  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| <b>Distancia [m]</b>                     | 0 | 2,7 | 5,4 | 8,1 | 11  | 14  | 16  | 19  | 22  | 24 |
| <b>Resistencia [<math>\Omega</math>]</b> | 0 | 1,4 | 1,8 | 2,5 | 2,8 | 3,1 | 3,7 | 4,1 | 5,7 | 19 |

Fuente: Autores

Figura 21. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Planta de Aceros



Fuente: Autores

#### 5.1.4 Evaluación de nivel de aislamiento

$$\text{Resistencia mínima de aislamiento} = \frac{1,5 * 13200}{\sqrt{315}} = 1116 \text{ [M}\Omega\text{]}$$

Tabla 15. Medida de Resistencia del Transformador

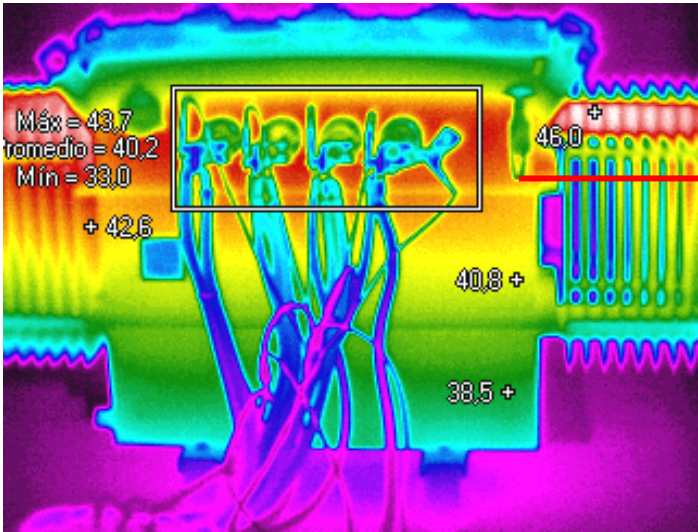

| Puntos de medida | Resistencia de aislamiento |
|------------------|----------------------------|
|                  | [MΩ]                       |
| Alta / Baja      | 8000                       |
| Alta / Tierra    | 8000                       |
| Baja / Tierra    | 4000                       |

Fuente: Autores

Las lecturas finales de resistencia de aislamiento están por encima del valor mínimo recomendado por la NETA. Por lo tanto se deduce que el aislamiento del transformador se encuentra en buenas condiciones.



**5.1.5 Evaluación termográfica subestación.** Se evidencia que la subestación no presenta puntos calientes en sus conexiones, la temperatura de la cuba es normal, aunque se observa que en el radiador derecho la disipación del calor es más óptima, este hecho se debe a que la ventana que ventila el cuarto eléctrico se encuentra ubicada en esta dirección.

Tabla 16. Reportes de termografía transformador Ingeniería Civil

| <b>Evaluación termográfica Transformador Ing Civil</b>   |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
|--|---|----------------|--------|------|--------|------|--------|------|------|-----------------|------|-------------------|--|-------|---------------|--------|-------|-------|-------------------------|------------|------|----------------------|-------|----------------------|------|
|    |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Punto</th> <th>Temperatura °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase A</td> <td>35.2</td> </tr> <tr> <td>Fase B</td> <td>34.7</td> </tr> <tr> <td>Fase C</td> <td>33.1</td> </tr> <tr> <td>Tmax</td> <td>46 °C Tapa Cuba</td> </tr> <tr> <td>Tmin</td> <td>38.5 °C Base Cuba</td> </tr> </tbody> </table> | Punto   | Temperatura °C | Fase A | 35.2 | Fase B | 34.7 | Fase C | 33.1 | Tmax | 46 °C Tapa Cuba | Tmin | 38.5 °C Base Cuba | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td>3 agosto 2009</td> </tr> <tr> <td>Equipo</td> <td>Fluke</td> </tr> <tr> <td>Parte</td> <td>Transformador Sub Civil</td> </tr> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.95</td> </tr> <tr> <td>Distancia del objeto</td> <td>2.5 m</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Ambiente</td> <td>25°C</td> </tr> </tbody> </table> | Fecha | 3 agosto 2009 | Equipo | Fluke | Parte | Transformador Sub Civil | Emisividad | 0.95 | Distancia del objeto | 2.5 m | Temperatura Ambiente | 25°C |
| Punto  | Temperatura °C  |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase A   | 35.2  |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase B   | 34.7  |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase C   | 33.1  |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmax   | 46 °C Tapa Cuba   |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmin   | 38.5 °C Base Cuba   |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Fecha  | 3 agosto 2009   |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Equipo   | Fluke   |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Parte  | Transformador Sub Civil   |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Emisividad   | 0.95  |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Distancia del objeto   | 2.5 m   |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |
| Temperatura Ambiente   | 25°C  |                |        |      |        |      |        |      |      |                 |      |                   |  |       |               |        |       |       |                         |            |      |                      |       |                      |      |

Fuente: Autores

Tabla 17. Reportes de termografía tablero general Ingeniería Civil

| <b>Evaluación termográfica tablero General Subestación Ing Civil</b>   |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
|--|---|----------------|-------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|------|---------|------|------------------|--|-------|---------------|--------|-------|-------|---------------------------|------------|------|----------------------|-------|----------------------|------|
|  <p style="text-align: center;">03/08/2009 09:19:29 a.m.</p>   |  |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Punto</th> <th>Temperatura °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase A totalizador Ppal</td> <td>35.2</td> </tr> <tr> <td>Fase B totalizador Ppal</td> <td>34.7</td> </tr> <tr> <td>Fase C totalizador Ppal</td> <td>33.1</td> </tr> <tr> <td>Tmax</td> <td>42,3 °C</td> </tr> <tr> <td>Tmin</td> <td>31.1 °C Gabinete</td> </tr> </tbody> </table> | Punto   | Temperatura °C | Fase A totalizador Ppal | 35.2 | Fase B totalizador Ppal | 34.7 | Fase C totalizador Ppal | 33.1 | Tmax | 42,3 °C | Tmin | 31.1 °C Gabinete | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td>3 agosto 2009</td> </tr> <tr> <td>Equipo</td> <td>Fluke</td> </tr> <tr> <td>Parte</td> <td>Tablero general Sub Civil</td> </tr> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.95</td> </tr> <tr> <td>Distancia del objeto</td> <td>2.5 m</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Ambiente</td> <td>25°C</td> </tr> </tbody> </table> | Fecha | 3 agosto 2009 | Equipo | Fluke | Parte | Tablero general Sub Civil | Emisividad | 0.95 | Distancia del objeto | 2.5 m | Temperatura Ambiente | 25°C |
| Punto  | Temperatura °C  |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase A totalizador Ppal  | 35.2  |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase B totalizador Ppal  | 34.7  |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase C totalizador Ppal  | 33.1  |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmax   | 42,3 °C   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmin   | 31.1 °C Gabinete  |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Fecha  | 3 agosto 2009   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Equipo   | Fluke   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Parte  | Tablero general Sub Civil   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Emisividad   | 0.95  |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Distancia del objeto   | 2.5 m   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |
| Temperatura Ambiente   | 25°C  |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                  |  |       |               |        |       |       |                           |            |      |                      |       |                      |      |

Fuente: Autores

## 5.2 SUBESTACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS

Figura 22. Transformador y Tablero en baja tensión Edf. Planta de aceros



Fuente: Autores

El edificio de Planta de Aceros cuenta con una subestación de 200 kVA, a la vista tipo interior, la cual se encuentra ubicada en el costado norte del edificio en el primer piso. La subestación se alimenta directamente aguas arriba de la caja cortacircuitos existente en la subestación de Ingeniería Civil por medio de una acometida subterránea Cu 2 AWG XLPE 15 kV monopolar, la cual llega a la caja cortacircuitos de la subestación. Aguas arriba de la caja cortacircuitos sale una acometida para la subestación de Laboratorio de Livianos.

Tabla 18. Datos de placa Transformador del edificio Planta de Aceros

|                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| Potencia TRF:    | 200 kVA                 |
| Tensión cc (Uz): | 3.04%                   |
| Dimensiones TRF: | 1,3x0,8x1,6 m           |
| Relación TRF:    | 11400 / (208-127) V     |
| Corriente cc:    | 15 kA                   |
| Fabricante TRF:  | Andina de TRF           |
| TAPS:            | 1 13530 V               |
|                  | 2 13200 V               |
|                  | 3 12870 V ** Tap actual |
|                  | 4 12540 V               |
|                  | 5 12210 V               |
| Grupo conexión:  | Dy-5                    |
| Refrigeración:   | ONAN                    |
| Año:             | 1974                    |

Fuente: Autores

Tabla 19. Datos protecciones M.T. del edificio de Planta de aceros

---

|                   |          |
|-------------------|----------|
| Tipo seccionador: | Tripolar |
| Tipo fusible:     | H-H      |
| In fusible:       | 25 A     |
| Tensión fusible:  | 24 kV    |

---

Fuente: Autores

Esta subestación no cuenta con protecciones contra sobretensiones transitorias en las redes de media y baja tensión.

**5.2.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda.** Con el analizador de redes se recopiló información del transformador de Planta de Aceros, el día lunes 03 de Agosto de 2009 la cual está descrita en el anexo B3.

Según los datos observados del nivel de tensión, se puede afirmar que la posición del tap no es adecuada, pues da como resultado una tensión promedio de 128,3 V, la cual es una tensión muy elevada según la norma ESSA 2005.




En cuanto a la cargabilidad del transformador vemos que el punto máximo de potencia se registró entre 06:00 p.m. y las 6:00 a.m. con un valor de 7.934 kVA, que representa un 3,967 % del valor nominal, por lo cual este transformador cuenta con una disponibilidad de 192,06 kVA.

Se observa que el factor de potencia siempre se encuentra por debajo del valor penalizable (0,896).

Esto se debe a que el transformador prácticamente está trabajando en vacío y las pérdidas propias del transformador son prácticamente reactivas.

### 5.2.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico

| FOTOGRAFÍA  | COMENTARIO  |
|---|---|
|  | <p><b>Distancias de seguridad:</b> El transformador no tiene bóveda alguna, que se encuentre separada de los demás elementos eléctricos de diferente nivel de tensión.</p> <p>No existe ninguna barrera que impida el acceso hasta el transformador ni mucho menos a sus partes energizadas</p> <p><b>Señales de advertencia:</b> No existe ningún tipo de letrero de advertencia que señalice la zona segura, hasta donde se puede acercar le personal.</p> <p>No se indican los niveles de tensión presentes en los equipos que se encuentran instalados en dicha área.</p> <p>No hay extintor.</p> <p><b>Fosos de Aceite y Brocal:</b> No existen fosos para el aceite, ni brocal en la entrada de la celda.</p> |

|  |  |
|--|--|
|   | <p><b>Ventilación:</b> La ventilación está conformada por ventanas tipo persiana de 40 cm. En la parte superior e inferior de la pared sur. Cumple con el área mínima para la ventilación según el tamaño del transformador.</p>   |
|   | <p><b>Distancias de seguridad:</b> Las distancias de seguridad desde los bornes en media y baja tensión hasta los elementos más cercanos como cofre del seccionador y tablero en baja tensión no cumplen con las distancias de circulación.</p>  |
|  | <p><b>Bóveda:</b> La mampostería y techo de la cual esta conformada el cuarto eléctrico es ladrillo cocido y teja eternit, dicha celda se encuentra ubicada la exterior del edificio, no se hace necesario sustituirla por muros cortafuego ya que no está en el interior del edificio ni cerca a las zonas de evacuación.</p> <p>Se deben reparar las rejillas de ventilación inferior ya que son propicias para el acceso de animales.</p> <p>La cubierta presenta perforaciones y se filtra el agua, hay represamiento de humedad en el interior de la celda.</p> |
|  | <p><b>Iluminación:</b> La iluminación es deficiente, esta conformada solamente por una bombilla adosada en la pared norte. El momento de la inspección la salida eléctrica tampoco presentaba tensión y la bombilla estaba quemada.</p>  |

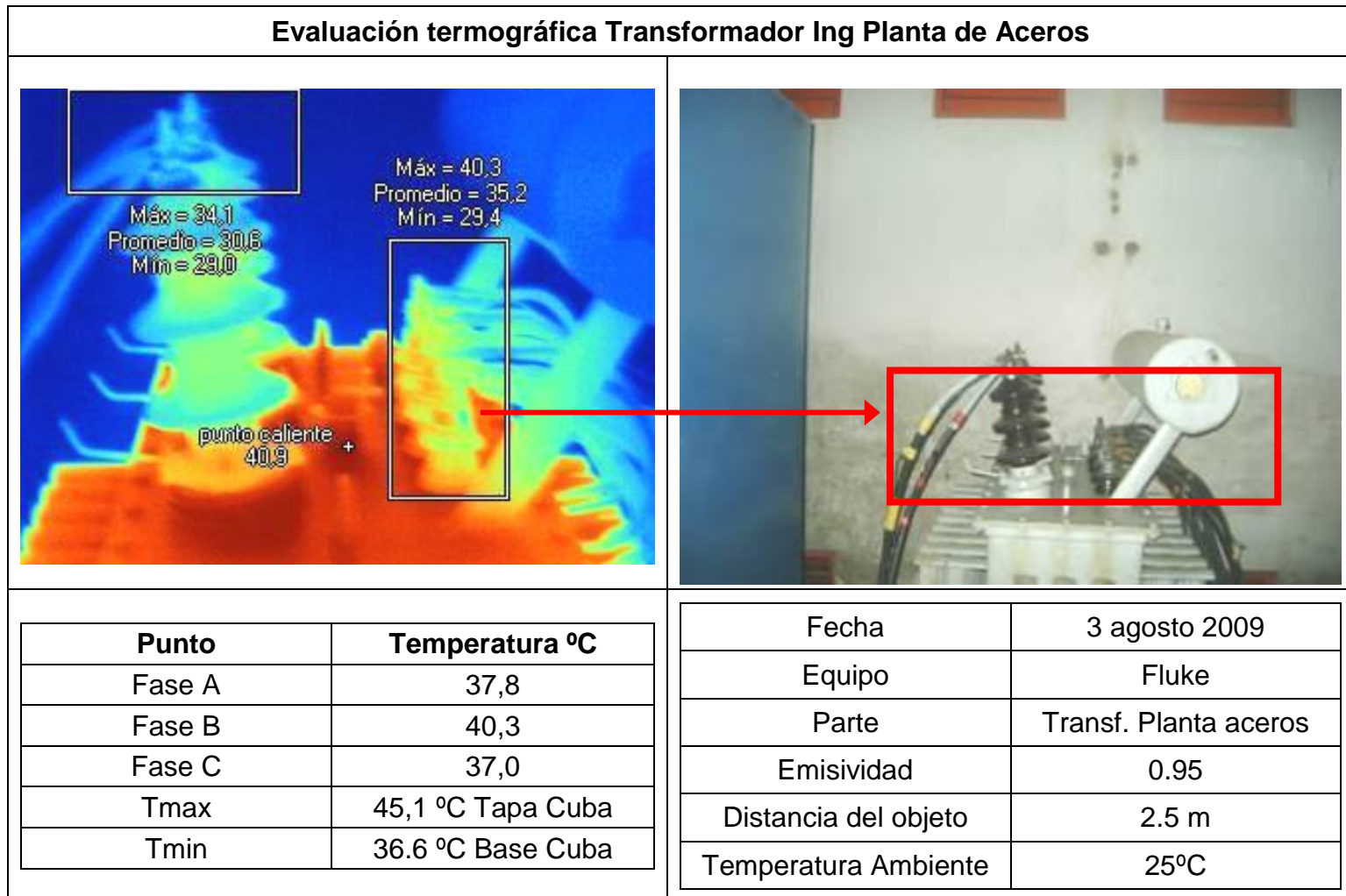
**5.2.3 Evaluación termográfica subestación y tablero general.** Según el reporte de termografía podemos hacer las siguientes apreciaciones:

a) El transformador presenta puntos calientes en los bornes de media y baja tensión, este transformador requiere mantenimiento correctivo urgente.

b) El tablero general en baja tensión presenta algunos puntos calientes en la conexión del totalizador de la acometida principal destinado a TGBT debido a que no están bien ponchados Y apretados los conductores con los bornes terminales.

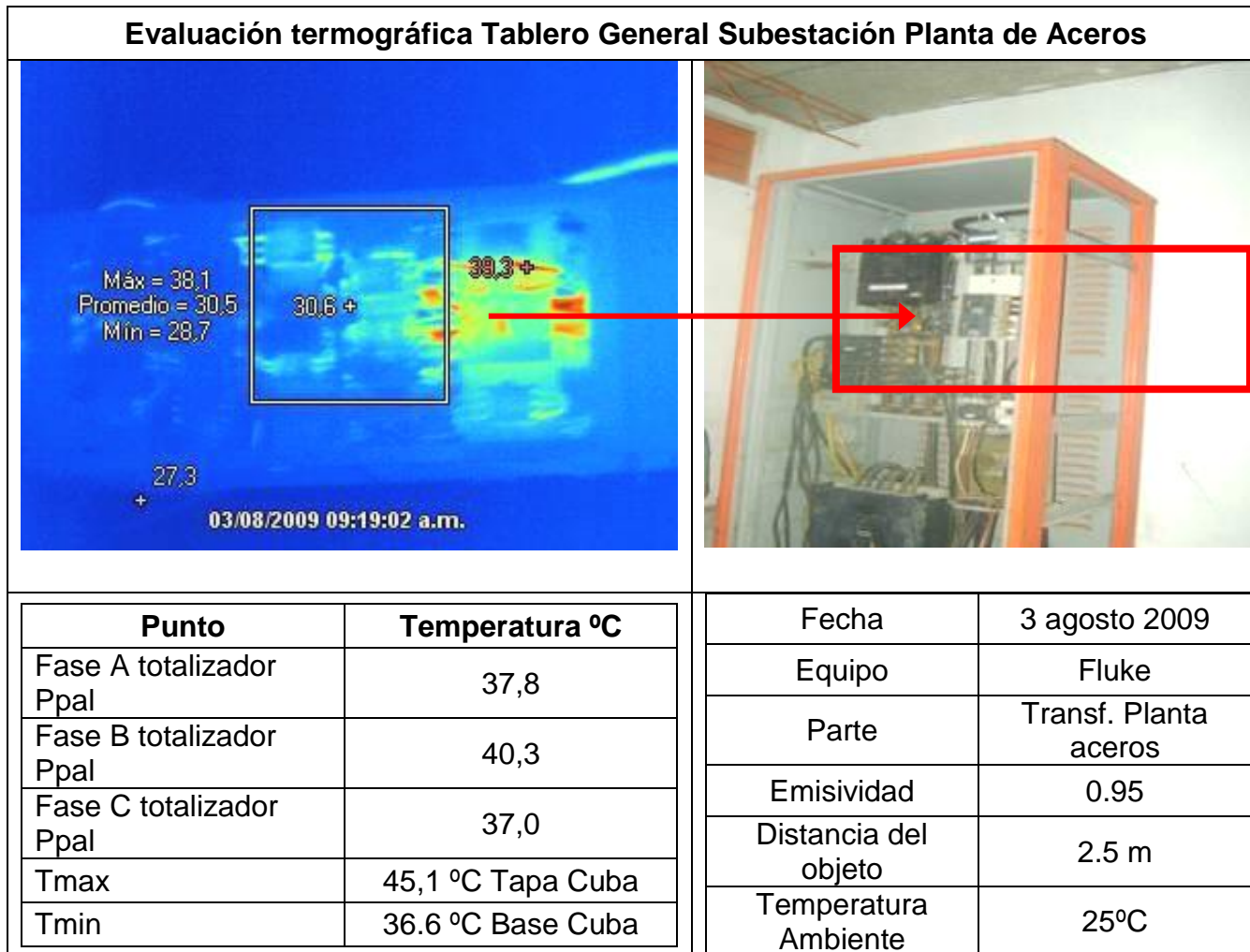
c) Los demás componentes no presentan puntos calientes.

Tabla 20. Reportes de termografía transformador Planta de aceros



Fuente: Autores

Tabla 21. Reportes de termografía tablero general Planta de aceros



Fuente: Autores

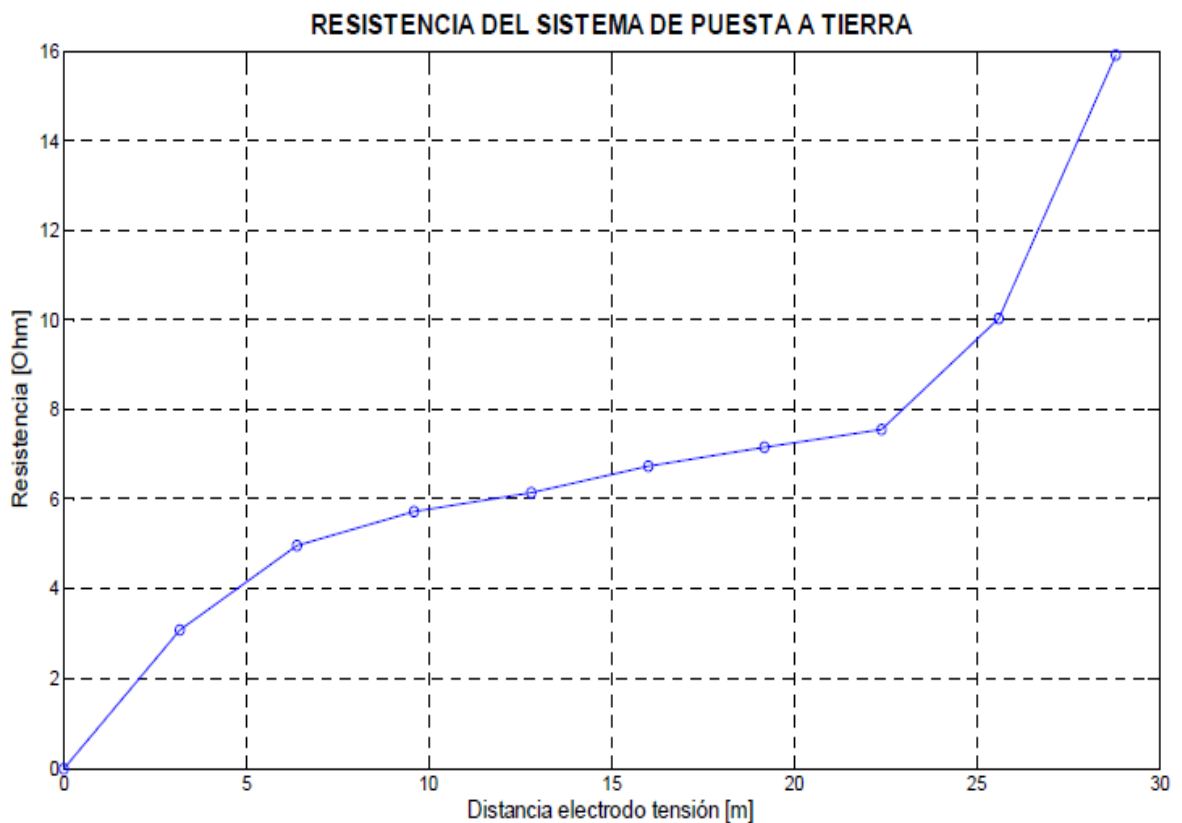
**5.2.4 Evaluación del sistema de puesta a tierra.** La subestación presenta un sistema de puesta a tierra conformado por un conductor de cobre desnudo N° 2/0 AWG, el cual se encuentra enterrado en forma horizontal por el costado norte del edificio.

Tabla 22. Resistencia del sistema de puesta tierra, subestación Planta de aceros

| Distancia [m]            | 0 | 3,2  | 6,4  | 9,6 | 12.8 | 16  | 22.4 | 25.6 | 28.2 | 32   |
|--------------------------|---|------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|
| Resistencia [ $\Omega$ ] | 0 | 3,08 | 4.95 | 5.7 | 6,2  | 6,7 | 7,3  | 7,6  | 10   | 15.9 |

Fuente: Autores

Figura 23. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Planta de Aceros



Fuente: Autores

### 5.2.5 Evaluación de nivel de aislamiento

$$\text{Resistencia mínima de aislamiento} = \frac{1,5 * 13200}{\sqrt{200}} = 1400 \text{ M}\Omega$$

Tabla 23. Medida de Resistencia del Transformador

| Puntos de medida | Resistencia de aislamiento [MΩ] |
|------------------|---------------------------------|
| Alta / Baja      | 4000                            |
| Alta / Tierra    | 4000                            |
| Baja / Tierra    | 2000                            |

Fuente: Autores

Las lecturas finales de resistencia de aislamiento están por encima del valor mínimo recomendado por la NETA. Por lo tanto se deduce que el aislamiento del transformador se encuentra en buenas condiciones.

### 5.3 SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Figura 24. Transformador y Tablero en baja tensión Edf. Ingeniería Química



Fuente: Autores

Se encuentra ubicada en la parte exterior del sector C del edificio de Ingeniería Química en un cuarto de 2.5m x 3 x m x 3m, esta subestación está compuesta por un transformador de 225 kVA y posee una acometida en media tensión conformada por tres conductores No.2 XLPE THW que vienen en ducto de 3" (red subterránea) procedentes del sistema de distribución UIS y llegan al juego de cortacircuitos de 15KV-10kA de capacidad nominal. Por el lado de baja tensión, la conexión entre el tablero general de la Subestación y el transformador se realiza con 4 conductores calibre 4/0 Cu THW y un conductor calibre 1/0 Cu THW para la tierra que van hacia el tablero general ubicado a 3.5 metros de distancia.

Tabla 24. Datos de placa Transformador del edificio Ingeniería Química

|                  |   |
|------------------|---|
| Potencia TRF:    | 225 kVA   |
| Tensión cc (Uz): | 3.95%   |
| Dimensiones TRF: | 1,7x1,0x1,2 m   |
| Relación TRF:    | 13200 / (220-131,6) V   |
| Corriente cc:    | 14,4 kA   |
| Fabricante TRF:  | ABB   |
| TAPS:            | 1 13530 V ** Tap actual<br>2 13200 V<br>3 12870 V<br>4 12540 V<br>5 12210 V |
| Grupo conexión:  | Dy-5  |
| Refrigeración:   | ONAN  |
| Año:             | 2004  |

Fuente: Autores

Tabla 25. Datos protecciones MT. del edificio Ingeniería Química

|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| Tipo seccionador: | Caja cortacircuitos |
| Tipo fusible:     | Hilo                |
| In fusible:       | 10 A                |
| Tensión fusible:  | 15 kV               |

Fuente: Autores

**5.3.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda.** Con el analizador de redes se recopiló información del transformador de Ingeniería Química, el día jueves 06 de Agosto de 2009 la cual está descrita en el anexo B2 donde se exponen los perfiles de de tensión, corriente, potencia, factor de potencia entre otros, se hacen las siguientes apreciaciones:

a. Según los datos observados el nivel de tensión y de los datos de placa de tensión de vacío del transformador la posición del TAP es adecuada para la operación del equipo, pues da como resultado una tensión promedio de 128 V, sin embargo esta tensión está por encima de los valores máximos permitidos por la norma ESSA 2005, para sectores residenciales y comerciales. Este hecho se debe a que el transformador seleccionado es para uso industrial.

b. Por su parte el consumo de corriente muestra un desbalance en la distribución de la carga (Fase A 9,09 % y Fase C 2,27% respecto a la carga de la fase A). Sin embargo analizando el Tablero General se evidencia que todas protecciones y redes derivadas de este son trifásicas, lo que con lleva a dictaminar que el balance se debe hacer en los sub-tableros distribuyendo mejor la carga.

c. En cuanto a la cargabilidad del transformador vemos que el punto máximo de potencia se registró a las 11:00 a.m. con un valor de 74,5 kVA, que representa un 33% del valor nominal, por lo cual este transformador cuenta con una disponibilidad de 150,5 kVA.

d. Se observa que el factor de potencia decae del valor penalizable (0,83) entre las 12 p.m. y las 3 p.m. aproximadamente, esto debido al poco consumo de carga activa en ese horario y al consumo reactivo propio del transformador, además de las posibles cargas reactivas que quedan energizadas en esas horas. (Ej.: estabilizadores).

### 5.3.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico

| FOTOGRAFÍA   | COMENTARIO  |
|--|---|
|  | <p><b>Distancias de seguridad:</b> El transformador no tiene bóveda alguna, que se encuentre separada de los demás elementos eléctricos de diferente nivel de tensión.</p> <p>No existe ninguna barrera que impida el acceso hasta el transformador ni mucho menos a sus partes energizadas</p> <p>Las distancias de seguridad desde los bornes en media y baja tensión hasta los elementos más cercanos paredes y estructura metálica de la cubierta de la bóveda son peligrosas menores a 30 cm.</p> <p>Las distancias de circulación en los alrededores del transformador son insuficientes, además teniendo en cuenta que el transformador es convencional se corre el riesgo de contacto directo con las partes energizadas.</p> <p><b>Señales de advertencia:</b> No existe ningún tipo de letrero de advertencia</p> |



que señalice la zona segura, hasta donde se puede acercar le personal. No se indican los niveles de tensión presentes en los equipos que se encuentran instalados en dicha área.

No hay extintor.

**Fosos de Aceite y Brocal:** No existe el brocal en la entrada de la celda.

**Ventilación:** La ventilación está conformada básicamente solo por la puerta de acceso sin embargo cumple con el área mínima para la ventilación según el tamaño del transformador.

**Bóveda:** La mampostería y techo de la cual esta conformada el cuarto eléctrico es bloque de mampostería y teja eternit, dicha celda se encuentra ubicada la exterior del edificio, no se hace necesario sustituirla por muros cortafuego ya que no está en el interior del edificio ni cerca a las zonas de evacuación.

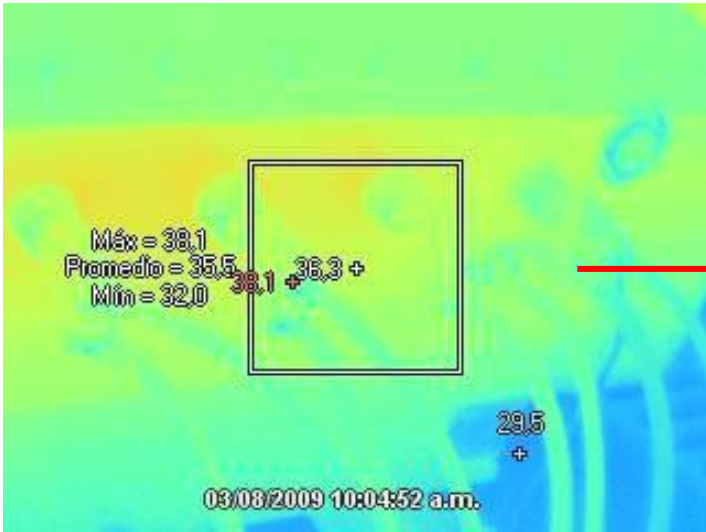

Sin embargo a cubierta presenta filtraciones y no existe ningún drenaje o desnivel adecuado para la evacuación de dichas filtraciones por ende se han generados zonas húmedas alrededor del transformador.

**5.3.3 Evaluación termográfica subestación y tablero general.** Según el reporte de termografía podemos hacer las siguientes apreciaciones:

a) El transformador no presenta puntos calientes en sus conexiones ni en su cuba metálica.

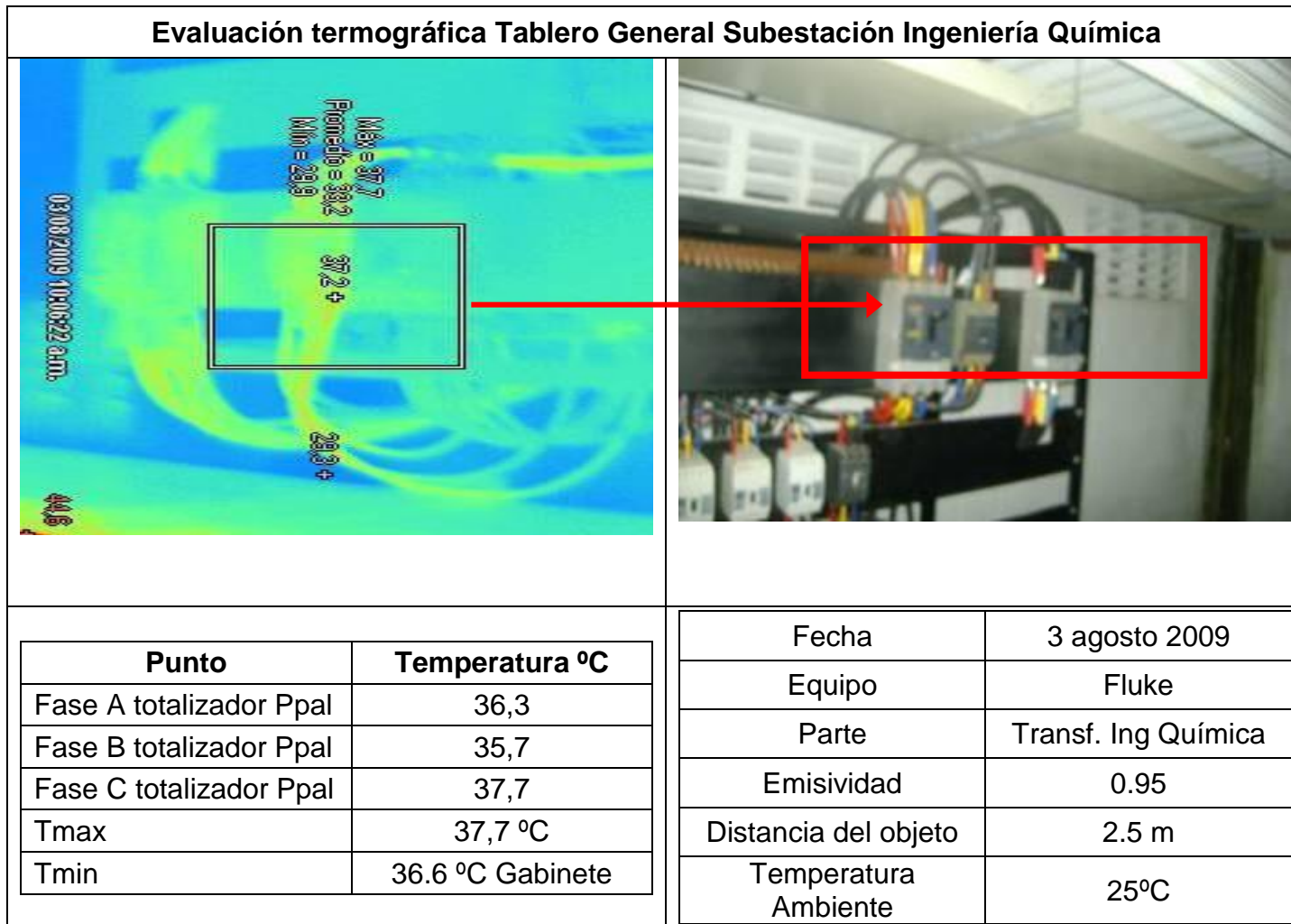
- b) El tablero general en baja tensión presenta algunos puntos calientes en la conexión del totalizador de 225 A destinado a TGSB debido a que no están bien ponchados los conductores con las Bornes terminales.
  
- c) Los demás componentes del tablero general no presentan puntos calientes.

Tabla 26. Reportes de termografía transformador Ingeniería Química

| Evaluación termográfica Transformador Ingeniería Química   |                     |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
|--|---------------------|---|----------------|--------|------|--------|------|--------|------|------|-------------------|------|-------------------|--|--|-------|---------------|--------|-------|-------|---------------------|------------|------|----------------------|-------|----------------------|------|
|    |                     |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Punto</th> <th>Temperatura °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase A</td> <td>37,8</td> </tr> <tr> <td>Fase B</td> <td>38,1</td> </tr> <tr> <td>Fase C</td> <td>37,6</td> </tr> <tr> <td>Tmax</td> <td>40,4 °C Tapa Cuba</td> </tr> <tr> <td>Tmin</td> <td>32.9 °C Base Cuba</td> </tr> </tbody> </table> |                     | Punto   | Temperatura °C | Fase A | 37,8 | Fase B | 38,1 | Fase C | 37,6 | Tmax | 40,4 °C Tapa Cuba | Tmin | 32.9 °C Base Cuba | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td>3 agosto 2009</td> </tr> <tr> <td>Equipo</td> <td>Fluke</td> </tr> <tr> <td>Parte</td> <td>Transf. Ing Química</td> </tr> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.95</td> </tr> <tr> <td>Distancia del objeto</td> <td>2.5 m</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Ambiente</td> <td>25°C</td> </tr> </tbody> </table> |  | Fecha | 3 agosto 2009 | Equipo | Fluke | Parte | Transf. Ing Química | Emisividad | 0.95 | Distancia del objeto | 2.5 m | Temperatura Ambiente | 25°C |
| Punto  | Temperatura °C      |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase A   | 37,8                |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase B   | 38,1                |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase C   | 37,6                |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmax   | 40,4 °C Tapa Cuba   |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmin   | 32.9 °C Base Cuba   |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Fecha  | 3 agosto 2009       |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Equipo   | Fluke               |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Parte  | Transf. Ing Química |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Emisividad   | 0.95                |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Distancia del objeto   | 2.5 m               |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |
| Temperatura Ambiente   | 25°C                |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                   |      |                   |  |  |       |               |        |       |       |                     |            |      |                      |       |                      |      |

Fuente: Autores

Tabla 27. Reportes de termografía tablero general Ingeniería Química



Fuente: Autores

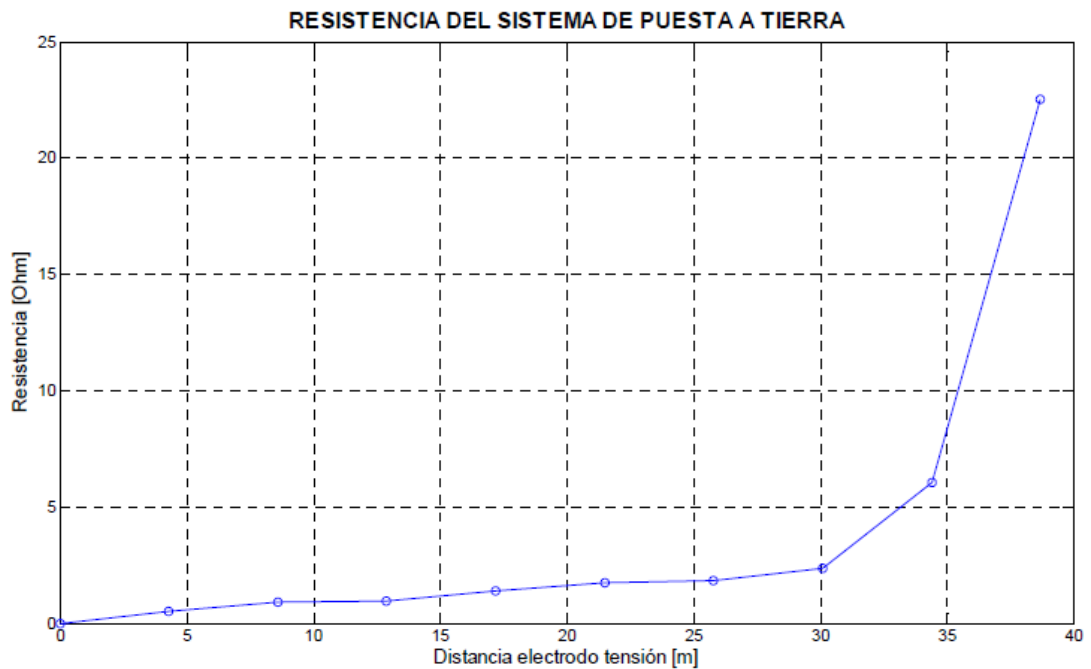
### 5.3.4 Evaluación del sistema de puesta a tierra

Tabla 28. Resistencia del sistema de puesta tierra, subestación Química

| Distancia [m]            | 0 | 3    | 6    | 9    | 12   | 15   | 18  | 21   | 24   | 27 |
|--------------------------|---|------|------|------|------|------|-----|------|------|----|
| Resistencia [ $\Omega$ ] | 0 | 4,23 | 5,63 | 6,37 | 7,14 | 8,01 | 8,7 | 9,23 | 10,6 | 24 |

Fuente: Autores

Figura 25. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Ingeniería Química



Fuente: Autores

### 5.3.5 Evaluación de nivel de aislamiento

$$\text{Resistencia mínima de aislamiento} = \frac{1,5 * 13200}{\sqrt{225}} = 1320 \text{ } \Omega$$

Tabla 29. Medida de Resistencia del Transformador

| Puntos de medida | Resistencia de aislamiento |
|------------------|----------------------------|
|                  | [MΩ]                       |
| Alta / Baja      | 48500                      |
| Alta / Tierra    | 4800                       |
| Baja / Tierra    | 2750                       |

Fuente: Autores

Las lecturas finales de resistencia de aislamiento están por encima del valor mínimo recomendado por la NETA. Por lo tanto se deduce que el aislamiento del transformador se encuentra en buenas condiciones.

#### 5.4 SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Figura 26. Transformador y Tablero en baja tensión Edf. Ingeniería Mecánica



Fuente: Autores.

Se encuentra ubicada en la parte interior en sector Suroriental del edificio de Ingeniería Mecánica en un cuarto de 3.7 m x 4,37m x 3m, esta subestación esta compuesta por un transformador de 160 kVA y posee una acometida en media tensión conformada por un conductor No. 2 XLPE THW tripolar que vienen en ducto de 3" (red subterránea) procedentes del edificio de biblioteca y llegan al juego de cortacircuitos de 15KV-10kA de capacidad nominal. Por el lado de baja tensión, la conexión entre el tablero general de la Subestación y el transformador se realiza con 4 conductores calibre 250 MCM Cu THW y un conductor calibre 2 Cu THW para la tierra que van hacia el tablero general ubicado a 2.82 metros de distancia.

Tabla 30. Datos de placa Transformador del edificio Ingeniería Mecánica

|                  |   |
|------------------|---|
| Potencia TRF:    | 160 kVA   |
| Tensión cc (Uz): | 3.8%  |
| Dimensiones TRF: | 1,1x0,5x1,5 m                                     |
| Relación TRF:    | 13200 / (231-133,4) V                             |
| Corriente cc:    | 10,5 kA   |
| Fabricante TRF:  | SIEMENS   |
| TAPS:            | 1 13860 V ** Tap actual<br>2 13200 V<br>3 12540 V |
| Grupo conexión:  | Dy-5  |
| Refrigeración:   | ONAN  |
| Año:             | 1961  |

Fuente: Autores

Tabla 31. Datos protecciones MT. del edificio Ingeniería Mecánica

|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| Tipo seccionador: | Caja cortacircuitos |
| Tipo fusible:     | Hilo                |
| In fusible:       | 10 A - 15 A - 15 A  |
| Tensión fusible:  | 15 kV               |

Fuente: Autores

**5.4.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda.** Con el analizador de redes se recopiló información del transformador de Ingeniería Mecánica, el día miércoles 05 de Agosto de 2009 la cual esta descrito en el anexo B4 donde se exponen los perfiles de de tensión, corriente, potencia, factor de potencia entre otros, se hacen las siguientes apreciaciones:

- a. Según los datos observados el nivel de tensión y de los datos de placa de tensión de vacío del transformador la posición del TAP es adecuada para la operación del equipo, pues da como resultado una tensión promedio de 128 V.
- b. Por su parte el consumo de corriente muestra un desbalance en la distribución de la carga (Fase B 0.66 % y Fase C 5.08% respecto a la carga de la fase A). Sin embargo analizando el Tablero General se evidencia que todas protecciones y redes derivadas de este son trifásicas, lo que con lleva a dictaminar que el balance se debe hacer en los sub-tableros distribuyendo mejor la carga.
- c. En cuanto a la cargabilidad del transformador vemos que el punto máximo de potencia se registró a las 3:30 p.m. con un valor de 70,6 kVA, que representa un 44,1% del valor nominal, por lo cual este transformador cuenta con una disponibilidad de 89,4 kVA.
- d. Se observa que el factor de potencia se mantiene en promedio en 0,91, no es necesario instalar un banco de condensadores en esta subestación.

#### 5.4.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico

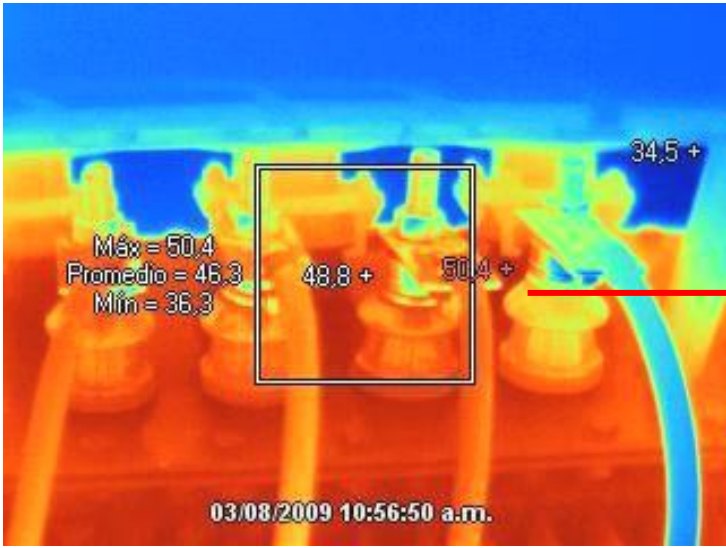

| FOTOGRAFÍA  | COMENTARIO  |
|---|---|
|    | <p><b>Distancias de seguridad:</b> El transformador no tiene bóveda alguna, que se encuentre separada de los demás elementos eléctricos de diferente nivel de tensión.</p> <p>No existe ninguna barrera que impida el acceso hasta el transformador ni mucho menos a sus partes energizadas.</p>  |
|   | <p>Las distancias de seguridad desde los bornes en media y baja tensión hasta los elementos más cercanos como cofre del seccionador y tablero en baja tensión no cumplen con las distancias de circulación.</p> <p><b>Fosos de Aceite y Brocal:</b> No existen fosos para el aceite, ni brocal en la entrada de la celda.</p>   |
|  | <p><b>Ventilación:</b> La ventilación está conformada persianas de 40 cm. en la parte superior de la celda, sin embargo dicha ventilación no da hacia un área ventilada, lo cual ha generado que la celda se acalore por no haber recirculación del aire fresco.</p> <p><b>Bóveda:</b> la placa y paredes están conformadas por bloque de barro cocido tipo H10, dicha celda se encuentra ubicada un área de circulación del área de talleres del edificio de ingeniería mecánica, se debe evaluar la conveniencia de que la celda sea resistente a las tres horas de fuego continuo y la instalación de una puerta cortafuego.</p> <p><b>Señales de advertencia:</b> Solo existe un letrero de advertencia en la entrada de la subestación, sin embargo no hay barreras de protección ni en los tableros ni junto a los transformadores. No se</p> |

|  |   |
|--|---|
|  | indican los niveles de tensión presentes en los equipos que se encuentran instalados en dicha área.<br><br>No hay extintor. |
|--|---|

**5.4.3 Evaluación termográfica subestación y tablero general.** Según el reporte de termografía podemos hacer las siguientes apreciaciones:

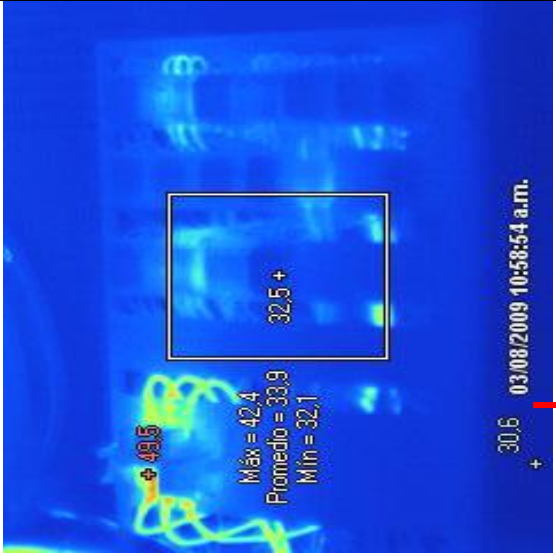
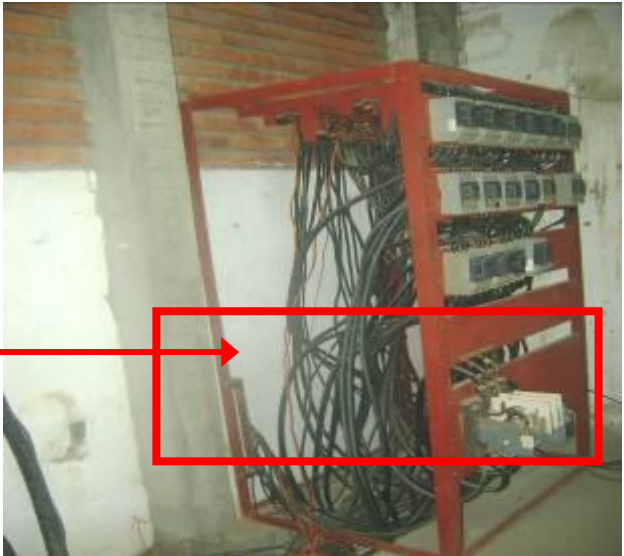
- a) El transformador no presenta puntos calientes en sus conexiones ni en su cuba metálica.
  
- b) El tablero general en baja tensión presenta algunos puntos calientes en la conexión de la acometida principal (totalizador principal) y el circuito de 100 A destinado al edificio de planta física.
  
- c) Los demás componentes del tablero general no presentan puntos calientes.

Tabla 32. Reportes de termografía transformador Ingeniería Mecánica

| Evaluación termográfica Transformador Ingeniería Mecánica   |                      |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
|---|----------------------|---|----------------|--------|------|--------|------|--------|------|------|----------------|------|-------------------|---|--|-------|---------------|--------|-------|-------|----------------------|------------|------|----------------------|-------|----------------------|------|
|   |                      |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Punto</th> <th>Temperatura °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase A</td> <td>47,8</td> </tr> <tr> <td>Fase B</td> <td>45,6</td> </tr> <tr> <td>Fase C</td> <td>50,4</td> </tr> <tr> <td>Tmax</td> <td>50,4 °C Fase c</td> </tr> <tr> <td>Tmin</td> <td>36.3 °C Base Cuba</td> </tr> </tbody> </table> |                      | Punto   | Temperatura °C | Fase A | 47,8 | Fase B | 45,6 | Fase C | 50,4 | Tmax | 50,4 °C Fase c | Tmin | 36.3 °C Base Cuba | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td>3 agosto 2009</td> </tr> <tr> <td>Equipo</td> <td>Fluke</td> </tr> <tr> <td>Parte</td> <td>Transf. Ing Mecánica</td> </tr> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.95</td> </tr> <tr> <td>Distancia del objeto</td> <td>2.5 m</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Ambiente</td> <td>25°C</td> </tr> </tbody> </table> |  | Fecha | 3 agosto 2009 | Equipo | Fluke | Parte | Transf. Ing Mecánica | Emisividad | 0.95 | Distancia del objeto | 2.5 m | Temperatura Ambiente | 25°C |
| Punto   | Temperatura °C       |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase A  | 47,8                 |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase B  | 45,6                 |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase C  | 50,4                 |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmax  | 50,4 °C Fase c       |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmin  | 36.3 °C Base Cuba    |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Fecha   | 3 agosto 2009        |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Equipo  | Fluke                |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Parte   | Transf. Ing Mecánica |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Emisividad  | 0.95                 |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Distancia del objeto  | 2.5 m                |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |
| Temperatura Ambiente  | 25°C                 |   |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                      |            |      |                      |       |                      |      |

Fuente: Autores

Tabla 33. Reportes de termografía tablero general Ingeniería Mecánica

| Evaluación termográfica Tablero General Subestación Ingeniería Mecánica           |                       |  |                      |
|---|-----------------------|--|----------------------|
|  |                       |  |                      |
| <b>Punto</b>  | <b>Temperatura °C</b> | <b>Fecha</b>   | 3 agosto 2009        |
| Fase A totalizador Ppal   | 41.4                  | <b>Equipo</b>  | Fluke                |
| Fase B totalizador Ppal   | 42.4                  | <b>Parte</b>   | Transf. Ing Mecánica |
| Fase C totalizador Ppal   | 41,5                  | <b>Emisividad</b>  | 0.95                 |
| Tmax  | 42,4 °C               | <b>Distancia del objeto</b>  | 2.5 m                |
| Tmin  | 32, 5 °C Gabinete     | <b>Temperatura Ambiente</b>  | 25°C                 |

Fuente: Autores

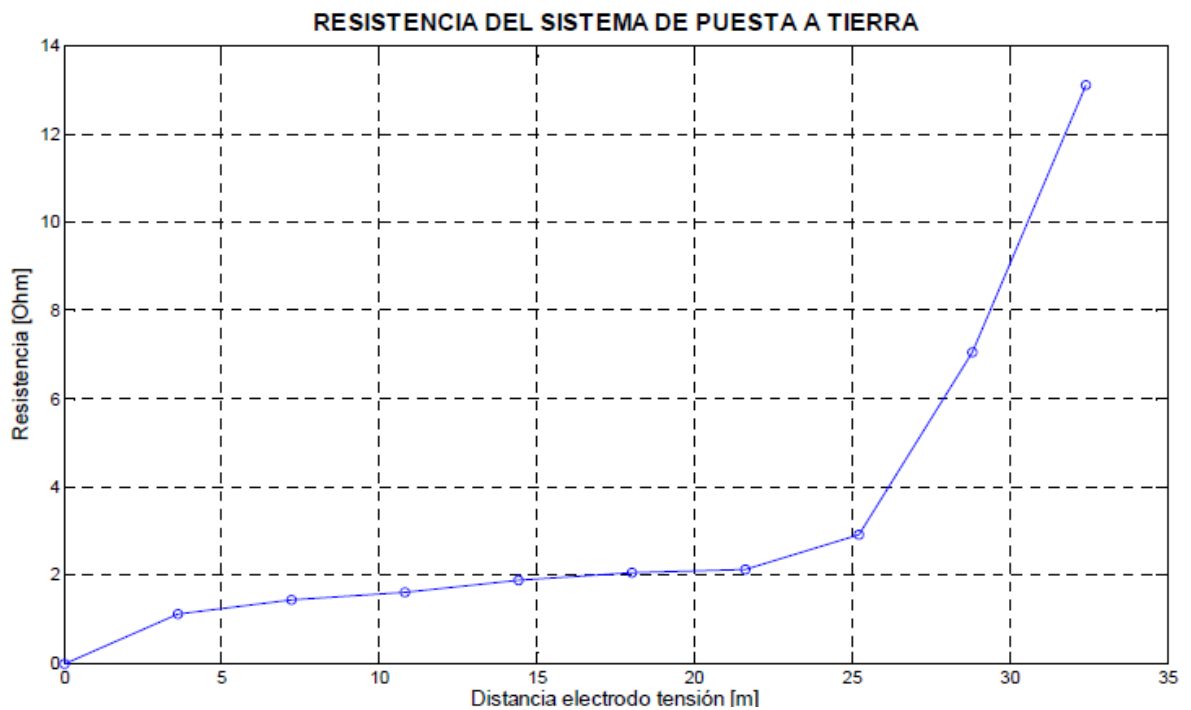
#### 5.4.4 Evaluación del sistema de puesta a tierra

Tabla 34. Resistencia del sistema de puesta tierra, subestación Ingeniería Mecánica

| Distancia [m]            | 4    | 8   | 12   | 16   | 20   | 24   | 28   | 32  | 34   |
|--------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|
| Resistencia [ $\Omega$ ] | 1,14 | 1,5 | 1,64 | 1,89 | 2,04 | 2,11 | 2,96 | 6,8 | 13,6 |

Fuente: Autores

Figura 27. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Ingeniería Mecánica



Fuente: Autores

#### 5.4.5 Evaluación de nivel de aislamiento

$$\text{Resistencia mínima de aislamiento} = \frac{1,5 * 13200}{\sqrt{160}} = 1565 \text{ } \Omega$$

Tabla 35. Medida de Resistencia del Transformador

| Puntos de medida | Resistencia de aislamiento |
|------------------|----------------------------|
|                  | [MΩ]                       |
| Alta / Baja      | 120                        |
| Alta / Tierra    | 200                        |
| Baja / Tierra    | 140                        |

Fuente: Autores

Las lecturas finales de resistencia de aislamiento están por debajo del valor mínimo recomendado por la NETA. Por lo tanto se deduce que el aislamiento del transformador no se encuentra en buenas condiciones y necesita mantenimiento preventivo con carácter urgente.

## 5.5 SUBESTACIÓN EDIFICIO ADMINISTRACION I

Figura 28. Transformador y Tablero en baja tensión Edf. Administración I



Fuente: Autores

Se encuentra ubicada en la parte Exterior en sector oriental del edificio de Administración I en un cuarto de 3.45 m x 5 m x 3m compuesta por dos

transformadores uno de 200 Kva y otro de 75 Kva, esta subestación Posee una acometida en media tensión conformada por un conductor No. 2 XLPE THW tripolar que vienen en ducto de 3" (red subterránea) procedentes del edificio de biblioteca y llegan al juego de cortacircuitos de 15KV-10kA de capacidad nominal. Por el lado de baja tensión, la conexión entre el tablero general de la Subestación y el transformador se realiza con 3 conductores calibre 350 MCM Cu THW, un conductor calibre 2/0 para el neutro y un conductor calibre 2 Cu THW para la tierra que van hacia el tablero general ubicado a 4,6 metros de distancia correspondiente al transformador de 200 kVA y con 3 conductores calibre 2 AWG Cu THW, un conductor calibre 4 para el neutro y un conductor calibre 6 Cu THW para la tierra que van hacia el tablero general ubicado a 2,8 metros de distancia

Tabla 36. Datos de placa Transformador 1 del edificio Administración I

|                  |   |
|------------------|---|
| Potencia TRF:    | 200 kVA   |
| Tensión cc (Uz): | 3.3%  |
| Dimensiones TRF: | 1,3x0,8x1,6 m   |
| Relación TRF:    | 11400 / (208-120) V   |
| Corriente cc:    | 15 kA   |
| Fabricante TRF:  | ANDINA DE TRF   |
| TAPS:            | 5 12060 V<br>2 11730 V<br>3 11400 V ** Tap actual<br>4 11080 V<br>5 10750 V |
| Grupo conexión:  | Dy-5  |
| Refrigeración:   | ONAN  |
| Año:             | 1974  |

Fuente: Autores

Tabla 37. Datos protecciones MT. Del edificio Administración I

|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| Tipo seccionador: | Caja cortacircuitos |
| Tipo fusible:     | Hilo                |
| In fusible:       | 10 A - 10 A - 10 A  |
| Tensión fusible:  | 15 kV               |

Fuente: Autores

Tabla 38. Datos de placa Transformador 2 del edificio Administración I

|                  |  |
|------------------|--|
| Potencia TRF:    | 75 kVA   |
| Tensión cc (Uz): | 3.0%   |
| Dimensiones TRF: | 1,0x0,6x1,1 m  |
| Relación TRF:    | 13200 / (220-127) V  |
| Corriente cc:    | 10 kA  |
| Fabricante TRF:  | ANDINA DE TRF  |
| TAPS:            | 5 13200 V ** Tap<br>actual<br>2 12672 V<br>3 12144 V<br>4 11416 V<br>5 11082 V |
| Grupo conexión:  | Dy-5   |
| Refrigeración:   | ONAN   |
| Año:             | 1974   |

Fuente: Autores

**5.5.1 Análisis parámetros eléctricos y Demanda.** Con el analizador de redes se recopiló información de los transformadores del edificio Administración I, el día jueves 30 de Julio de 2009 la cual esta descrito en el anexo B5 donde se exponen los perfiles de de tensión, corriente, potencia, factor de potencia entre otros, se hacen las siguientes apreciaciones:

a) Según los datos observados el nivel de tensión y de los datos de placa de tensión de vacío del transformador 1 la posición del TAP es adecuada para la operación del equipo, pues da como resultado una tensión promedio de 123 V, sin embargo esta tensión está por encima de los valores máximos permitidos por la norma ESSA 2005, para sectores residenciales y comerciales. Este hecho se debe a que el transformador seleccionado es para uso industrial.

b) Según los datos observados el nivel de tensión y de los datos de placa de tensión de vacío del transformador 2 la posición del TAP es adecuada para la operación del equipo, pues da como resultado una tensión promedio de 124.8 V, sin embargo esta tensión está por encima de los valores máximos permitidos por la norma ESSA 2005, para sectores residenciales y comerciales. Este hecho se debe a que el transformador seleccionado es para uso industrial.

c) Por su parte el consumo de corriente muestra un desbalance para el transformador 1 en la distribución de la carga (Fase A 0,46 % y Fase C 0,33 % respecto a la carga de la fase A). Sin embargo analizando el Tablero General se evidencia que todas protecciones y redes derivadas de este son trifásicas, lo que con lleva a dictaminar que el balance se debe hacer en los sub-tableros distribuyendo mejor la carga.

d) Por su parte el consumo de corriente muestra un pequeño desbalance para el transformador 2 en la distribución de la carga (Fase A 1,25 % y Fase C 1,37 % respecto a la carga de la fase A). Sin embargo analizando el Tablero General se evidencia que todas protecciones y redes derivadas de este son trifásicas, lo que con lleva a dictaminar que el balance se debe hacer en los sub-tableros distribuyendo mejor la carga.

e) En cuanto a la cargabilidad del transformador 1 vemos que el punto máximo de potencia se registró a las 11:00 a.m. con un valor de 66,41 kVA, que representa un 33,21 % del valor nominal, por lo cual este transformador cuenta con una disponibilidad de 133,6 kVA.

f) En cuanto a la cargabilidad del transformador 2 vemos que el punto máximo de potencia se registró a las 9:10 a.m. con un valor de 19,6 kVA, que representa un 26,1% del valor nominal, por lo tanto este transformador tiene una disponibilidad de 55,4 kVA. Se observa que el factor de potencia decae del valor penalizable (0,83) entre las 12 p.m. y las 3 p.m. aproximadamente, esto debido al poco consumo de carga activa en ese horario y al consumo reactivo propio del transformador, además de las posibles cargas reactivas que quedan energizadas en esas horas. (Ej.: estabilizadores).

### 5.5.2 Evaluación técnica bóveda del transformador y cuarto eléctrico

| FOTOGRAFÍA  | COMENTARIO  |
|---|---|
|  | <p><b>Distancias de seguridad:</b> El transformador y los tableros de baja tensión comparten el mismo espacio, no hay barreras de protección que impidan el acceso a las partes energizadas tanto para media y baja tensión.</p> <p>Las cajas cortacircuitos están cercanas a la cerca de la cubierta, se hace necesario que se aterrice la estructura metálicas del techo.</p> <p><b>Ventilación:</b> La ventilación esta conformada por rejillas de 60 cm. en mampostería ubicadas en la parte superior de la pared oriental y en la parte inferior de las paredes norte y sur. La disipación de calor es adecuada sumada</p> |



al hecho que la puerta de la subestación es tipo abierta.

**Señales de advertencia:** Solo existe un letrero de advertencia en la entrada de la subestación, sin embargo no hay barreras de protección ni en los tableros ni junto a los transformadores.

No hay extintor.

**Fosos de Aceite y Brocal:** No existen fosos para el aceite, ni brocal en la entrada de la celda. Los transformadores presentan fuga de aceite.

**Bóveda:** La mampostería y techo de la cual esta conformada el cuarto eléctrico es bloque de barro cocido Tipo H10 y teja eternit, dicha celda se encuentra ubicada la exterior del edificio.

No se hace necesario sustituirla por muros cortafuego ya que no está en el interior del edificio ni cerca a las zonas de evacuación. Sin embargo se deberá evaluar el índice de riesgo propio del edificio.

**5.5.3 Evaluación termográfica Transformador 1 y transformador 2 y tablero general.** Según el reporte de termografía podemos hacer las siguientes apreciaciones:

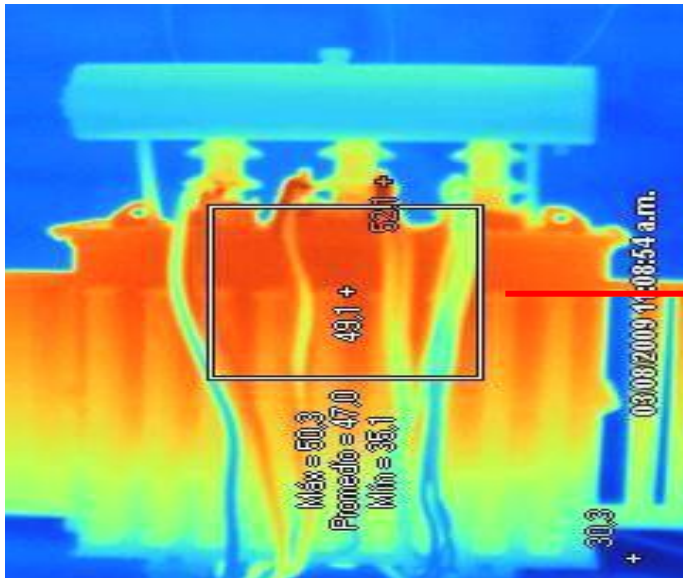
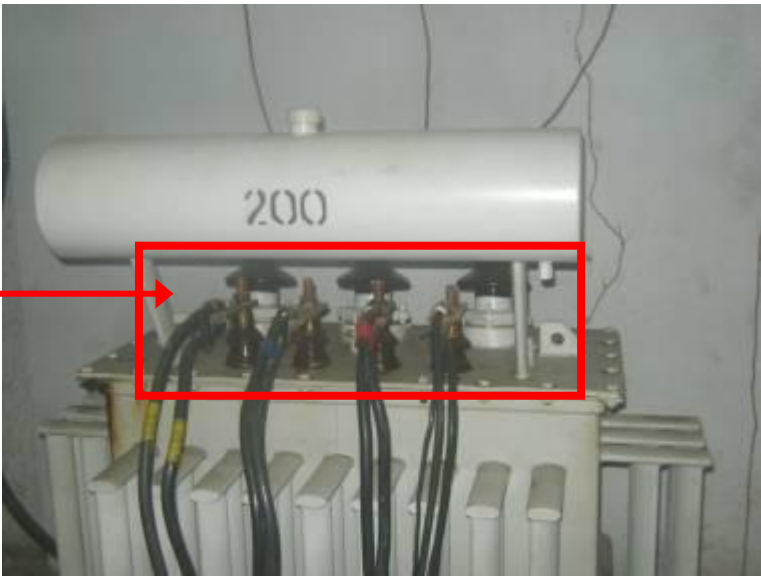
a) El transformador 1 no presenta puntos calientes en sus conexiones ni en su cuba metálica.

b) El transformador 2 presenta puntos calientes en las conexiones de los bornes en baja tensión a causa de un mal ponchado de los bornes terminales se recomienda realizar mantenimiento preventivo urgente.

c) El tablero general en baja tensión presenta algunos puntos calientes en la conexión de la acometida principal (totalizador principal No 1) a causa de un mal ponchado de los bornes terminales se recomienda realizar mantenimiento preventivo urgente.

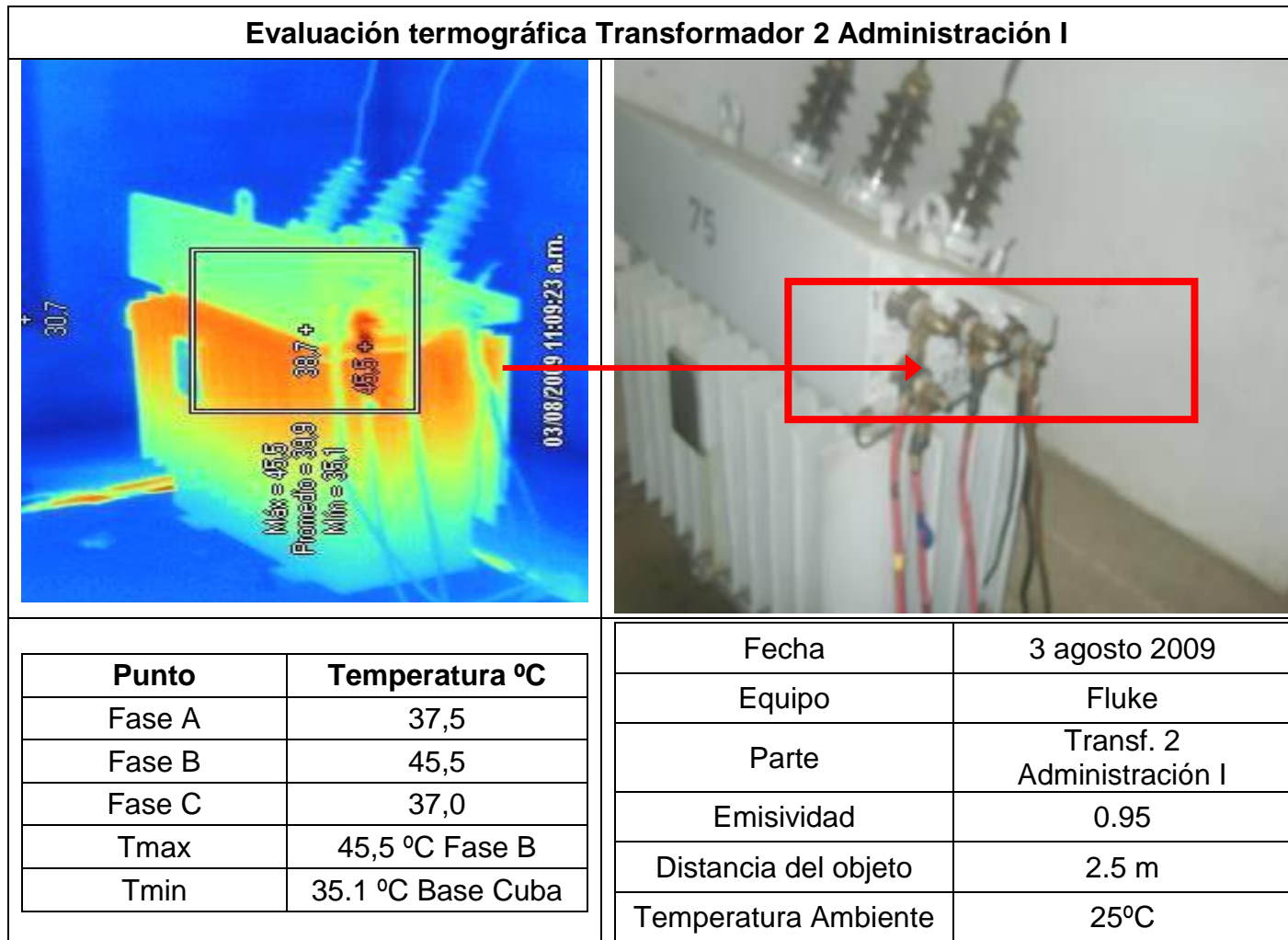
d) Los demás componentes del tablero general no presentan puntos calientes.

Tabla 39. Reportes de termografía transformador 1 Administración I

| Evaluación termográfica Transformador 1 Administración I  |                            |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
|---|----------------------------|--|----------------|--------|------|--------|------|--------|------|------|----------------|------|-------------------|---|--|-------|---------------|--------|-------|-------|----------------------------|------------|------|----------------------|-------|----------------------|------|
|   |                            |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Punto</th> <th>Temperatura °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase A</td> <td>44,6</td> </tr> <tr> <td>Fase B</td> <td>46,8</td> </tr> <tr> <td>Fase C</td> <td>52,1</td> </tr> <tr> <td>Tmax</td> <td>52,1 °C Fase c</td> </tr> <tr> <td>Tmin</td> <td>30.3 °C Base Cuba</td> </tr> </tbody> </table> |                            | Punto  | Temperatura °C | Fase A | 44,6 | Fase B | 46,8 | Fase C | 52,1 | Tmax | 52,1 °C Fase c | Tmin | 30.3 °C Base Cuba | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td>3 agosto 2009</td> </tr> <tr> <td>Equipo</td> <td>Fluke</td> </tr> <tr> <td>Parte</td> <td>Transf. 1 Administración I</td> </tr> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.95</td> </tr> <tr> <td>Distancia del objeto</td> <td>2.5 m</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Ambiente</td> <td>25°C</td> </tr> </tbody> </table> |  | Fecha | 3 agosto 2009 | Equipo | Fluke | Parte | Transf. 1 Administración I | Emisividad | 0.95 | Distancia del objeto | 2.5 m | Temperatura Ambiente | 25°C |
| Punto   | Temperatura °C             |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase A  | 44,6                       |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase B  | 46,8                       |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase C  | 52,1                       |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmax  | 52,1 °C Fase c             |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmin  | 30.3 °C Base Cuba          |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Fecha   | 3 agosto 2009              |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Equipo  | Fluke                      |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Parte   | Transf. 1 Administración I |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Emisividad  | 0.95                       |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Distancia del objeto  | 2.5 m                      |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Temperatura Ambiente  | 25°C                       |  |                |        |      |        |      |        |      |      |                |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |

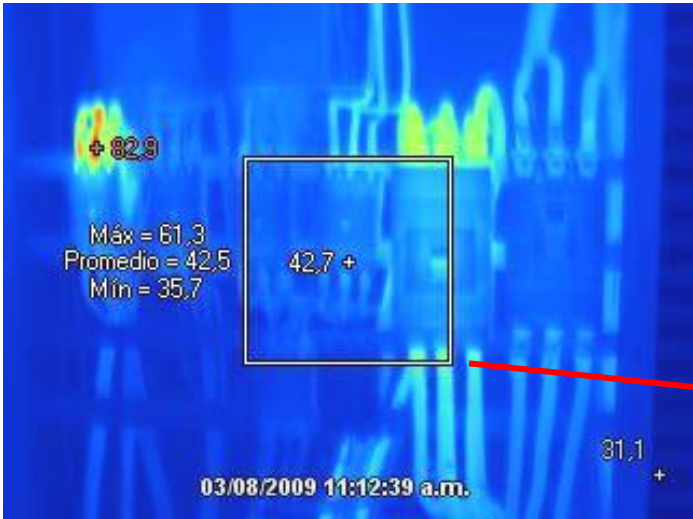

Fuente: Autores

Tabla 40. Reportes de termografía transformador 2 Administración I



Fuente: Autores

Tabla 41. Reportes de termografía tablero general Administración I

| Evaluación termográfica Tablero General Subestación Administración I  |                            |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
|---|----------------------------|---|----------------|-------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|------|---------|------|-------------------|---|--|-------|---------------|--------|-------|-------|----------------------------|------------|------|----------------------|-------|----------------------|------|
|    |                            |  |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Punto</th> <th>Temperatura °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase A totalizador 80 A</td> <td>68.6</td> </tr> <tr> <td>Fase B totalizador 80 A</td> <td>82.9</td> </tr> <tr> <td>Fase C totalizador 80 A</td> <td>60,4</td> </tr> <tr> <td>Tmax</td> <td>82,9 °C</td> </tr> <tr> <td>Tmin</td> <td>35, 7 °C Gabinete</td> </tr> </tbody> </table> |                            | Punto   | Temperatura °C | Fase A totalizador 80 A | 68.6 | Fase B totalizador 80 A | 82.9 | Fase C totalizador 80 A | 60,4 | Tmax | 82,9 °C | Tmin | 35, 7 °C Gabinete | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td>3 agosto 2009</td> </tr> <tr> <td>Equipo</td> <td>Fluke</td> </tr> <tr> <td>Parte</td> <td>Subestac Administración I.</td> </tr> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.95</td> </tr> <tr> <td>Distancia del objeto</td> <td>2.5 m</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Ambiente</td> <td>25°C</td> </tr> </tbody> </table> |  | Fecha | 3 agosto 2009 | Equipo | Fluke | Parte | Subestac Administración I. | Emisividad | 0.95 | Distancia del objeto | 2.5 m | Temperatura Ambiente | 25°C |
| Punto   | Temperatura °C             |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase A totalizador 80 A   | 68.6                       |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase B totalizador 80 A   | 82.9                       |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Fase C totalizador 80 A   | 60,4                       |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmax  | 82,9 °C                    |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Tmin  | 35, 7 °C Gabinete          |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Fecha   | 3 agosto 2009              |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Equipo  | Fluke                      |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Parte   | Subestac Administración I. |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Emisividad  | 0.95                       |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Distancia del objeto  | 2.5 m                      |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |
| Temperatura Ambiente  | 25°C                       |   |                |                         |      |                         |      |                         |      |      |         |      |                   |   |  |       |               |        |       |       |                            |            |      |                      |       |                      |      |

Fuente: Autores

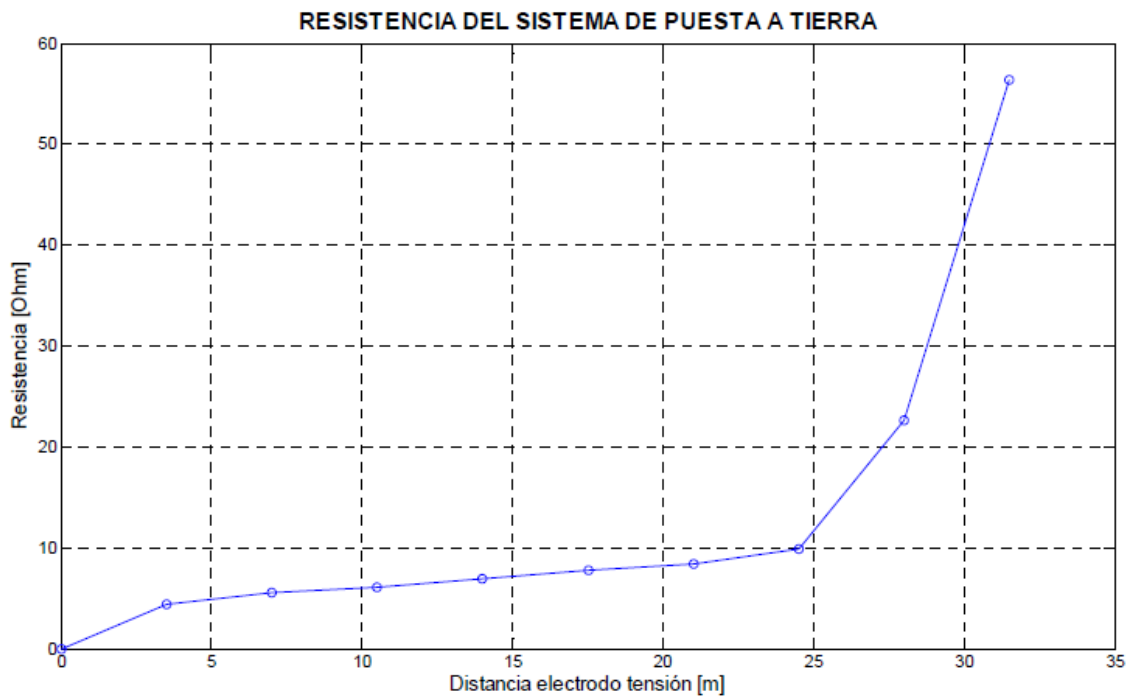
### 5.5.4 Evaluación del sistema de puesta a tierra

Tabla 42. Resistencia del sistema de puesta tierra, Administración I

| Distancia [m]            | 3 | 6   | 9    | 12   | 15  | 18  | 21    | 24   | 27   |
|--------------------------|---|-----|------|------|-----|-----|-------|------|------|
| Resistencia [ $\Omega$ ] | 4 | 5,7 | 6,04 | 6,91 | 7,8 | 8,5 | 10,11 | 22,6 | 56,6 |

Fuente: Autores

Figura 29. Resistencia del sistema de puesta a tierra, subestación Administración I



Fuente: Autores

### 5.5.5 Evaluación de nivel de aislamiento

$$\text{Resistencia mínima de aislamiento Trafo 1} = \frac{1,5 * 13200}{\sqrt{200}} = 1400 \text{ } \Omega$$

Tabla 43. Medida de Resistencia del Transformador

| Puntos de medida | Resistencia de aislamiento |
|------------------|----------------------------|
|                  | [MΩ]                       |
| Alta / Baja      | 5500                       |
| Alta / Tierra    | 3500                       |
| Baja / Tierra    | 6500                       |

Fuente: Autores

Las lecturas finales de resistencia de aislamiento están por encima del valor mínimo recomendado por la NETA. Por lo tanto, se deduce que el aislamiento del transformador se encuentra en buenas condiciones.

$$\text{Resistencia mínima de aislamiento Trafo 2} = \frac{1,5 * 13200}{\sqrt{75}} = 2286 \text{ [M}\Omega\text{]}$$

Tabla 44. Medida de Resistencia del Transformador

| Puntos de medida | Resistencia de aislamiento |
|------------------|----------------------------|
|                  | [MΩ]                       |
| Alta / Baja      | 13000                      |
| Alta / Tierra    | 13000                      |
| Baja / Tierra    | 7000                       |

Fuente: Autores

Las lecturas finales de resistencia de aislamiento están por encima del valor mínimo recomendado por la NETA. Por lo tanto se deduce que el aislamiento del transformador se encuentra en buenas condiciones.

## **6. REDISEÑO SUBESTACIONES ELÉCTRICAS FASE I**

Con base en la información del levantamiento eléctrico y de la evaluación de las variables de idoneidad de las subestaciones en estudio, se hacen las siguientes recomendaciones con el ánimo de superar dichas no conformidades.

### **6.1 SUBESTACIÓN EDIFICIO LABORATORIO DE PESADOS**

a) Construir celda para el transformador, con apertura hacia el exterior del edificio. Ver figura en el plano 1, Anexo E1.

b) Cambio del tablero eléctrico, ya el actual no cumple con las distancias de seguridad, resguardo de las partes energizadas, marcación de circuitos y ya no es posible la instalación de más dispositivos de protección para los circuitos que hagan parte de la futura expansión de carga. (Ver figura en plano 2, Anexo E1).

c) Construir una barrera removible que no permita el acceso a personal no calificado para esta área según plano 1 del Anexo E1.

d) El transformador actual presenta un índice de cargabilidad de 37% lo cual indica que aun hay 198,5 KVA disponibles para la proyección de la nueva carga, por tal motivo se ve conveniente seguir usando el mismo equipo.

e) Cambiar el esquema de protecciones, la subestación de civil actúa como un nodo importante del ramal en el cual se encuentra, ya que desde esta subestación se interconectan las subestaciones de Alta Tensión, Ing. Química y Planta de Aceros.

f) Se hace necesario que exista un dispositivo de corte y protección que actúe de forma coordinada con las demás protecciones de dicho ramal, esto con el fin de aumentar el nivel de confiabilidad del sistema.

g) Se recomienda el uso de un barraje y celdas de protección para los circuitos derivados de dicha subestación.

h) El sistema de puesta a tierra actual está conformado por dos varillas de 2.4 m x 5/8", como resultado de este esquema tenemos que la resistencia de puesta a tierra es de 1,65  $\Omega$ . Con el ánimo de mejorar las tensiones de paso y toque y a su vez equipotencializar la zona donde se ubica el cuarto eléctrico se recomienda reforzar el sistema actual con una cuadrícula de 4 x 4 m en cobre 2/0 AWG. (Ver plano 2 en el Anexo E1).

## **6.2 SUBESTACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS**

a) Construir celda para el transformador, con apertura hacia el exterior del edificio. (Ver figura en el plano 1, Anexo E3).

b) Cambio del tablero eléctrico, ya el actual no cumple con las distancias de seguridad, resguardo de las partes energizadas, marcación de circuitos y ya no es posible la instalación de más dispositivos de protección para los circuitos que hagan parte de la futura expansión de carga. (Ver figura en plano 2, Anexo E3).

c) Construir una barrera removible que no permita el acceso a personal no calificado para esta área según plano 1 del Anexo E3.

d) El transformador actual presenta un índice de cargabilidad de 3,967 % lo cual indica que aun hay 192,06 KVA disponibles de 200 kVA para la proyección de la nueva carga, lo cual indica que este transformador está arrojando pérdidas al

sistema, se recomienda buscar alternativas para suministrar servicio al horno eléctrico solo cuando se necesite y alimentar la carga de iluminación y equipo de cómputos mediante una acometida en baja tensión desde otro edificio cercano.

e) Cambiar el esquema de protecciones, la subestación de Planta de aceros actúa como un nodo importante del ramal en el cual se encuentra, ya que desde esta subestación se interconecta la subestación de Camilo Torres.

f) El sistema de puesta a tierra actual está conformado por cuatro varillas de 2.4 m x 5/8" interconectado por un conductor 1/0, como resultado de este esquema tenemos que la resistencia de puesta a tierra es de  $21\Omega$ . De acuerdo a la tabla 25 establece que el valor máximo para la resistencia de puesta a tierra para subestaciones en media tensión es de  $10\Omega$  Con el ánimo de mejorar las tensiones de paso y toque y a su vez equipotencializar la zona donde se ubica el cuarto eléctrico se recomienda rediseñar este sistema de puesta a tierra mediante una cuadrícula de 4 x 4 m en cobre 2/0 AWG. Ver plano 2, en el Anexo E3.

### **6.3 SUBESTACIÓN EDIFICIO INGENIERÍA QUÍMICA**

a) Construir celda para el transformador, con apertura hacia el exterior del edificio. (Ver figura en el plano 1 del Anexo E2).

b) Cambio del tablero eléctrico, ya el actual no cumple con las distancias de seguridad, resguardo de las partes energizadas, marcación de Ver figura en plano 2, Anexo E2.

c) Construir una barrera removible que no permita el acceso a personal no calificado para esta área según plano 1 del anexo E2.

d) El transformador actual presenta un índice de cargabilidad de 33% lo cual indica que aun hay 150,5 KVA disponibles para la proyección de la nueva carga, por tal motivo se ve conveniente seguir usando el mismo equipo.

e) Cambiar el esquema de protecciones de cajas corta circuitos a seccionador tripolar sencillo.

f) El sistema de puesta a tierra actual está conformado por cuatro varillas de 2.4 m x 5/8", como resultado de este esquema tenemos que la resistencia de puesta a tierra es de 2,46Ω. Con el ánimo de mejorar las tensiones de paso y toque y a su vez equipotencializar la zona donde se ubica el cuarto eléctrico se recomienda reforzar el sistema actual con una cuadrícula de 4 x 4 m en cobre 2/0 AWG. Ver plano 2 en el Anexo E2.

#### **6.4 SUBESTACIÓN EDIFICIO INGENIERÍA MECÁNICA**

a) Construir celda para el transformador, con apertura hacia el exterior del edificio. (Ver figura en el plano 1 del Anexo E4).

b) Cambio del tablero eléctrico, ya el actual no cumple con las distancias de seguridad, resguardo de las partes energizadas, marcación de circuitos y ya no es posible la instalación de más dispositivos de protección para los circuitos que hagan parte de la futura expansión de carga. (Ver figura en plano 2, Anexo E4).

c) Construir una barrera removible que no permita el acceso a personal no calificado para esta área según plano 1 del Anexo E4.

d) Instalar puerta cortafuego, Dampers, pasamuros y brocal para recoger el aceite del transformador ya que la subestación queda dentro del edificio y hay concentración de personas a los lados del mismo.

e) El transformador actual presenta un índice de cargabilidad de 44,1% lo cual indica que aún hay 89,4 KVA disponibles para la proyección de la nueva carga, por tal motivo se ve conveniente seguir usando el mismo equipo.

f) Cambiar el esquema de protecciones de cajas corta circuitos a seccionador tripolar DÚPLEX.

g) El sistema de puesta a tierra actual esta conformado por seis varillas de 2.4 m x 5/8", como resultado de este esquema tenemos que la resistencia de puesta a tierra es de 1,64  $\Omega$ . Con el ánimo de mejorar las tensiones de paso y toque y a su vez equipotencializar la zona donde se ubica el cuarto eléctrico se recomienda reforzar el sistema actual con una cuadrícula de 4 x 4 m en cobre 2/0 AWG. (Ver plano 2 en el Anexo E4).

## **6.5 SUBESTACIÓN EDIFICIO INGENIERÍA ADMINISTRACIÓN I**

a) Construir celda para el transformador, con apertura hacia el exterior del edificio. (Ver figura en el plano 1 del Anexo E5).

b) El transformador 1 actual presenta un índice de cargabilidad de 33,21% lo cual indica que aun hay 133,6 KVA disponibles y el transformador 2 actual presenta un índice de cargabilidad de 26,1 % lo cual indica que aun hay 55,4 KVA disponibles para la proyección de la nueva carga, por tal motivo se ve conveniente usar un solo transformador de 200 Kva, ya que con esta capacidad podemos suplir la necesidad del edificio y así no introducimos perdidas al sistema eléctrico (Ver figura en el plano 2 del Anexo E5).

c) Cambio del tablero eléctrico, ya el actual no cumple con las distancias de seguridad, resguardo de las partes energizadas, marcación de circuitos y ya no es

posible la instalación de más dispositivos de protección para los circuitos que hagan parte de la futura expansión de carga. (Ver figura en plano 2, Anexo E5).

d) Construir una barrera removible que no permita el acceso a personal no calificado para esta área según plano 1 del Anexo E5.

e) Instalar brocal para recoger el aceite del transformador.

f) Cambiar el esquema de protecciones de cajas corta circuitos a seccionador tripolar DÚPLEX.

g) El sistema de puesta a tierra actual esta conformado por cuatro varillas de 2.4 m x 5/8" interconectado por un conductor 1/0, como resultado de este esquema tenemos que la resistencia de puesta a tierra es de 15,11 $\Omega$ . De acuerdo a la tabla 25 establece que el valor máximo para la resistencia de puesta a tierra para subestaciones en media tensión es de 10  $\Omega$  Con el ánimo de mejorar las tensiones de paso y toque y a su vez equipotencializar la zona donde se ubica el cuarto eléctrico se recomienda rediseñar este sistema de puesta a tierra mediante una cuadrícula de 4 x 4 m en cobre 2/0 AWG. (Ver plano 2 en el Anexo E5).

## 7. CONCLUSIONES

- Con la realización de este proyecto el campus central de la Universidad Industrial de Santander, cuenta con un estudio diagnóstico detallado de subestaciones eléctricas de los edificios de Ingeniería Civil, Planta de aceros, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica y Administración I, que permiten en un momento dado, decidir sobre cambios a realizar o construcción de futuras subestaciones, para tener un sistema totalmente confiable y seguro.
- Luego de realizar pruebas de aislamiento eléctrico a los transformadores de las subestaciones de los edificios de Ingeniería Civil, Planta de aceros, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica y Administración se encontró que el transformador de ingeniería mecánica en lo que respecta a su estado de aislamiento no está en buenas condiciones por tal razón se recomienda se le haga mantenimiento preventivo de carácter urgente.
- Con la implementación de la lista de chequeo bajo RETIE versión Agosto de 2008 desarrollada en este proyecto la unidad de planta física tiene una herramienta eficaz para el control y verificación de la construcción de obras eléctricas correspondiente a subestaciones y tableros principales en baja tensión.
- El mantenimiento de las subestaciones y los tableros generales en baja tensión, es un tema de importancia; las instalaciones defectuosas y la falta de revisión de las mismas, pueden dar lugar a graves consecuencias. La electricidad es un peligro oculto, pues pocas veces es visible la anomalía y la insuficiencia, por eso es necesario hacer un mantenimiento preventivo periódico.
- Los resultados obtenidos servirán de soporte técnico para conocer el estado actual de las instalaciones eléctricas de los edificios evaluados, con miras a

corregir las fallas y hacer futuras reformas para dar cumplimiento al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE, versión Agosto de 2008).

- Esfuerzos como éste, hacen contribuciones importantes al desarrollo tecnológico e industrial en la UIS, brindando además, seguridad a las personas y los equipos pertenecientes a nuestra institución.
- El presente proyecto presenta propuesta en búsqueda de soluciones integrales a los inconvenientes actualmente evidenciados; no obstante la aplicación de estas deben ir acompañadas del monitoreo y mantenimiento periódico del sistema ofreciendo las garantías necesarias para su funcionabilidad en el corto y mediano plazo.
- Los autores del presente proyecto están seguros que de ser tenidas en cuenta sus recomendaciones se solucionarán los problemas existentes, de esta manera los usuarios de la sede contarían con un nivel óptimo de seguridad y confiabilidad.
- Las recomendaciones técnicas establecidas en el rediseño de las subestaciones eléctricas y tableros principales de los edificios de Ingeniería Civil, Planta de aceros, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica y Administración, buscan satisfacer las condiciones mínimas de seguridad para las personas y operación de los equipos. No se pudo establecer soluciones en diferentes plazos puesto que las condiciones no lo permiten debido a que las obras civiles implican demolición y construcción de todo nuevo.

## BIBLIOGRAFÍA

AVO International. "Mas vale prevenir..." La Guía Completa Para Pruebas de Aislamiento Eléctrico. 3ª Edición. 2000.

CALA Carlos, CONSUEGRA Jaime, ORTEGA Elkin. Estudio de las instalaciones y redes eléctricas de los edificios de Ingeniería Química, Jorge Bautista Vesga de la UIS. Universidad Industrial de Santander. 2006.

CODENSA E.S.P. Normas de diseño y construcción de redes eléctricas.

ESSA, 2005. "Normas Para el Cálculo y Diseño de sistemas de Distribución". Revisión No. 3.

MEGGER. Guía Para Pruebas de Diagnóstico de Aislamiento. 2ª Edición. 2002.

NETA. Acceptance Testing Specifications for Electric Power Distribution Equipment and Systems. 1999.

NETA. Asociación Internacional de Pruebas Eléctricas. Inspecciones con termografía, Cap. 9; 1999. p.189.

NFPA 70E. (National Fire Protection Association). Norma de seguridad eléctrica en el lugar de trabajo.

NFPA National Fire Protection Association "Manual de Inspección de Instalaciones eléctricas de la NFPA".

Norma Técnica Colombiana – NTC 2050 – Código Eléctrico, primera actualización.

POWER VISTA. Manual de Analizador de Redes Eléctricas y Armónicos.

RAMÍREZ APONTE, Sergio Andrey. Levantamiento de las redes eléctricas externas de media tensión del campus central de la Universidad Industrial de Santander. Universidad Industrial de Santander. 2007.

Reglamento Técnico de instalaciones eléctricas – RETIE. Resolución número 18 1294 de 6 de Agosto del 2008.

#### PAGINAS WEB CONSULTADAS

REAL DECRETO 614/2001, de 8 de junio, sobre riesgo eléctrico. Disponible en: <http://electricidad-viatger.blogspot.com/search?q=reglas+de+oro+para+trabajar> (Consulta: Agosto de 2009).

<http://www.boletintecnologico.com> Vitoria, Teo. Mantenimiento predictivo de instalaciones eléctricas basado en termografía infrarroja. Julio 2009.

<http://www.itc.com>, Gregory, R. Stockton Infrared Thermography Services. Julio 2009.

[www.cidet.com](http://www.cidet.com).

# **ANEXOS**

## Anexo A. Registros de Inspección

### A1. SUBESTACIÓN EDF. LABORATORIO DE PESADOS – Ing Civil.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
 LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACIÓN: Edificio Civil TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACIÓN  
 TENSION: 13200/220 V CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Grupo De Lista |                     | Distribución  |    |        |    |               |   |   | Observac. | Foto |                 |
|----------------|---------------------|---|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|-----------------|
| Item           | Requisitos          | Redes Subterráneas  |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   |           |      |                 |
|                |                     | Aplica  | SI | NO     | SI | NO            | G | M | L         |      |                 |
| 1              | RETIE Art34.2.....  | Las canalizaciones de protección de cables de media y baja tensión cumplen las condiciones y grado de protección adecuados para su uso  | X  |        | X  |               |   |   |           |      |                 |
| 2              | RETIE Art34.2.....  | La separación entre el borde externo de los conductores y otros servicios como gas, agua, calefacción, vapor, aire comprimido, etc.), es mínimo de 0,2 m o se tomaron las medidas adecuadas cuando no se puede cumplir esta condición |    | X      |    |               |   |   |           |      |                 |
| 3              | RETIE Art34.2.....  | Se ha tomado las medidas necesarias para que los conductores dentro de los ductos a lo largo de su recorrido mantengan la separación entre circuitos  | X  |        | X  |               | X |   |           |      |                 |
| 4              | RETIE Art34.2.....  | Los empalmes y derivaciones de los conductores debe ser accesibles  | X  |        | X  |               |   |   |           |      | No hay empalmes |
| 5              | RETIE Art34.2.....  | No existen canalizaciones sobre el nivel del suelo terminado  | X  |        | X  |               |   |   |           |      |                 |
| 6              | RETIE Art34.2.....  | Para cables de enterramiento directo, el fondo de la zanja no es menor a 0,7 m y se han tomado las medidas adecuadas para su protección mecánica y señalización   |    | X      |    |               |   |   |           |      |                 |
| 7              | RETIE Art34.2.....  | Los ductos tienen una pendiente mínima de 1% hacia las cámaras de inspección, en una zanja de profundidad suficiente que permita un recubrimiento no menor a 0,7 m de relleno sobre el ducto  | X  |        | X  |               |   |   |           |      |                 |
| 8              | RETIE Art34.2.....  | Las uniones entre conductores aseguran la máxima hermeticidad posible y no alteran su sección transversal   | X  |        | X  |               |   |   |           |      |                 |
| 9              | Res SIC 224 de 2000 | El color de los ductos subterráneos es de color verde   | X  |        | X  |               |   |   |           |      |                 |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edf. Ing Civil TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220V CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Item        | Requisitos           | Redes Subterranas   | Aplica        |           | Cumple        |           | Inconformidad        |          |          | Observac.             | Foto        |
|-------------|----------------------|---|---------------|-----------|---------------|-----------|----------------------|----------|----------|-----------------------|-------------|
|             |                      |   | SI            | NO        | SI            | NO        | G                    | M        | L        |                       |             |
| 10          | RETIE Art34.2.....   | Los ductos metálicos son galvanizados en caliente y están puestos a tierra  | X             |           |               |           |                      |          |          |                       |             |
| 11          | RETIE Art34.2.....   | En ductos metálicos se encuentran agrupados todos los conductores de un circuito incluido el de puesta a tierra de equipos  | X             |           |               |           |                      |          |          |                       |             |
| 12          | RETIE Art34.2.....   | Los cables subterráneos instalados debajo de construcciones deberán estar alojados en un ducto que salga como mínimo 0,3 m del perímetro de la construcción   | X             |           | X             |           |                      |          |          |                       |             |
| 13          | RETIE Art34.2.....   | En todas las transiciones entre tipos de cables, las conexiones a las cargas, o las derivaciones, deben realizarse en cámaras o cajas de paso, derivación, conexión o salida y son las adecuadas para las funciones específicas | X             |           | X             |           |                      |          |          |                       |             |
| 14          | RETIE Art34.2.....   | Las cámaras de inspecciones están instaladas en tramos rectos a no más de 40 m entre sí   | X             |           | X             |           |                      |          |          |                       |             |
| 15          | RETIE Art17.         | Toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta extra alta tensión, debe disponer de un DPS   | X             |           | X             |           | X                    |          |          | NO hay pararrayos     |             |
| <b>Item</b> | <b>Requisitos</b>    | <b>Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior</b>   | <b>Aplica</b> |           | <b>Cumple</b> |           | <b>Inconformidad</b> |          |          | <b>Observac.</b>      | <b>Foto</b> |
|             |                      |   | <b>SI</b>     | <b>NO</b> | <b>SI</b>     | <b>NO</b> | <b>G</b>             | <b>M</b> | <b>L</b> |                       |             |
| 1           | RETIE Art29.2        | Se apropio del espacio adecuado para la construcción de la subestación y no esta destinado a otros usos   | X             |           | X             |           | X                    |          |          | existen derechos      |             |
| 2           | NTC 2050 ART 450-22. | Los transformadores tipo seco instalados en exteriores cuentan con encerramientos a prueba de intemperie.   | X             |           |               |           |                      |          |          |                       |             |
| 3           | RETIE Art15          | El sistema de puesta a tierra es continuo y adecuado para la corriente de falla a tierra prevista   | X             |           | X             |           | X                    |          |          | solo hay dos varillas |             |
| 4           | RETIE Art30.1        | En el transformador esta conectado solidamente a tierra el tanque, el gabinete, el neutro y el núcleo   | X             |           | X             |           |                      |          |          | NO a los equipotes.   |             |

realizado con el resto del sistema



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
 LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Ing. Civil TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220 V CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Item | Requisitos           | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.   | Foto |
|------|----------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|---|------|
|      |                      |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |   |      |
| 5    | RETIE Art30.4        | En las subestaciones tipo pedestal, si la temperatura exterior supere los 45°C, hay una barrera de protección para evitar quemaduras   | X      |    |        | X  | X             |   |   |   |      |
| 6    | NTC 2050 Art 450 25. | Los transformadores utilizados no están aislados con Askarel ni con cualquiera de sus derivados  | X      |    | X      |    |               |   |   |   |      |
| 7    | RETIE Art30.2.       | El local de la subestación dentro de una edificación esta ubicado en un lugar de fácil acceso desde exterior para personal calificado y a vehículos de transporte de equipos                                   | X      |    | X      |    |               |   | X | NO WITH barrier of protection?                              |      |
| 8    | RETIE Art30.2        | Los locales ubicados en sótanos y semisótanos, con el techo debajo de antejardines y paredes que limiten con muros de contención, deben estar impermeabilizados  |        | X  |        |    |               |   |   |   |      |
| 9    | RETIE Art29.2...     | En las zonas adyacentes a la subestación no se deben almacenar combustibles  | X      |    | X      |    |               |   |   |   |      |
| 10   | RETIE Art29.2..      | No existen canalizaciones de agua, gas natural, gases industriales o combustibles excepto los destinados a la protección contra incendios de la subestación  | X      |    | X      |    |               |   |   | NO WITH Protección contra incendios                         |      |
| 11   | RETIE Art17.....     | Existe la placa a la entrada de la subestación con el simbolo de "Peligro Alta Tensión"  | X      |    | X      |    |               |   |   |   |      |
| 12   | RETIE Art17.....     | Los transformadores refrigerados en aceite no están instalados en niveles o pisos superiores que esten por encima de sitios de habitación, oficinas y en general lugares destinados a la ocupación de personas | X      |    | X      |    |               |   |   | NO WITH boards in floor of ACUTE                            |      |
| 13   | RETIE Art17....      | El transformador esta provisto de su respectiva placa de identificación  | X      |    | X      |    |               |   |   |   |      |
| 14   | RETIE Art17...       | Si una persona distinta al fabricante repara o modifica el transformador, se encuentra instalada una placa adicional   | X      |    | X      |    |               | X |   | NO WITH placa de identificación. (mantenimiento correctivo) |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. FNG Crvii TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220 v CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Item | Requisitos          | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto                             |  |
|------|---------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|----------------------------------|--|
|      |                     |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |                                  |  |
| 15   | RETIE Art29.2.      | Las subestaciones de distribución secundaria deben asegurar que una persona no pueda acceder a las partes vivas del sistema evitando que sobrepasen las distancia de seguridad propias de los niveles de tensión. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay barreras de Protección    |  |
| 16   | RETIE Art17..       | La persona no puede acceder el contacto de la zona energizada ni tocándola de manera directa ni introduciendo objetos que lo puedan colocar en contacto con la línea  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No existe barrera de Protección. | existe acceso a las partes vivas o puede ser un voltaje. |
| 17   | RETIE Art17.        | Las celdas deben tener medios para controlar los efectos de un arco mediante evacuación de gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o dos metros por encima del frente                                 | X      |    |        | X  |               | X |   |           | No existen cellos                |  |
| 18   | RETIE Art17..       | Las celdas tienen puertas o tapas con un seguro para permanecer cerradas  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No existen celdas.               |  |
| 19   | RETIE Art17. .      | Las piezas susceptibles de desprenderse en las celdas deben estar firmemente aseguradas   | X      |    |        | X  |               | X |   |           | No existen celdas.               |  |
| 20   | RETIE Art17.:       | Las celdas deben estar eficazmente puestos a tierra   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No existen celdas                |  |
| 21   | RETIE Art30.2.:     | Las cubiertas y puertas no deben permitir el acceso de personal no calificado   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay barreras de Protección    |  |
| 22   | RETIE Art30.2.      | Existe una indicación ligada directamente a la posición de contactos de los elementos de interrupción y seccionamiento  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |                                  |  |
| 23   | Tabla 430-3 (a)     | Los transformadores mayores de 600V cuentan con dispositivos de protección de sobrecorriente en el primario y secundario y están adecuadamente dimensionadas  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | Caja con circuitos monofásica    |  |
| 24   | NTC 2050 Art 450 26 | Los transformadores refrigerados en aceite para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |                                  |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Ing. civil TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220V CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Item | Requisitos              | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto                        |  |
|------|-------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|-----------------------------|--|
|      |                         |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |                             |  |
| 25   | NTC 2050 Art 450-21..   | Los transformadores de tipo seco de mas de 112,5 kVA para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)                       |        | X  |        |    |               |   |   |           | NO EXISTE                   |  |
| 26   | NTC 2050 Art 450-41     | Las Bóvedas para transformadores cuentan con la ventilación del aire exterior  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | NO EXISTE BÓVEDA            |  |
| 27   | RETIE Art29.2..         | Los materiales utilizados para la construcción de la bóveda aseguran una resistencia al fuego mínimo de tres horas   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | NO EXISTE BÓVEDA.           |  |
| 28   | NTC 2050 Art 450-43 (a) | Los vanos de puertas que lleven desde el interior de la edificación hasta a la bóveda están protegidos con una puerta cortafuego con resistencia al fuego de tres horas                            | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | NO EXISTE BÓVEDA            |  |
| 29   | NTC 2050 Art 450-43 (b) | Los vanos de puertas cuentan con brocales adecuados para recoger dentro de la bóveda el aceite de transformador mas grande que pudiere haber   | X      |    | X      |    |               | X |   |           | NO HAY BÓVEDA ni brocales   |  |
| 30   | NTC 2050 Art 450-27     | Se han tomado las medidas adecuadas en la bóveda del transformador para confinar el posible derrame de aceite dieléctrico en la bóveda cuando las regulaciones ambientales no permitan su drenaje. | X      |    | X      |    |               | X |   |           |                             |  |
| 31   | NTC 2050 Art 450-43 (c) | Las puertas tienen cerraduras y tienen apertura hacia fuera y están dotadas de barras antipánico   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | PUERTAS DE MADERA           |  |
| 32   | NTC 2050 Art 450-45     | La bóveda cuenta con las aberturas de ventilación suficientes y están apropiadamente ubicadas  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | SIN DAMPER                  |  |
| 33   | NTC 2050 Art 300-21...  | Todas las aberturas alrededor de cables que atraviesan los muros de la bóveda del transformador están protegidos contra el fuego mediante métodos adecuados  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | NO EXISTE SELLOS CORTAFUEGO |  |
| 34   | RETIE Art29.2.          | El encerramiento de cada unidad funcional deberá ser conectado al conductor de tierra de protección.   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |                             |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Ing. CIU-1 TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220 V. CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Grupo De Lista |  | Puesta a Tierra y equipotencialización  |        |    |        |    |               |   | Observac. | Foto               |   |  |
|----------------|--|---|--------|----|--------|----|---------------|---|-----------|--------------------|---|--|
| Item           | Requisitos                               | Acometida   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |           |                    |   |  |
|                |  |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M |           |                    | L |  |
| 1              | RETIE Art 15, Num 3.3.1, Tab. 22         | Los electrodos de puesta a tierra cumplen lo dispuesto en el articulo 15 del RETIE numeral 3.1 "electrodos de puesta a tierra"                        | X      |    | X      |    |               |   |           |                    |   |  |
| 2              | NTC 2050 Art 250-94.                     | El conductor del electrodo de puesta a tierra tiene el calibre adecuado   | X      |    |        | X  | X             |   |           | # 2 AWG            |   |  |
| 3              | NTC 2050 Art 250-92 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra esta protegido y asegurado  | X      |    |        | X  | X             |   |           |                    |   |  |
| 4              | NTC 2050 Art 250-92 (b)                  | La canalización metálica del conductor del electrodo de puesta a tierra esta equipotencializado en sus dos extremos                                   | X      |    |        | X  | X             |   |           |                    |   |  |
| 5              | NTC 2050 Art 250-91 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra no tiene empalmes o si los tiene están ejecutados con métodos probados o certificados                   | X      |    | X      |    |               |   |           |                    |   |  |
| 6              | NTC 2050 Art 250-83 (c)                  | Los electrodos de puesta a tierra tienen las dimensiones adecuadas y se encuentra instalados de manera apropiada                                      | X      |    | X      |    |               |   |           |                    |   |  |
| 7              | NTC 2050 Art 250-112, RETIE Art 15 Núm 2 | La conexión al electrodo de puesta a tierra es accesible e inspeccionable (tiene caja de inspección es de 30x30 cm en instalaciones domiciliarias)    | X      |    |        | X  |               | X |           | NO DAIR<br>RECIJO. |   |  |
| 8              | 250-115, RETIE Art 15 Núm 2              | La conexión al electrodo de puesta a tierra utiliza métodos aprobados o los conectores usados corresponden con los certificados de producto recibidos | X      |    | X      |    |               |   |           |                    |   |  |
| 9              | NTC 2050 Art 250-80 (a)                  | Las tuberías metálicas de agua expuestas dentro de la edificación están equipotencializadas.  |        | X  |        |    |               |   |           |                    |   |  |

2/0



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Ing. CIUT TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220 v CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Grupo De Lista |                              | Puesta a Tierra y equipotencializacion   |        |    |        |    |               |   |   |           |                                 |  |
|----------------|------------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|---------------------------------|--|
| Item           | Requisitos                   | Acometida  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto                            |  |
|                |                              |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |                                 |  |
| 10             | NTC 2050 Art 250-79.         | El calibre, tipo e instalación del puente equipotencial principal es el adecuado.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | # 2 AWG                         |  |
| 11             | NTC 2050 Art 250-72 y 250-75 | Las canalizaciones y encerramientos metálicos de la acometida están correctamente equipotencializados.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No estan equipoten<br>correctos |  |
| 12             | 250-72 y 250-94              | El calibre de los puentes equipotenciales en el equipo de acometida son los adecuados.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | " "                             |  |
| 13             | NTC 2050 Art 250-23 (b)      | El calibre del conductor puesto a tierra de la acometida es el adecuado.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |                                 |  |
| 14             | NTC 2050 Art 250-26.         | Los sistemas derivados independientes están apropiadamente puestos a tierra, tienen puente de conexión equipotencial y conexión a un electrodo de puesta a tierra.                 | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |                                 |  |
| 15             | NTC 2050 Art 250-80          | Las tuberías metálicas de agua expuestas, en el área de los sistemas derivados independientes están equipotencializados.   |        | X  |        |    |               |   |   |           |                                 |  |
| 16             | RETIE Art40 IEE LGAIUF       | Existe un único puente equipotencial principal en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte y esta los mas cerca posible a la acometido o al transformador. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |                                 |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Ing. C.O. 1 TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220 V CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Item | Requisitos  | Inspeccion SPT Transformacion y distribucion   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.                          | Foto |
|------|---|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|------------------------------------|------|
|      |   |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                                    |      |
| 1    | RETIE Art 15, NTC 2050 Art 250-80                   | Los elementos metalicos que no forman parte de las instalaciones electricas no son incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra.   | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 2    | RETIE Art15, Num2, Par3, NTC 2050 Art 250-81        | Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puesta a tierra deben ser realizadas mediante soldadura exotermica o conectores certificados para es uso.                              | X      |    | X      |    | X             |   |   | disten<br>conector<br>de<br>Paisen |      |
| 3    | RETIE Art15, NTC 2050 Art250-83 Num e               | Los electrodos de puesta a tierra no son de aluminio.  | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 4    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los componentes que forma parte del sistema de puesta a tierra de la subestacion estan debidamente equipotencializados.  | X      |    | X      |    | X             |   |   |                                    |      |
| 5    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los electrodos se encuentra enterrados en su totalidad.  | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 6    | RETIE Art15, Num3, 3.1, NTC 2050 Art 250-112        | El punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la tierra son accesibles, la parte superior del electrodo enterrado debe quedar mínimo a 15 cm de la superficie. | X      |    | X      |    | X             |   |   |                                    |      |
| 7    | RETIE Art15, Num3, 3.3, Par3, NTC 2050 250-91 num a | Los conductores de puesta a tierra deben ser continuos, sin interruptores o medios de desconexión y cuando se empalman, de emplean las técnicas adecuadas o métodos certificados.        | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 8    | RETIE Art15, Num4, Tab25                            | El valor de la resistencia de puesta a tierra no es mayor al indicado en la tabla 25 del Reglamento.   | X      |    | X      |    |               |   |   | 1165                               |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Ing. CIVIL TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/2200 CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Grupo De Lista |                             | Transformación   |    |                        |    |        |   |               | Observac. | Foto          |  |                                   |           |      |
|----------------|-----------------------------|--|----|------------------------|----|--------|---|---------------|-----------|---------------|--|-----------------------------------|-----------|------|
| Item           | Requisitos                  | Celda en Media Tension   |    | Aplica                 |    | Cumple |   | Inconformidad |           |               |  |                                   |           |      |
|                |                             | SI   | NO | SI                     | NO | G      | M | L             |           |               |  |                                   |           |      |
| 1              | RETIE Art17 9.2             | La celda de media tensión tiene adherida de manera clara, permanente y visible, la siguiente información: Tensión(es), nominal(es), de operación, Corriente nominal de operación, Número de fases, Marca registrada del fabricante, El símbolo de riesgo eléctrico |    | X                      |    | X      |   | X             |           |               |  | NO<br>Exista<br>Celda             |           |      |
| Item           |                             | Requisitos   |    | Distancia de seguridad |    | Aplica |   | Cumple        |           | Inconformidad |  |                                   | Observac. | Foto |
|                |                             | SI   | NO | SI                     | NO | G      | M | L             |           |               |  |                                   |           |      |
| 1              | RETIE Art31, Fig20 y Fig20A | Las zonas dedicadas a circulación de personal son claramente identificables en el patio de la subestación.   |    | X                      |    | X      |   | X             |           |               |  |                                   |           |      |
| 2              | RETIE Art29                 | La distancia que delimita la zona de seguridad para circulación de personal es mayor a 2,5 m en toda su extensión.   |    | X                      |    | X      |   | X             |           |               |  | NO hay<br>barras de<br>protección |           |      |
| 3              | RETIE Art29, Tab44          | La distancia de seguridad en zonas de circulación de personas es la adecuada para la tensión de la instalación y cumple con lo dispuesto en la tabla 44 del RETIE.   |    | X                      |    | X      |   | X             |           |               |  |                                   |           |      |
| 4              | RETIE Art29, Tab44.         | En las zonas de trabajo, la distancia vertical de seguridad medida desde plano de trabajo es la adecuada para la tensión de la Subestación.  |    | X                      |    | X      |   | X             |           |               |  |                                   |           |      |
| 5              | RETIE Art29, Tab44..        | En las zonas de trabajo la distancia de seguridad horizontal es la adecuada para la tensión de la Subestación.   |    | X                      |    | X      |   | X             |           |               |  |                                   |           |      |
| 6              | RETIE Art29, Tab44...       | Las zonas de seguridad en las zonas de trabajo están delimitadas por 1,75 m medidos horizontalmente desde el equipo y 1,25 m medidos verticalmente desde el plano de trabajo.  |    | X                      |    | X      |   | X             |           |               |  |                                   |           |      |
| 7              | RETIE Art29, Tab44....      | En las zonas de circulación de vehículos, la distancia de seguridad es la adecuada para la tensión de la subestación y de acuerdo a la distancia de galbo supuesta.  |    |                        | X  |        |   |               |           |               |  |                                   |           |      |
| 8              | RETIE Art29, Tab45          | Los cercos o paredes que son instalados como barreras para el personal no autorizado, están colocados de tal manera que las partes expuestas energizadas queden por fuera de la zona de seguridad.   |    | X                      |    | X      |   | X             |           |               |  | NO hay<br>barras de<br>protección |           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Ing. Civil TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220 V. CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Item | Requisitos                            | Tablero de Baja Tension   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.                     | Foto |
|------|---------------------------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-------------------------------|------|
|      |                                       |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                               |      |
| 1    | RETIE Art17 Num9,                     | Toda parte conductora de corriente debe ser rigida y construida en plata, una aleación de plata,cobre.No se debe utilizar hierro o acero en una parte que <del>va</del> conducir corriente.   | X      |    | X      |    |               |   |   |                               |      |
| 2    | RETIE Art17 Num9, NTC 2050 Art 384-30 | Los encerramientos de estos tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión.   | X      |    | X      |    |               | X |   | Tablero pintado en mal estado |      |
| 3    | RETIE Art17 Num9..                    | Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm,liquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo.                 | X      |    | X      |    |               |   | X |                               |      |
| 4    | RETIE Art17 Num9...                   | Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado.  | X      |    | X      |    |               | X |   | No existe diagrama unifilar.  |      |
| 5    | RETIE Art17 Num9.1.1                  | los barrajes se deben utilizar tornillos de acero, tuercas y clavijas de conexión.  | X      |    | X      |    |               | X |   |                               |      |
| 6    | RETIE Art17 Num 9.1.1.                | La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la proyectada para losconductores del alimentador del tablero. Todos los barrajes, incluido el del neutro y el de tierra se deben montar sobre aisladores.          | X      |    | X      |    |               |   |   | 1000 A                        |      |
| 7    | RETIE Art17 Num 9.1.1..               | La disposición de las fases de los barrajes en los tableros trifásicos, debe ser A, B, C, tomada desde el frente hasta la parte posterior; de la parte superior a la inferior, o de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero. | X      |    | X      |    |               | X |   | Roj o Amarillo Azul.          |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Ing. Civil TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220V CAPACIDAD INSTALADA KVA: 315

| Item | Requisitos                | Tablero de Baja Tension  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.                                  | Foto |
|------|---------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|--|------|
|      |                           |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |  |      |
| 8    | RETIE Art17 Num 9.1.1...  | 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. | X      |    |        | X  | X             |   |   |  |      |
| 9    | RETIE Art17 Num 9.1.1.... | Todos los elementos internos que soportan equipos eléctricos deben estar en condiciones de resistir los esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de falla del sistema. | X      |    |        | X  | X             |   |   |  |      |
| 10   | RETIE Art17 Num 9.1.2     | Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro o tierra requeridos.  | X      |    |        | X  | X             |   |   | Comparten<br>torneillos<br>en platón       |      |
| 11   | RETIE Art 17 Num 9.1.2.   | Se indica la tensión de trabajo del tablero y la capacidad de corriente de los barrajes de las fases, el neutro y la tierra.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |  |      |
| 12   | RETIE Art17 Num 9.1.2..   | Se provee de un barraje aislado para los conductores neutros del circuito alimentador y los circuitos derivados.   | X      |    |        | X  | X             |   |   | barras<br>fases y<br>neutro<br>compartidas |      |
| 13   | RETIE Art17 Num 9.1.2...  | El tablero tiene un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |  |      |
| 14   | RETIE Art17 Num 9.1.2.... | La instalación del tablero tiene en cuenta el código de colores establecido en la tabla 13 del RETIE e identificar cada uno de los circuitos.  | X      |    |        | X  |               |   | X |  |      |



## A2. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
 LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif Ing. Quimica TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220v CAPACIDAD INSTALADA KVA: 225

| Grupo De Lista |                     | Distribucion  |    |        |    |        |   |   | Observac. | Foto |               |                    |
|----------------|---------------------|---|----|--------|----|--------|---|---|-----------|------|---------------|--------------------|
| Item           | Requisitos          | Redes Subterranas   |    | Aplica |    | Cumple |   |   |           |      | Inconformidad |                    |
|                |                     | SI  | NO | SI     | NO | G      | M | L |           |      |               |                    |
| 1              | RETIE Art34.2.....  | Las canalizaciones de protección de cables de media y baja tensión cumplen las condiciones y grado de protección adecuados para su uso  |    | X      |    | X      |   |   |           |      |               |                    |
| 2              | RETIE Art34.2.....  | La separación entre el borde externo de los conductores y otros servicios como gas, agua, calefacción, vapor, aire comprimido, etc.), es mínimo de 0,2 m o se tomaron las medidas adecuadas cuando no se puede cumplir esta condición |    |        | X  |        |   |   |           |      |               |                    |
| 3              | RETIE Art34.2.....  | Se ha tomado las medidas necesarias para que los conductores dentro de los ductos a lo largo de su recorrido mantengan la separación entre circuitos  |    | X      |    | X      |   | X |           |      |               |                    |
| 4              | RETIE Art34.2.....  | Los empalmes y derivaciones de los conductores debe ser accesibles  |    | X      |    | X      |   | X |           |      |               |                    |
| 5              | RETIE Art34.2...    | No existen canalizaciones sobre el nivel del suelo terminado  |    | X      |    | X      |   |   |           |      |               |                    |
| 6              | RETIE Art34.2..     | Para cables de enterramiento directo, el fondo de la zanja no es menor a 0,7 m y se han tomado las medidas adecuadas para su protección mecánica y señalización   |    |        | X  |        |   |   |           |      |               |                    |
| 7              | RETIE Art34.2.      | Los ductos tienen una pendiente mínima de 1% hacia las cámaras de inspección, en una zanja de profundidad suficiente que permita un recubrimiento no menor a 0,7 m de relleno sobre el ducto  |    | X      |    | X      |   |   |           |      |               |                    |
| 8              | RETIE Art34.2       | Las uniones entre conductores aseguran la máxima hermeticidad posible y no alteran su sección transversal   |    | X      |    | X      |   |   |           |      |               |                    |
| 9              | Res SIC 224 de 2000 | El color de los ductos subterráneos es de color verde   |    | X      |    | X      |   |   |           |      |               | Existen<br>exponer |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos           | Redes Subterranas   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.            | Foto |
|------|----------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|----------------------|------|
|      |                      |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                      |      |
| 10   | RETIE Art34.2.....   | Los ductos metálicos son galvanizados en caliente y están puestos a tierra  |        | X  |        |    |               |   |   |                      |      |
| 11   | RETIE Art34.2.....   | En ductos metálicos se encuentran agrupados todos los conductores de un circuito incluido el de puesta a tierra de equipos  |        | X  |        |    |               |   |   |                      |      |
| 12   | RETIE Art34.2.....   | Los cables subterráneos instalados debajo de construcciones deberán estar alojados en un ducto que salga como mínimo 0,3 m del perímetro de la construcción   | X      |    | X      |    |               |   |   |                      |      |
| 13   | RETIE Art34.2.....   | En todas las transiciones entre tipos de cables, las conexiones a las cargas, o las derivaciones, deben realizarse en cámaras o cajas de paso, derivación, conexión o salida y son las adecuadas para las funciones específicas | X      |    | X      |    |               | X |   |                      |      |
| 14   | RETIE Art34.2.....   | Las cámaras de inspecciones están instaladas en tramos rectos a no más de 40 m entre si   | X      |    | X      |    |               | X |   |                      |      |
| 15   | RETIE Art17,         | Toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta extra alta tensión, debe disponer de un DPS   | X      |    | X      |    | X             |   |   | NO hay DPS           |      |
| Item | Requisitos           | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.            | Foto |
|      |                      |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                      |      |
| 1    | RETIE Art29.2        | Se apropio del espacio adecuado para la construcción de la subestación y no esta destinado a otros usos   | X      |    | X      |    | X             |   |   | espacio insuficiente |      |
| 2    | NTC 2050 ART 450-22. | Los transformadores tipo seco instalados en exteriores cuentan con encerramientos a prueba de intemperie.   |        | X  |        |    |               |   |   |                      |      |
| 3    | RETIE Art15          | El sistema de puesta a tierra es continuo y adecuado para la corriente de falla a tierra prevista   | X      |    | X      |    | X             |   |   | Ipalk + Alto.        |      |
| 4    | RETIE Art30.1        | En el transformador esta conectado solidamente a tierra el tanque, el gabinete, el neutro y el núcleo   | X      |    | X      |    |               |   |   |                      |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos           | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.  | Foto |
|------|----------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|--|------|
|      |                      |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |  |      |
| 5    | RETIE Art30.4        | En las subestaciones tipo pedestal, si la temperatura exterior supere los 45°C, hay una barrera de protección para evitar quemaduras   | X      |    | X      |    | X             |   |   |  |      |
| 6    | NTC 2050 Art 450-25. | Los transformadores utilizados no están aislados con Askarel ni con cualquiera de sus derivados  | X      |    | X      |    |               |   |   |  |      |
| 7    | RETIE Art30.2.       | El local de la subestación dentro de una edificación esta ubicado en un lugar de fácil acceso desde exterior para personal calificado y a vehículos de transporte de equipos                                   | X      |    | X      |    |               |   |   |  |      |
| 8    | RETIE Art30.2        | Los locales ubicados en sótanos y semisótanos, con el techo debajo de antejardines y paredes que limiten con muros de contención, deben estar impermeabilizados  |        |    | X      |    |               |   |   |  |      |
| 9    | RETIE Art29.2...     | En las zonas adyacentes a la subestación no se deben almacenar combustibles  |        |    | X      |    |               |   |   |  |      |
| 10   | RETIE Art29.2...     | No existen canalizaciones de agua, gas natural, gases industriales o combustibles excepto los destinados a la protección contra incendios de la subestación  |        |    | X      |    |               |   |   | No existe sistema de protección contra incendios |      |
| 11   | RETIE Art17.....     | Existe la placa a la entrada de la subestación con el símbolo de "Peligro Alta Tensión"  | X      |    | X      |    |               |   | X |  |      |
| 12   | RETIE Art17.....     | Los transformadores refrigerados en aceite no están instalados en niveles o pisos superiores que estén por encima de sitios de habitación, oficinas y en general lugares destinados a la ocupación de personas | X      |    | X      |    |               |   |   | No existen bridas, ni forjados o grtas.          |      |
| 13   | RETIE Art17....      | El transformador esta provisto de su respectiva placa de identificación  | X      |    | X      |    |               |   |   |  |      |
| 14   | RETIE Art17...       | Si una persona distinta al fabricante repara o modifica el transformador, se encuentra instalada una placa adicional   |        |    | X      |    |               |   |   |  |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos          | Subestaciones De Media Tension Tipo inferior  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto                          |
|------|---------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|-------------------------------|
|      |                     |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |                               |
| 15   | RETIE Art29.2.      | Las subestaciones de distribución secundaria deben asegurar que una persona no pueda acceder a las partes vivas del sistema evitando que sobrepasen las distancia de seguridad propias de los niveles de tensión. | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | No hay barreras de protección |
| 16   | RETIE Art17..       | La persona no puede acceder el contacto de la zona energizada ni tocándola de manera directa ni introduciendo objetos que lo puedan colocar en contacto con la línea  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | No hay barreras de protección |
| 17   | RETIE Art17.        | Las celdas deben tener medios para controlar los efectos de un arco mediante evacuación de gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o dos metros por encima del frente                                 | X      |    | X      |    |               | X |   |           | No hay celdas                 |
| 18   | RETIE Art17..       | Las celdas tienen puertas o tapas con un seguro para permanecer cerradas  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | " "                           |
| 19   | RETIE Art17, ..     | Las piezas susceptibles de desprenderse en las celdas deben estar firmemente aseguradas   | X      |    | X      |    |               | X |   |           | " "                           |
| 20   | RETIE Art17..       | Las celdas deben estar eficazmente puestos a tierra   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | " "                           |
| 21   | RETIE Art30.2.;     | Las cubiertas y puertas no deben permitir el acceso de personal no calificado   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | no hay barreras de protección |
| 22   | RETIE Art30.2.      | Existe una indicación ligada directamente a la posición de contactos de los elementos de interrupción y seccionamiento  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |                               |
| 23   | Tabla 430-3 (a)     | Los transformadores mayores de 600V cuentan con dispositivos de protección de sobrecorriente en el primario y secundario y están adecuadamente dimensionadas  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | monopolar.                    |
| 24   | NTC 2050 Art 450-26 | Los transformadores refrigerados en aceite para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)  |        | X  |        |    |               |   |   |           |                               |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos              | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto                      |
|------|-------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|---------------------------|
|      |                         |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |                           |
| 25   | NTC 2050 Art 450-21..   | Los transformadores de tipo seco de mas de 112,5 kVA para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)                       |        | X  |        |    |               |   |   |           |                           |
| 26   | NTC 2050 Art 450-41     | Las Bóvedas para transformadores cuentan con la ventilación del aire exterior  | X      |    |        | X  |               |   |   |           | No hay bóveda             |
| 27   | RETIE Art29.2..         | Los materiales utilizados para la construcción de la bóveda aseguran una resistencia al fuego mínimo de tres horas   |        | X  |        |    |               |   |   |           | " "                       |
| 28   | NTC 2050 Art 450-43 (a) | Los vanos de puertas que lleven desde el interior de la edificación hasta a la bóveda están protegidos con una puerta cortafuego con resistencia al fuego de tres horas                            |        | X  |        |    |               |   |   |           | " "                       |
| 29   | NTC 2050 Art 450-43 (b) | Los vanos de puertas cuentan con brocales adecuados para recoger dentro de la bóveda el aceite de transformador mas grande que pudiere haber   | X      |    |        | X  |               |   | X |           | No brocales ni fosos      |
| 30   | NTC 2050 Art 450-27     | Se han tomado las medidas adecuadas en la bóveda del transformador para confinar el posible derrame de aceite dieléctrico en la bóveda cuando las regulaciones ambientales no permitan su drenaje. | X      |    |        | X  |               |   | X |           |                           |
| 31   | NTC 2050 Art 450-43 (c) | Las puertas tienen cerraduras y tienen apertura hacia fuera y están dotadas de barras antipánico   | X      |    |        | X  |               | X |   |           |                           |
| 32   | NTC 2050 Art 450-45     | La bóveda cuenta con las aberturas de ventilación suficientes y están apropiadamente ubicadas  | X      |    |        | X  |               | X |   |           | sin dampers               |
| 33   | NTC 2050 Art 300-21..   | Todas las aberturas alrededor de cables que atraviesan los muros de la bóveda del transformador están protegidos contra el fuego mediante métodos adecuados  | X      |    |        | X  |               | X |   |           | No hay ni 110' cortafuego |
| 34   | RETIE Art29.2.          | El encerramiento de cada unidad funcional deberá ser conectado al conductor de tierra de protección.   | X      |    |        | X  |               | X |   |           |                           |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |  | Puesta a Tierra y equipotencializaci  |        |    |        |    |               |   | Observac. | Foto                           |                          |
|----------------|--|---|--------|----|--------|----|---------------|---|-----------|--------------------------------|--------------------------|
| Item           | Requisitos                               | Acometida   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |           |                                |                          |
|                |  |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M |           |                                | L                        |
| 1              | RETIE Art 15, Num 3.3.1, Tab. 22         | Los electrodos de puesta a tierra cumplen lo dispuesto en el articulo 15 del RETIE numeral 3,1 "electrodos de puesta a tierra"                        | X      |    | X      |    | X             |   |           | no son 2.4 mt)                 | <i>difícil verificar</i> |
| 2              | NTC 2050 Art 250-94.                     | El conductor del electrodo de puesta a tierra tiene el calibre adecuado   | X      | X  |        |    |               |   |           | 4/0                            |                          |
| 3              | NTC 2050 Art 250-92 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra esta protegido y asegurado  | X      |    | X      |    | X             |   |           |                                |                          |
| 4              | NTC 2050 Art 250-92 (b)                  | La canalización metálica del conductor del electrodo de puesta a tierra esta equipotencializado en sus dos extremos                                   | X      |    | X      |    |               |   |           |                                |                          |
| 5              | NTC 2050 Art 250-91 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra no tiene empalmes o si los tiene están ejecutados con métodos probados o certificados                   | X      |    | X      |    |               |   |           |                                |                          |
| 6              | NTC 2050 Art 250-83 (c)                  | Los electrodos de puesta a tierra tienen las dimensiones adecuadas y se encuentra instalados de manera apropiada                                      | X      |    | X      |    | X             |   |           | difícil verificar < 2.4m       |                          |
| 7              | NTC 2050 Art 250-112, RETIE Art 15 Núm 2 | La conexión al electrodo de puesta a tierra es accesible e inspeccionable (tiene caja de inspección es de 30x30 cm en instalaciones domiciliarias)    | X      |    | X      |    | X             |   |           |                                |                          |
| 8              | 250-115; RETIE Art 15 Núm 2              | La conexión al electrodo de puesta a tierra utiliza métodos aprobados o los conectores usados corresponden con los certificados de producto recibidos | X      |    | X      |    | X             |   |           | no hay conectores certificados |                          |
| 9              | NTC 2050 Art 250-80 (a)                  | Las tuberías metálicas de agua expuestas dentro de la edificación están equipotencializadas.  |        | X  |        |    |               |   |           |                                |                          |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                              | Puesta a Tierra y equipotencializacion   |        |    |        |    |               |   |   |           |      |
|----------------|------------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
| Item           | Requisitos                   | Acometida  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|                |                              |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 10             | NTC 2050 Art 250-79.         | El calibre, tipo e instalación del puente equipotencial principal es el adecuado.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 11             | NTC 2050 Art 250-72 y 250-75 | Las canalizaciones y encerramientos metálicos de la acometida están correctamente equipotencializados.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 12             | 250-72 y 250-94              | El calibre de los puentes equipotenciales en el equipo de acometida son los adecuados.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 13             | NTC 2050 Art 250-23 (b)      | El calibre del conductor puesto a tierra de la acometida es el adecuado.   | X      |    | X      |    |               |   |   | A10       |      |
| 14             | NTC 2050 Art 250-26.         | Los sistemas derivados independientes están apropiadamente puestos a tierra, tienen puente de conexión equipotencial y conexión a un electrodo de puesta a tierra.                 | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 15             | NTC 2050 Art 250-80          | Las tuberías metálicas de agua expuestas, en el área de los sistemas derivados independientes están equipotencializados.   |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 16             | RETIE Art40 IEE LGAIUF       | Existe un único puente equipotencial principal en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte y esta los mas cerca posible a la acometido o al transformador. | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                              | Puesta a Tierra y equipotencializacion  |        |    |        |    |               |   |   |  | Observac. | Foto |
|----------------|------------------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|--|-----------|------|
| Item           | Requisitos                   | Acometida   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   |  |           |      |
|                |                              |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |  |           |      |
| 10             | NTC 2050 Art 250-79.         | El calibre, tipo e instalación del puente equipotencial principal es el adecuado.   | X      |    | X      |    |               |   |   |  |           |      |
| 11             | NTC 2050 Art 250-72 y 250-75 | Las canalizaciones y encerramientos metálicos de la acometida están correctamente equipotencializados.  | X      |    | X      |    |               |   |   |  |           |      |
| 12             | 250-72 y 250-94              | El calibre de los puentes equipotenciales en el equipo de acometida son los adecuados.  | X      |    | X      |    |               |   |   |  |           |      |
| 13             | NTC 2050 Art 250-23 (b)      | El calibre del conductor puesto a tierra de la acometida es el adecuado.  | X      |    | X      |    |               |   |   |  | A10       |      |
| 14             | NTC 2050 Art 250-26.         | Los sistemas derivados independientes están apropiadamente puestos a tierra, tienen puente de conexión equipotencial y conexión a un electrodo de puesta a tierra.                | X      |    | X      |    |               |   |   |  |           |      |
| 15             | NTC 2050 Art 250-80          | Las tuberías metálicas de agua expuestas, en el área de los sistemas derivados independientes están equipotencializados.  |        | X  |        |    |               |   |   |  |           |      |
| 16             | RETIE Art40 IEE LGAIUF       | Existe un único puente equipotencial principal en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte y esta lo mas cerca posible a la acometida o al transformador. | X      |    | X      |    |               |   |   |  |           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos  | Inspeccion SPT Transformacion y distribucion   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|---|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |   |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 1    | RETIE Art 15, NTC 2050 Art 250-80                   | Los elementos metalicos que no forman parte de las instalaciones electricas no son incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 2    | RETIE Art15, Num2, Par3, NTC 2050 Art 250-81        | Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puesta a tierra deben ser realizadas mediante soldadura exotermica o conectores certificados para es uso.                              |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 3    | RETIE Art15, NTC 2050 Art250-83 Num e               | Los electrodos de puesta a tierra no son de aluminio.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 4    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los componentes que forma parte del sistema de puesta a tierra de la subestacion estan debidamente equipotencializados.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 5    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los electrodos se encuentra enterrados en su totalidad.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 6    | RETIE Art15, Num3, 3.1, NTC 2050 Art 250-112        | El punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la tierra son accesibles, la parte superior del electrodo enterrado debe quedar mínimo a 15 cm de la superficie. | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 7    | RETIE Art15, Num3, 3.3, Par3, NTC 2050 250-91 num a | Los conductores de puesta a tierra deben ser continuos, sin interruptores o medios de desconexión y cuando se empalman, de emplean las técnicas adecuadas o métodos certificados.        | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 8    | RETIE Art15, Num4, Tab25                            | El valor de la resistencia de puesta a tierra no es mayor al indicado en la tabla 25 del Reglamento.   | X      |    | X      |    |               |   |   | 2,96 Ω    |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                             | Transformacion   |  |        |    |        |    |               | Observac. | Foto |           |                                 |  |
|----------------|-----------------------------|--|--|--------|----|--------|----|---------------|-----------|------|-----------|---------------------------------|--|
| Item           | Requisitos                  | Celda en Media Tension   |  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |           |      |           |                                 |  |
|                |                             |  |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M         | L    |           |                                 |  |
| 1              | RETIE Art17 9.2             | La celda de media tensión tiene adherida de manera clara, permanente y visible, la siguiente información: Tensión(es) nominal(es) de operación, Corriente nominal de operación, Número de fases, Marca registrada del fabricante, El simbolo de riesgo electrico |  | X      |    | X      |    | X             |           |      |           | NO axi-ja calida.               |  |
| Item           | Requisitos                  | Distancia de seguridad   |  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |           |      | Observac. | Foto                            |  |
|                |                             |  |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M         | L    |           |                                 |  |
| 1              | RETIE Art31, Fig20 y Fig20A | Las zonas dedicadas a circulación de personal son claramente identificables en el patio de la subestación.   |  | X      |    | X      |    | X             |           |      |           |                                 |  |
| 2              | RETIE Art29                 | La distancia que delimita la zona de seguridad para circulación de personal es mayor a 2,5 m en toda su extensión.   |  | X      |    | X      |    | X             |           |      |           |                                 |  |
| 3              | RETIE Art29, Tab44          | La distancia de seguridad en zonas de circulación de personas es la adecuada para la tensión de la instalación y cumple con lo dispuesto en la tabla 44 del RETIE.   |  | X      |    | X      |    | X             |           |      |           |                                 |  |
| 4              | RETIE Art29, Tab44.         | En las zonas de trabajo, la distancia vertical de seguridad medida desde plano de trabajo es la adecuada para la tensión de la Subestación.  |  | X      |    | X      |    | X             |           |      |           |                                 |  |
| 5              | RETIE Art29, Tab44..        | En las zonas de trabajo la distancia de seguridad horizontal es la adecuada para la tensión de la Subestación.   |  | X      |    | X      |    | X             |           |      |           |                                 |  |
| 6              | RETIE Art29, Tab44...       | Las zonas de seguridad en las zonas de trabajo estan delimitadas por 1,75 m medidos horizontalmente desde el equipo y 1,25 m medidos verticalmente desde el plano de trabajo.  |  | X      |    | X      |    | X             |           |      |           |                                 |  |
| 7              | RETIE Art29, Tab44....      | En las zonas de circulación de vehiculos, la distancia de seguridad es la adecuada para la tensión de la subestación y de acuerdo a la distancia de gálibo supuesta.   |  |        | X  |        |    |               |           |      |           |                                 |  |
| 8              | RETIE Art29, Tab45          | Los cercos o paredes que son instalados como barreras para el personal no autorizado, estan colocados de tal manera que las partes expuestas energizadas queden por fuera de la zona de seguridad.   |  | X      |    | X      |    | X             |           |      |           | NO axi-ja barrera de proteccion |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos                            | Tablero de Baja Tension   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.                          | Foto |
|------|---------------------------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|------------------------------------|------|
|      |                                       |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                                    |      |
| 1    | RETIE Art17 Num9,                     | Toda parte conductora de corriente debe ser rígida y construida en plata, una aleación de plata,cobre.No se debe utilizar hierro o acero en una parte que a conducir corriente.   | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 2    | RETIE Art17 Num9, NTC 2050 Art 384-30 | Los encerramientos de estos tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión,   | X      |    | X      |    | X             |   |   | Objeto NO cumple norma.            |      |
| 3    | RETIE Art17 Num9..                    | Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm, líquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo.                | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 4    | RETIE Art17 Num9...                   | Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado.  | X      |    | X      |    | X             |   |   |                                    |      |
| 5    | RETIE Art17 Num9.1.1                  | los barrajes se deben utilizar tornillos de acero, tuercas y clavijas de conexión.  | X      |    | X      |    | X             |   |   |                                    |      |
| 6    | RETIE Art17 Num 9.1.1.                | La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la proyectada para losconductores del alimentador del tablero. Todos los barrajes, incluido el del neutro y el de tierra se deben montar sobre aisladores.          | X      |    | X      |    | X             |   |   | 10 conductores son + en p barraje. |      |
| 7    | RETIE Art17 Num 9.1.1..               | La disposición de las fases de los barrajes en los tableros trifásicos, debe ser A, B, C, tomada desde el frente hasta la parte posterior; de la parte superior a la inferior, o de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero. | X      |    | X      |    | X             |   |   |                                    |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos                 | Tablero de Baja Tension  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.           | Foto |
|------|----------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|---------------------|------|
|      |                            |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                     |      |
| 8    | RETIE Art17 Num 9.1.1...   | 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. | X      |    |        | X  |               | X |   |                     |      |
| 9    | RETIE Art17 Num 9.1.1..... | Todos los elementos internos que soportan equipos eléctricos deben estar en condiciones de resistir los esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de falla del sistema. | X      |    |        | X  |               |   |   |                     |      |
| 10   | RETIE Art17 Num 9.1.2      | Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro o tierra requeridos.  | X      |    |        | X  |               |   |   |                     |      |
| 11   | RETIE Art 17 Num 9.1.2.    | Se indica la tensión de trabajo del tablero y la capacidad de corriente de los barrajes de las fases, el neutro y la tierra.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |                     |      |
| 12   | RETIE Art17 Num 9.1.2..    | Se provee de un barraje aislado para los conductores neutros del circuito alimentador y los circuitos derivados.   | X      |    | X      |    |               |   |   |                     |      |
| 13   | RETIE Art17 Num 9.1.2...   | El tablero tiene un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados.   | X      |    | X      |    |               |   |   |                     |      |
| 14   | RETIE Art17 Num 9.1.2....  | La instalación del tablero tiene en cuenta el código de colores establecido en la tabla 13 del RETIE e identificar cada uno de los circuitos.  | X      |    | X      |    |               | X |   | Si código color/af. |      |



### A3. SUBESTACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
 LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Planta de Aceros. TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/20127 CAPACIDAD INSTALADA KVA: 200.

| Grupo De Lista | Distribucion        | Redes Subterranas   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.       | Foto |
|----------------|---------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------------|------|
|                |                     |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                 |      |
| 1              | RETIE Art34.2.....  | Las canalizaciones de protección de cables de media y baja tensión cumplen las condiciones y grado de protección adecuados para su uso  | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |
| 2              | RETIE Art34.2.....  | La separación entre el borde externo de los conductores y otros servicios como gas, agua, calefacción, vapor, aire comprimido, etc.), es mínimo de 0,2 m o se tomaron las medidas adecuadas cuando no se puede cumplir esta condición |        | X  |        |    |               |   |   |                 |      |
| 3              | RETIE Art34.2.....  | Se ha tomado las medidas necesarias para que los conductores dentro de los ductos a lo largo de su recorrido mantengan la separación entre circuitos  | X      |    |        | X  |               | X |   |                 |      |
| 4              | RETIE Art34.2.....  | Los empalmes y derivaciones de los conductores debe ser accesibles  | X      |    | X      |    |               |   |   | NO han empalmes |      |
| 5              | RETIE Art34.2.....  | No existen canalizaciones sobre el nivel del suelo terminado  | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |
| 6              | RETIE Art34.2.....  | Para cables de enterramiento directo, el fondo de la zanja no es menor a 0,7 m y se han tomado las medidas adecuadas para su protección mecánica y señalización   |        | X  |        |    |               |   |   |                 |      |
| 7              | RETIE Art34.2.....  | Los ductos tienen una pendiente mínima de 1% hacia las cámaras de inspección, en una zanja de profundidad suficiente que permita un recubrimiento no menor a 0,7 m de relleno sobre el ducto  | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |
| 8              | RETIE Art34.2.....  | Las uniones entre conductores aseguran la máxima hermeticidad posible y no alteran su sección transversal   | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |
| 9              | Res SIC 224 de 2000 | El color de los ductos subterráneos es de color verde   | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos           | Redes Subterranas   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.             | Foto |
|------|----------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------------------|------|
|      |                      |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                       |      |
| 10   | RETIE Art34.2.....   | Los ductos metálicos son galvanizados en caliente y están puestos a tierra  |        | X  |        |    |               |   |   |                       |      |
| 11   | RETIE Art34.2.....   | En ductos metálicos se encuentran agrupados todos los conductores de un circuito incluido el de puesta a tierra de equipos  |        | X  |        |    |               |   |   |                       |      |
| 12   | RETIE Art34.2.....   | Los cables subterráneos instalados debajo de construcciones deberán estar alojados en un ducto que salga como mínimo 0,3 m del perímetro de la construcción   | X      |    | X      |    |               |   |   |                       |      |
| 13   | RETIE Art34.2.....   | En todas las transiciones entre tipos de cables, las conexiones a las cargas, o las derivaciones, deben realizarse en cámaras o cajas de paso, derivación, conexión o salida y son las adecuadas para las funciones específicas | X      |    | X      |    |               |   |   |                       |      |
| 14   | RETIE Art34.2.....   | Las cámaras de inspecciones están instaladas en tramos rectos a no más de 40 m entre si   | X      |    | X      |    |               |   |   |                       |      |
| 15   | RETIE Art17,         | Toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta extra alta tensión, debe disponer de un DPS   | X      |    | X      |    | X             |   |   |                       | ✓    |
| Item | Requisitos           | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.             | Foto |
|      |                      |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                       |      |
| 1    | RETIE Art29.2        | Se apropio del espacio adecuado para la construcción de la subestación y no esta destinado a otros usos   | X      |    | X      |    | X             |   |   |                       |      |
| 2    | NTC 2050 ART 450-22. | Los transformadores tipo seco instalados en exteriores cuentan con encerramientos a prueba de intemperie.   |        | X  |        |    |               |   |   |                       |      |
| 3    | RETIE Art15          | El sistema de puesta a tierra es continuo y adecuado para la corriente de falla a tierra prevista   | X      |    | X      |    |               |   |   |                       | ✓    |
| 4    | RETIE Art30.1        | En el transformador esta conectado solidamente a tierra el tanque, el gabinete, el neutro y el núcleo   | X      |    | X      |    |               |   |   | NO a H- ag. potencial | ✓    |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos           | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.                          | Foto |
|------|----------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|------------------------------------|------|
|      |                      |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                                    |      |
| 5    | RETIE Art30.4        | En las subestaciones tipo pedestal, si la temperatura exterior supere los 45°C, hay una barrera de protección para evitar quemaduras   | X      |    |        | X  | X             |   |   |                                    |      |
| 6    | NTC 2050 Art 450-25. | Los transformadores utilizados no están aislados con Askarel ni con cualquiera de sus derivados  | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 7    | RETIE Art30.2.       | El local de la subestación dentro de una edificación esta ubicado en un lugar de fácil acceso desde exterior para personal calificado y a vehículos de transporte de equipos                                   | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 8    | RETIE Art30.2        | Los locales ubicados en sótanos y semisótanos, con el techo debajo de antejardines y paredes que limiten con muros de contención, deben estar impermeabilizados  |        |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 9    | RETIE Art29.2...     | En las zonas adyacentes a la subestación no se deben almacenar combustibles  | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    | ✓    |
| 10   | RETIE Art29.2..      | No existen canalizaciones de agua, gas natural, gases industriales o combustibles excepto los destinados a la protección contra incendios de la subestación  | X      |    | X      |    |               |   |   | NO hay protección contra incendios |      |
| 11   | RETIE Art17.....     | Existe la placa a la entrada de la subestación con el símbolo de "Peligro Alta Tensión"  |        |    |        |    |               |   |   |                                    |      |
| 12   | RETIE Art17.....     | Los transformadores refrigerados en aceite no están instalados en niveles o pisos superiores que esten por encima de sitios de habitación, oficinas y en general lugares destinados a la ocupación de personas | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    |      |
| 13   | RETIE Art17....      | El transformador esta provisto de su respectiva placa de identificación  | X      |    | X      |    |               |   |   |                                    | ✓    |
| 14   | RETIE Art17...       | Si una persona distinta al fabricante repara o modifica el transformador, se encuentra instalada una placa adicional   | X      | -  |        |    |               |   |   |                                    | ✓    |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos          | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.                    | Foto |
|------|---------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|------------------------------|------|
|      |                     |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                              |      |
| 15   | RETIE Art29.2.      | Las subestaciones de distribución secundaria deben asegurar que una persona no pueda acceder a las partes vivas del sistema evitando que sobrepasen las distancia de seguridad propias de los niveles de tensión. | X      |    |        | X  | X             |   |   | No hay barrera de protección |      |
| 16   | RETIE Art17..       | La persona no puede acceder el contacto de la zona energizada ni tocándola de manera directa ni introduciendo objetos que lo puedan colocar en contacto con la línea  | X      |    |        | X  | X             |   |   | No hay barrera de protección |      |
| 17   | RETIE Art17.        | Las celdas deben tener medios para controlar los efectos de un arco mediante evacuación de gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o dos metros por encima del frente                                 | X      |    |        | X  |               | X |   |                              | ✓    |
| 18   | RETIE Art17..       | Las celdas tienen puertas o tapas con un seguro para permanecer cerradas  | X      |    | X      |    |               |   |   |                              | ✓    |
| 19   | RETIE Art17. ..     | Las piezas susceptibles de desprenderse en las celdas deben estar firmemente aseguradas   | X      |    | X      |    |               |   |   |                              |      |
| 20   | RETIE Art17..       | Las celdas deben estar eficazmente puestos a tierra   | X      |    | X      |    |               |   |   |                              |      |
| 21   | RETIE Art30.2.:     | Las cubiertas y puertas no deben permitir el acceso de personal no calificado   | X      |    |        | X  | X             |   |   |                              |      |
| 22   | RETIE Art30.2.:     | Existe una indicación ligada directamente a la posición de contactos de los elementos de interrupción y seccionamiento  | X      |    | X      |    |               |   |   |                              | ✓    |
| 23   | Tabla 430-3 (a)     | Los transformadores mayores de 600V cuentan con dispositivos de protección de sobrecorriente en el primario y secundario y están adecuadamente dimensionadas  | X      |    | X      |    |               |   |   |                              |      |
| 24   | NTC 2050 Art 450-26 | Los transformadores refrigerados en aceite para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)  |        | X  |        |    |               |   |   |                              |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos              | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.                | Foto |
|------|-------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|--------------------------|------|
|      |                         |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                          |      |
| 25   | NTC 2050 Art 450-21..   | Los transformadores de tipo seco de mas de 112,5 kVA para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)                       |        | X  |        |    |               |   |   |                          |      |
| 26   | NTC 2050 Art 450-41     | Las Bóvedas para transformadores cuentan con la ventilación del aire exterior  | X      |    |        | X  |               | X |   | No hay bovedas por fuera |      |
| 27   | RETIE Art29.2.,         | Los materiales utilizados para la construcción de la bóveda aseguran una resistencia al fuego mínimo de tres horas   |        | X  |        |    |               |   |   | (1) (1)                  |      |
| 28   | NTC 2050 Art 450-43 (a) | Los vanos de puertas que lleven desde el interior de la edificación hasta a la bóveda están protegidos con una puerta cortafuego con resistencia al fuego de tres horas.                           |        | X  |        |    |               |   |   | (1) (1)                  |      |
| 29   | NTC 2050 Art 450-43 (b) | Los vanos de puertas cuentan con brocales adecuados para recoger dentro de la bóveda el aceite de transformador mas grande que pudiere haber   | X      |    |        | X  |               | X |   | No hay brocales          |      |
| 30   | NTC 2050 Art 450-27     | Se han tomado las medidas adecuadas en la bóveda del transformador para confinar el posible derrame de aceite dieléctrico en la bóveda cuando las regulaciones ambientales no permitan su drenaje. | X      |    |        | X  |               | X |   | No hay brocales ni fosos |      |
| 31   | NTC 2050 Art 450-43 (c) | Las puertas tienen cerraduras y tienen apertura hacia fuera y estan dotadas de barras antipánico   | X      |    |        | X  |               | X |   |                          |      |
| 32   | NTC 2050 Art 450-45     | La bóveda cuenta con las aberturas de ventilación suficientes y estan apropiadamente ubicadas  | X      |    |        | X  |               | X |   |                          |      |
| 33   | NTC 2050 Art 300-21...  | Todas las aberturas alrededor de cables que atraviesan los muros de la bóveda del transformador estan protegidos contra el fuego mediante métodos adecuados  | X      |    |        | X  |               | X |   |                          |      |
| 34   | RETIE Art29.2,          | El encerramiento de cada unidad funcional deberá ser conectado al conductor de tierra de protección.   | X      |    |        | X  |               | X |   |                          |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |  | Puesta a Tierra y equipotencializador   |        |    |        |    |               |   | Observac. | Foto |                  |  |
|----------------|--|---|--------|----|--------|----|---------------|---|-----------|------|------------------|--|
| Item           | Requisitos                               | Acometida   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |           |      |                  |  |
|                |  |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L         |      |                  |  |
| 1              | RETIE Art 15, Num 3.3.1, Tab. 22         | Los electrodos de puesta a tierra cumplen lo dispuesto en el articulo 15 del RETIE numeral 3,1 "electrodos de puesta a tierra"                        | X      |    |        | X  |               | X |           |      |                  |  |
| 2              | NTC 2050 Art 250-94.                     | El conductor del electrodo de puesta a tierra tiene el calibre adecuado   | X      |    | X      |    |               |   |           |      |                  |  |
| 3              | NTC 2050 Art 250-92 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra esta protegido y asegurado  | X      |    | X      |    |               |   |           |      |                  |  |
| 4              | NTC 2050 Art 250-92 (b)                  | La canalización metálica del conductor del electrodo de puesta a tierra esta equipotencializado en sus dos extremos                                   | X      |    | X      |    |               |   |           |      |                  |  |
| 5              | NTC 2050 Art 250-91 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra no tiene empalmes o si los tiene están ejecutados con métodos probados o certificados                   | X      |    | X      |    |               |   |           |      |                  |  |
| 6              | NTC 2050 Art 250-83 (c)                  | Los electrodos de puesta a tierra tienen las dimensiones adecuadas y se encuentra instalados de manera apropiada                                      | X      |    |        | X  |               | X |           |      | NO tienen 2.4 m. |  |
| 7              | NTC 2050 Art 250-112, RETIE Art 15 Núm 2 | La conexión al electrodo de puesta a tierra es accesible e inspeccionable (tiene caja de inspección es de 30x30 cm en instalaciones domiciliarias)    | X      |    |        | X  |               | X |           |      |                  |  |
| 8              | 250-115, RETIE Art 15 Núm 2              | La conexión al electrodo de puesta a tierra utiliza métodos aprobados o los conectores usados corresponden con los certificados de producto recibidos | X      |    | X      |    |               |   |           |      |                  |  |
| 9              | NTC 2050 Art 250-80 (a)                  | Las tuberías metálicas de agua expuestas dentro de la edificación están equipotencializadas.  |        | X  |        |    |               |   |           |      |                  |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                              | Puesta a Tierra y equipotencializacion  |        |    |        |    |               |   |   | Observac. | Foto |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------|------------------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Item           | Requisitos                   | Acometida   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   |           |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                |                              |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10             | NTC 2050 Art 250-79.         | El calibre, tipo e instalación del puente equipotencial principal es el adecuado.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11             | NTC 2050 Art 250-72 y 250-75 | Las canalizaciones y encerramientos metálicos de la acometida están correctamente equipotencializados.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12             | 250-72 y 250-94              | El calibre de los puentes equipotenciales en el equipo de acometida son los adecuados.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13             | NTC 2050 Art 250-23 (b)      | El calibre del conductor puesto a tierra de la acometida es el adecuado.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14             | NTC 2050 Art 250-26.         | Los sistemas derivados independientes están apropiadamente puestos a tierra, tienen puente de conexión equipotencial y conexión a un electrodo de puesta a tierra.                | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15             | NTC 2050 Art 250-80          | Las tuberías metálicas de agua expuestas, en el área de los sistemas derivados independientes están equipotencializados.  |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16             | RETIE Art40 IEE LGAIUF       | Existe un único puente equipotencial principal en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte y esta lo mas cerca posible a la acometida o al transformador. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos  | Inspeccion SPT Transformacion y distribucion   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|---|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |   |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 1    | RETIE Art 15, NTC 2050 Art 250-80                   | Los elementos metalicos que no forman parte de las instalaciones electricas no son incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 2    | RETIE Art15, Num2, Par3, NTC 2050 Art 250-81        | Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puesta a tierra deben ser realizadas mediante soldadura exotermica o conectores certificados para es uso.                              | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 3    | RETIE Art15, NTC 2050 Art250-83 Num e               | Los electrodos de puesta a tierra no son de aluminio.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 4    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los componentes que forma parte del sistema de puesta a tierra de la subestacion estan debidamente equipotencializados.  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 5    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los electrodos se encuentra enterrados en su totalidad.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 6    | RETIE Art15, Num3, 3.1, NTC 2050 Art 250-112        | El punto de union entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la tierra son accesibles, la parte superior del electrodo enterrado debe quedar minimo a 15 cm de la superficie. | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 7    | RETIE Art15, Num3, 3.3, Par3, NTC 2050 250-91 num a | Los conductores de puesta a tierra deben ser contin.uos, sin interruptores o medios de desconexion y cuando se empalman, de emplean las tecnicas adecuadas o metodos certificados.       | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 8    | RETIE Art15, Num4, Tab25                            | El valor de la resistencia de puesta a tierra no es mayor al indicado en la tabla 25 del Reglamento.   | X      |    | X      |    | X             |   |   | 21        |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                             | Transformacion   |  |        |    |        |    |               | Observac. | Foto |           |      |  |
|----------------|-----------------------------|--|--|--------|----|--------|----|---------------|-----------|------|-----------|------|--|
| Item           | Requisitos                  | Celda en Media Tension   |  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |           |      |           |      |  |
|                |                             |  |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M         | L    |           |      |  |
| 1              | RETIE Art17 9.2             | La celda de media tension tiene adherida de manera clara, permanente y visible, la siguiente informacion: Tension(es) nominal(es) de operacion, Corriente nominal de operacion, Numero de fases, Marca registrada del fabricante. El simbolo de riesgo electrico |  | X      |    |        | X  | X             |           |      |           | Si   |  |
| Item           | Requisitos                  | Distancia de seguridad   |  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |           |      | Observac. | Foto |  |
|                |                             |  |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M         | L    |           |      |  |
| 1              | RETIE Art31, Fig20 y Fig20A | Las zonas dedicadas a circulacion de personal son claramente identificables en el patio de la subestacion.   |  | X      |    |        | X  | X             |           |      |           |      |  |
| 2              | RETIE Art29                 | La distancia que delimita la zona de seguridad para circulacion de personal es mayor a 2,5 m en toda su extension.   |  | X      |    |        | X  | X             |           |      |           |      |  |
| 3              | RETIE Art29, Tab44          | La distancia de seguridad en zonas de circulacion de personas es la adecuada para la tension de la instalacion y cumple con lo dispuesto en la tabla 44 del RETIE.   |  | X      |    |        | X  | X             |           |      |           |      |  |
| 4              | RETIE Art29, Tab44.         | En las zonas de trabajo, la distancia vertical de seguridad medida desde el plano de trabajo es la adecuada para la tension de la Subestacion.   |  | X      |    |        | X  | X             |           |      |           |      |  |
| 5              | RETIE Art29, Tab44..        | En las zonas de trabajo la distancia de seguridad horizontal es la adecuada para la tension de la Subestacion.   |  | X      |    |        | X  | X             |           |      |           |      |  |
| 6              | RETIE Art29, Tab44...       | Las zonas de seguridad en las zonas de trabajo estan delimitadas por 1,75 m medidos horizontalmente desde el equipo y 1,25 m medidos verticalmente desde el plano de trabajo.  |  | X      |    |        | X  | X             |           |      |           |      |  |
| 7              | RETIE Art29, Tab44....      | En las zonas de circulacion de vehiculos, la distancia de seguridad es la adecuada para la tension de la subestacion y de acuerdo a la distancia de galibo supuesta.   |  |        | X  |        |    |               |           |      |           |      |  |
| 8              | RETIE Art29, Tab45          | Los cercos o paredes que son instalados como barreras para el personal no autorizado, estan colocados de tal manera que las partes expuestas energizadas queden por fuera de la zona de seguridad.   |  | X      |    |        | X  | X             |           |      |           |      |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos                            | Tablero de Baja Tension   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|---------------------------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |                                       |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 1    | RETIE Art17 Num9.                     | Toda parte conductora de corriente debe ser rígida y construida en plata, una aleación de plata,cobre.No se debe utilizar hierro o acero en una parte que a conducir corriente.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 2    | RETIE Art17 Num9. NTC 2050 Art 384-30 | Los encerramientos de estos tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión.   | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |
| 3    | RETIE Art17 Num9..                    | Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm,liquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo.                 | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |
| 4    | RETIE Art17 Num9...                   | Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado.  | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |
| 5    | RETIE Art17 Num9.1.1                  | los barrajes se deben utilizar tornillos de acero, tuercas y clavijas de conexión.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 6    | RETIE Art17 Num 9.1.1.                | La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la proyectada para losconductores del alimentador del tablero. Todos los barrajes, incluido el del neutro y el de tierra se deben montar sobre aisladores.          | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 7    | RETIE Art17 Num 9.1.1..               | La disposición de las fases de los barrajes en los tableros trifásicos, debe ser A, B, C, tomada desde el frente hasta la parte posterior; de la parte superior a la inferior, o de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero. | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos                | Tablero de Baja Tension  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|---------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |                           |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 8    | RETIE Art17 Num 9.1.1...  | 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. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 9    | RETIE Art17 Num 9.1.1.... | Todos los elementos internos que soportan equipos eléctricos deben estar en condiciones de resistir los esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de falla del sistema. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 10   | RETIE Art17 Num 9.1.2     | Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro o tierra requeridos.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 11   | RETIE Art 17 Num 9.1.2.   | Se indica la tensión de trabajo del tablero y la capacidad de corriente de los barrajes de las fases, el neutro y la tierra.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 12   | RETIE Art17 Num 9.1.2..   | Se provee de un barraje aislado para los conductores neutros del circuito alimentador y los circuitos derivados.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 13   | RETIE Art17 Num 9.1.2...  | El tablero tiene un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 14   | RETIE Art17 Num 9.1.2.... | La instalación del tablero tiene en cuenta el código de colores establecido en la tabla 13 del RETIE e identificar cada uno de los circuitos.  | X      |    |        | X  |               |   | X |           |      |



#### A4. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA MECÁNICA.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
 LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif Ing. Mecanica TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220/127 CAPACIDAD INSTALADA KVA: 160

| Grupo De Lista |                     | Distribución  |        |    |        |    |               |   |   |   |   | Observac. | Foto             |   |
|----------------|---------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|---|---|-----------|------------------|---|
| Item           | Requisitos          | Redes Subterranas   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | G | M |           |                  | L |
|                |                     |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |   |   |           |                  |   |
| 1              | RETIE Art34.2.....  | Las canalizaciones de protección de cables de media y baja tensión cumplen las condiciones y grado de protección adecuados para su uso  | X      |    | X      |    |               |   |   |   |   |           |                  |   |
| 2              | RETIE Art34.2.....  | La separación entre el borde externo de los conductores y otros servicios como gas, agua, calefacción, vapor, aire comprimido, etc.), es mínimo de 0,2 m o se tomaron las medidas adecuadas cuando no se puede cumplir esta condición |        | X  |        |    |               |   |   |   |   |           |                  |   |
| 3              | RETIE Art34.2.....  | Se ha tomado las medidas necesarias para que los conductores dentro de los ductos a lo largo de su recorrido mantengan la separación entre circuitos  | X      |    |        | X  |               | X |   |   |   |           |                  |   |
| 4              | RETIE Art34.2.....  | Los empalmes y derivaciones de los conductores debe ser accesibles  | X      |    | X      |    |               |   |   |   |   |           | No hay empalmes. |   |
| 5              | RETIE Art34.2.....  | No existen canalizaciones sobre el nivel del suelo terminado  | X      |    | X      |    |               |   |   |   |   |           |                  |   |
| 6              | RETIE Art34.2.....  | Para cables de enterramiento directo, el fondo de la zanja no es menor a 0,7 m y se han tomado las medidas adecuadas para su protección mecánica y señalización   |        | X  |        |    |               |   |   |   |   |           |                  |   |
| 7              | RETIE Art34.2.....  | Los ductos tienen una pendiente mínima de 1% hacia las cámaras de inspección, en una zanja de profundidad suficiente que permita un recubrimiento no menor a 0,7 m de relleno sobre el ducto  | X      |    | X      |    |               |   |   |   |   |           |                  |   |
| 8              | RETIE Art34.2.....  | Las uniones entre conductores aseguran la máxima hermeticidad posible y no alteran su sección transversal   | X      |    | X      |    |               |   |   |   |   |           |                  |   |
| 9              | Res SIC 224 de 2000 | El color de los ductos subterráneos es de color verde   | X      |    | X      |    |               |   |   |   |   |           |                  |   |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos           | Redes Subterranas   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto        |
|------|----------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|-------------|
|      |                      |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |             |
| 10   | RETIE Art34.2.....   | Los ductos metálicos son galvanizados en caliente y están puestos a tierra  |        | X  |        |    |               |   |   |           |             |
| 11   | RETIE Art34.2.....   | En ductos metálicos se encuentran agrupados todos los conductores de un circuito incluido el de puesta a tierra de equipos  |        | X  |        |    |               |   |   |           |             |
| 12   | RETIE Art34.2.....   | Los cables subterráneos instalados debajo de construcciones deberán estar alojados en un ducto que salga como mínimo 0,3 m. del perímetro de la construcción  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |             |
| 13   | RETIE Art34.2.....   | En todas las transiciones entre tipos de cables, las conexiones a las cargas, o las derivaciones, deben realizarse en cámaras o cajas de paso, derivación, conexión o salida y son las adecuadas para las funciones específicas | X      |    | X      |    |               |   |   |           |             |
| 14   | RETIE Art34.2.....   | Las cámaras de inspecciones están instaladas en tramos rectos a no más de 40 m entre si   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |             |
| 15   | RETIE Art17.         | Toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta extra alta tensión, debe disponer de un DPS   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |             |
| Item | Requisitos           | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto        |
|      |                      |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |             |
| 1    | RETIE Art29.2        | Se apropio del espacio adecuado para la construcción de la subestación y no esta destinado a otros usos   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | Ulan bodega |
| 2    | NTC 2050 ART 450-22. | Los transformadores tipo seco instalados en exteriores cuentan con encerramientos a prueba de intemperie.   |        | X  |        |    |               |   |   |           |             |
| 3    | RETIE Art15          | El sistema de puesta a tierra es continuo y adecuado para la corriente de falla a tierra prevista   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |             |
| 4    | RETIE Art30.1        | En el transformador esta conectado solidamente a tierra el tanque, el gabinete, el neutro y el núcleo   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |             |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos           | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto                               |
|------|----------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------------------------------------|
|      |                      |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |                                    |
| 5    | RETIE Art30.4        | En las subestaciones tipo pedestal, si la temperatura exterior supere los 45°C, hay una barrera de protección para evitar quemaduras  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay barrera de proteccion       |
| 6    | NTC 2050 Art 450-25. | Los transformadores utilizados no están aislados con Askarel ni con cualquiera de sus derivados   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                                    |
| 7    | RETIE Art30.2.       | El local de la subestación dentro de una edificación esta ubicado en un lugar de fácil acceso desde exterior para personal calificado y a vehiculos de transporte de equipos                                  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |                                    |
| 8    | RETIE Art30.2        | Los locales ubicados en sótanos y semisótanos, con el techo debajo de antejardines y paredes que limiten con muros de contención, deben estar impermeabilizados   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                                    |
| 9    | RETIE Art29.2...     | En las zonas adyacentes a la subestación no se deben almacenar combustibles   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                                    |
| 10   | RETIE Art29.2..      | No existen canalizaciones de agua, gas natural, gases industriales o combustibles excepto los destinados a la protección contra incendios de la subestación   | X      |    | X      |    |               |   |   |           | No hay proteccion contra incendios |
| 11   | RETIE Art17.....     | Existe la placa a la entrada de la subestación con el símbolo de "Peligro Alta Tensión"   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                                    |
| 12   | RETIE Art17.....     | Los transformadores refrigerados en aceite no están instalados en niveles o pisos superiores que esten por encima de pisos de habitación, oficinas y en general lugares destinados a la ocupación de personas | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                                    |
| 13   | RETIE Art17....      | El transformador esta provisto de su respectiva placa de identificación   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                                    |
| 14   | RETIE Art17...       | Si una persona distinta al fabricante repara o modifica el transformador, se encuentra instalada una placa adicional  | X      |    |        |    |               |   |   |           |                                    |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos          | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto                      |  |
|------|---------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|---------------------------|--|
|      |                     |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |                           |  |
| 15   | RETIE Art29.2.      | Las subestaciones de distribución secundaria deben asegurar que una persona no pueda acceder a las partes vivas del sistema evitando que sobrepasen las distancia de seguridad propias de los niveles de tensión. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay Plan de Protección |  |
| 16   | RETIE Art17.,       | La persona no puede acceder el contacto de la zona energizada ni tocándola de manera directa ni introduciendo objetos que lo puedan colocar en contacto con la línea  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | ( )                       |  |
| 17   | RETIE Art17.        | Las celdas deben tener medios para controlar los efectos de un arco mediante evacuación de gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o dos metros por encima del frente                                 | X      |    |        | X  |               | X |   |           | No hay celdas             |  |
| 18   | RETIE Art17.,       | Las celdas tienen puertas o tapas con un seguro para permanecer cerradas  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay celdas             |  |
| 19   | RETIE Art17.,       | Las piezas susceptibles de desprenderse en las celdas deben estar firmemente aseguradas   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay celdas             |  |
| 20   | RETIE Art17.,       | Las celdas deben estar eficazmente puestos a tierra   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay celdas             |  |
| 21   | RETIE Art30.2.,     | Las cubiertas y puertas no deben permitir el acceso de personal no calificado   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay celdas             |  |
| 22   | RETIE Art30.2;      | Existe una indicación ligada directamente a la posición de contactos de los elementos de interrupción y seccionamiento  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay celdas             |  |
| 23   | Tabla 430-3 (a)     | Los transformadores mayores de 600V cuentan con dispositivos de protección de sobrecorriente en el primario y secundario y están adecuadamente dimensionadas  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay celdas             |  |
| 24   | NTC 2050 Art 450-26 | Los transformadores refrigerados en aceite para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | No hay celdas             |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos              | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|-------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |                         |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 25   | NTC 2050 Art 450 21...  | Los transformadores de tipo seco de mas de 112,5 kVA para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)                       |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 26   | NTC 2050 Art 450 41     | Las Bóvedas para transformadores cuentan con la ventilación del aire exterior  | X      |    | X      | X  |               |   |   |           |      |
| 27   | RETIE Art29.2..         | Los materiales utilizados para la construcción de la bóveda aseguran una resistencia al fuego mínimo de tres horas   | X      |    | X      | X  |               |   |   |           |      |
| 28   | NTC 2050 Art 450 43 (a) | Los vanos de puertas que lleven desde el interior de la edificación hasta a la bóveda están protegidos con una puerta cortafuego con resistencia al fuego de tres horas                            | X      |    | X      | X  |               |   |   |           |      |
| 29   | NTC 2050 Art 450 43 (b) | Los vanos de puertas cuentan con brocales adecuados para recoger dentro de la bóveda el aceite de transformador mas grande que pudiere haber   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 30   | NTC 2050 Art 450 27     | Se han tomado las medidas adecuadas en la bóveda del transformador para confinar el posible derrame de aceite dieléctrico en la bóveda cuando las regulaciones ambientales no permitan su drenaje. | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 31   | NTC 2050 Art 450 43 (c) | Las puertas tienen cerraduras y tienen apertura hacia fuera y están dotadas de barras antipánico.  | X      |    | X      | X  |               |   |   |           |      |
| 32   | NTC 2050 Art 450 45     | La bóveda cuenta con las aberturas de ventilación suficientes y están apropiadamente ubicadas.   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 33   | NTC 2050 Art 300 21...  | Todas las aberturas alrededor de cables que atraviesan los muros de la bóveda del transformador están protegidos contra el fuego mediante métodos adecuados.                                       | X      |    | X      | X  |               |   |   |           |      |
| 34   | RETIE Art29.2.          | El encerramiento de cada unidad funcional deberá ser conectado al conductor de tierra de protección.   | X      |    | X      | X  |               |   |   |           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |  | Puesta a Tierra y equipotencializador   |        |    |        |    |               |   | Observac. | Foto                 |   |
|----------------|--|---|--------|----|--------|----|---------------|---|-----------|----------------------|---|
| Item           | Requisitos                               | Acometida   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |           |                      |   |
|                |  |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M |           |                      | L |
| 1              | RETIE Art 15, Num 3.3.1, Tab. 22         | Los electrodos de puesta a tierra cumplen lo dispuesto en el articulo 15 del RETIE numeral 3,1 "electrodos de puesta a tierra"                        | X      |    |        | X  |               | X |           |                      |   |
| 2              | NTC 2050 Art 250-94.                     | El conductor del electrodo de puesta a tierra tiene el calibre adecuado   | X      |    | X      |    |               |   |           |                      |   |
| 3              | NTC 2050 Art 250-92 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra esta protegido y asegurado  | X      |    | X      |    |               |   |           |                      |   |
| 4              | NTC 2050 Art 250-92 (b)                  | La canalización metálica del conductor del electrodo de puesta a tierra esta equipotencializado en sus dos extremos                                   | X      |    | X      |    |               |   |           |                      |   |
| 5              | NTC 2050 Art 250-91 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra no tiene empalmes o si los tiene están ejecutados con métodos probados o certificados                   | X      |    | X      |    |               |   |           |                      |   |
| 6              | NTC 2050 Art 250-83 (c)                  | Los electrodos de puesta a tierra tienen las dimensiones adecuadas y se encuentra instalados de manera apropiada                                      | X      |    |        | X  |               | X |           | No verificada < 2 Am |   |
| 7              | NTC 2050 Art 250-112, RETIE Art 15 Núm 2 | La conexión al electrodo de puesta a tierra es accesible e inspeccionable (tiene caja de inspección es de 30x30 cm en instalaciones domiciliarias)    | X      |    |        | X  |               | X |           |                      |   |
| 8              | 250-115, RETIE Art 15 Núm 2              | La conexión al electrodo de puesta a tierra utiliza métodos aprobados o los conectores usados corresponden con los certificados de producto recibidos | X      |    | X      |    |               |   |           |                      |   |
| 9              | NTC 2050 Art 250-80 (a)                  | Las tuberías metálicas de agua expuestas dentro de la edificación están equipotencializadas.  |        | X  |        |    |               |   |           |                      |   |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                              | Puesta a Tierra y equipotencializacion  |        |    |        |    |               |   |   | Observac. | Foto |
|----------------|------------------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
| Item           | Requisitos                   | Acometida   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   |           |      |
|                |                              |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 10             | NTC 2050 Art 250-79.         | El calibre, tipo e instalación del puente equipotencial principal es el adecuado.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 11             | NTC 2050 Art 250-72 y 250-75 | Las canalizaciones y encerramientos metálicos de la acometida están correctamente equipotencializados.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 12             | 250-72 y 250-94              | El calibre de los puentes equipotenciales en el equipo de acometida son los adecuados.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 13             | NTC 2050 Art 250-23 (b)      | El calibre del conductor puesto a tierra de la acometida es el adecuado.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 14             | NTC 2050 Art 250-26.         | Los sistemas derivados independientes están apropiadamente puestos a tierra, tienen puente de conexión equipotencial y conexión a un electrodo de puesta a tierra.                | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 15             | NTC 2050 Art 250-80          | Las tuberías metálicas de agua expuestas, en el área de los sistemas derivados independientes están equipotencializados.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 16             | RETIE Art40 IEE LGAIUF       | Existe un único puente equipotencial principal en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte y esta lo mas cerca posible a la acometida o al transformador. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos  | Inspeccion SPT Transformacion y distribucion   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|---|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |   |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 1    | RETIE Art 15, NTC 2050 Art 250-80                   | Los elementos metalicos que no forman parte de las instalaciones electricas no son incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 2    | RETIE Art15, Num2, Par3, NTC 2050 Art 250-81        | Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puesta a tierra deben ser realizadas mediante soldadura exotermica o conectores certificados para es uso.                              | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 3    | RETIE Art15, NTC 2050 Art250-83 Num e               | Los electrodos de puesta a tierra no son de aluminio.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 4    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los componentes que forma parte del sistema de puesta a tierra de la subestacion estan debidamente equipotencializados.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 5    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los electrodos se encuentra enterrados en su totalidad.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 6    | RETIE Art15, Num3, 3.1, NTC 2050 Art 250-112        | El punto de union entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la tierra son accesibles, la parte superior del electrodo enterrado debe quedar minimo a 15 cm de la superficie. | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 7    | RETIE Art15, Num3, 3.3, Par3, NTC 2050 250-91 num a | Los conductores de puesta a tierra deben ser contin.uos, sin interruptores o medios de desconexion y cuando se empalman, de emplean las tecnicas adecuadas o metodos certificados.       | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 8    | RETIE Art15, Num4, Tab25                            | El valor de la resistencia de puesta a tierra no es mayor al indicado en la tabla 25 del Reglamento.   | X      |    | X      |    |               |   |   | 1,64 Ω    |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                             | Transformacion   |    |        |    |        |   |               |  |  |                               | Observac.            | Foto |
|----------------|-----------------------------|--|----|--------|----|--------|---|---------------|--|--|-------------------------------|----------------------|------|
| Item           | Requisitos                  | Celda en Media Tension   |    | Aplica |    | Cumple |   | Inconformidad |  |  |                               |                      |      |
|                |                             | SI   | NO | SI     | NO | G      | M | L             |  |  |                               |                      |      |
| 1              | RETIE Art17 9.2             | La celda de media tension tiene adherida de manera clara, permanente y visible, la siguiente informacion: Tension(es) nominal(es) de operacion, Corriente nominal de operacion, Numero de fases, Marca registrada del fabricante, El simbolo de riesgo electrico |    | X      |    |        | X | X             |  |  |                               | No existe el simbolo |      |
| Item           | Requisitos                  | Distancia de seguridad   |    | Aplica |    | Cumple |   | Inconformidad |  |  | Observac.                     | Foto                 |      |
|                |                             | SI   | NO | SI     | NO | G      | M | L             |  |  |                               |                      |      |
| 1              | RETIE Art31, Fig20 y Fig20A | Las zonas dedicadas a circulacion de personal son claramente identificables en el patio de la subestacion.   |    | X      |    |        | X | X             |  |  | No hay barreras de proteccion |                      |      |
| 2              | RETIE Art29                 | La distancia que delimita la zona de seguridad para circulacion de personal es mayor a 2,5 m en toda su extension.   |    | X      |    |        | X | X             |  |  | " "                           |                      |      |
| 3              | RETIE Art29, Tab44          | La distancia de seguridad en zonas de circulacion de personas es la adecuada para la tension de la instalacion y cumple con lo dispuesto en la tabla 44 del RETIE.   |    | X      |    |        | X | X             |  |  | " "                           |                      |      |
| 4              | RETIE Art29, Tab44.         | En las zonas de trabajo, la distancia vertical de seguridad medida desde el plano de trabajo es la adecuada para la tension de la Subestacion.   |    | X      |    |        | X | X             |  |  | " "                           |                      |      |
| 5              | RETIE Art29, Tab44..        | En las zonas de trabajo la distancia de seguridad horizontal es la adecuada para la tension de la Subestacion.   |    | X      |    |        | X | X             |  |  | " "                           |                      |      |
| 6              | RETIE Art29, Tab44...       | Las zonas de seguridad en las zonas de trabajo estan delimitadas por 1,75 m medidos horizontalmente desde el equipo y 1,25 m medidos verticalmente desde el plano de trabajo.  |    | X      |    |        | X | X             |  |  | " "                           |                      |      |
| 7              | RETIE Art29, Tab44....      | En las zonas de circulacion de vehiculos, la distancia de seguridad es la adecuada para la tension de la subestacion y de acuerdo a la distancia de galibo supuesta.   |    |        | X  |        |   |               |  |  |                               |                      |      |
| 8              | RETIE Art29, Tab45          | Los cercos o paredes que son instalados como barreras para el personal no autorizado, estan colocados de tal manera que las partes expuestas energizadas queden por fuera de la zona de seguridad.   |    | X      |    |        | X | X             |  |  | No hay barreras               |                      |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos                            | Tablero de Baja Tension   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|---------------------------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |                                       |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 1    | RETIE Art17 Num9,                     | Toda parte conductora de corriente debe ser rígida y construida en plata, una aleación de plata,cobre.No se debe utilizar hierro o acero en una parte que a conducir corriente.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 2    | RETIE Art17 Num9, NTC 2050 Art 384-30 | Los encerramientos de estos tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión.   | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |
| 3    | RETIE Art17 Num9..                    | Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm,liquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo.                 | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |
| 4    | RETIE Art17 Num9..                    | Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado.  | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |
| 5    | RETIE Art17 Num9.1.1                  | los barrajes se deben utilizar tornillos de acero, tuercas y clavijas de conexión.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 6    | RETIE Art17 Num 9.1.1.                | La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la proyectada para losconductores del alimentador del tablero. Todos los barrajes, incluido el del neutro y el de tierra se deben montar sobre aisladores.          | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 7    | RETIE Art17 Num 9.1.1..               | La disposición de las fases de los barrajes en los tableros trifásicos, debe ser A, B, C, tomada desde el frente hasta la parte posterior; de la parte superior a la inferior, o de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero. | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos                | Tablero de Baja Tension  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|---------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |                           |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 8    | RETIE Art17 Num 9.1.1...  | 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. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 9    | RETIE Art17 Num 9.1.1.... | Todos los elementos internos que soportan equipos eléctricos deben estar en condiciones de resistir los esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de falla del sistema. | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |
| 10   | RETIE Art17 Num 9.1.2     | Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro o tierra requeridos.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 11   | RETIE Art 17 Num 9.1.2.   | Se indica la tensión de trabajo del tablero y la capacidad de corriente de los barrajes de las fases, el neutro y la tierra.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 12   | RETIE Art17 Num 9.1.2..   | Se provee de un barraje aislado para los conductores neutros del circuito alimentador y los circuitos derivados.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 13   | RETIE Art17 Num 9.1.2...  | El tablero tiene un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados.   | X      |    |        | X  |               |   |   |           |      |
| 14   | RETIE Art17 Num 9.1.2.... | La instalación del tablero tiene en cuenta el código de colores establecido en la tabla 13 del RETIE e identificar cada uno de los circuitos.  | X      |    |        | X  |               |   | X |           |      |



## A5.SUBESTACIÓN EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN I.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
 LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: Edif. Adm. I TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220/127 CAPACIDAD INSTALADA KVA: 200 kVA  
75 kVA

| Grupo De Lista |                     | Distribucion  | Aplica |    |    | Cumple |   | Inconformidad |   |  | Observac.      | Foto |
|----------------|---------------------|---|--------|----|----|--------|---|---------------|---|--|----------------|------|
| Item           | Requisitos          | Redes Subterranas   | SI     | NO | SI | NO     | G | M             | L |  |                |      |
| 1              | RETIE Art34.2.....  | Las canalizaciones de protección de cables de media y baja tensión cumplen las condiciones y grado de protección adecuados para su uso  | X      |    | X  |        |   |               |   |  |                |      |
| 2              | RETIE Art34.2.....  | La separación entre el borde externo de los conductores y otros servicios como gas, agua, calefacción, vapor, aire comprimido, etc.), es mínimo de 0,2 m o se tomaron las medidas adecuadas cuando no se puede cumplir esta condición |        | X  |    |        |   |               |   |  |                |      |
| 3              | RETIE Art34.2.....  | Se ha tomado las medidas necesarias para que los conductores dentro de los ductos a lo largo de su recorrido mantengan la separación entre circuitos  | X      |    | X  |        | X |               |   |  |                |      |
| 4              | RETIE Art34.2...    | Los empalmes y derivaciones de los conductores debe ser accesibles  | X      |    | X  |        |   |               |   |  | No ha empalmes |      |
| 5              | RETIE Art34.2...    | No existen canalizaciones sobre el nivel del suelo terminado  | X      |    | X  |        |   |               |   |  |                |      |
| 6              | RETIE Art34.2...    | Para cables de enterramiento directo, el fondo de la zanja no es menor a 0,7 m y se han tomado las medidas adecuadas para su protección mecánica y señalización   |        | X  |    |        |   |               |   |  |                |      |
| 7              | RETIE Art34.2.      | Los ductos tienen una pendiente mínima de 1% hacia las cámaras de inspección, en una zanja de profundidad suficiente que permita un recubrimiento no menor a 0,7 m de relleno sobre el ducto  | X      |    | X  |        |   |               |   |  |                |      |
| 8              | RETIE Art34.2       | Las uniones entre conductores aseguran la máxima hermeticidad posible y no alteran su sección transversal   | X      |    | X  |        |   |               |   |  | No ha empalmes |      |
| 9              | Res SIC 224 de 2000 | El color de los ductos subterráneos es de color verde   | X      |    | X  |        |   |               |   |  |                |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/220/127 CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos           | Redes Subterranas   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|----------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |                      |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 10   | RETIE Art34.2.....   | Los ductos metálicos son galvanizados en caliente y están puestos a tierra  |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 11   | RETIE Art34.2.....   | En ductos metálicos se encuentran agrupados todos los conductores de un circuito incluido el de puesta a tierra de equipos  |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 12   | RETIE Art34.2.....   | Los cables subterráneos instalados debajo de construcciones deberán estar alojados en un ducto que salga como mínimo 0,3 m del perímetro de la construcción   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 13   | RETIE Art34.2.....   | En todas las transiciones entre tipos de cables, las conexiones a las cargas, o las derivaciones, deben realizarse en cámaras o cajas de paso, derivación, conexión o salida y son las adecuadas para las funciones específicas | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 14   | RETIE Art34.2.....   | Las cámaras de inspecciones están instaladas en tramos rectos a no más de 40 m entre si   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 15   | RETIE Art17,         | Toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta extra alta tensión, debe disponer de un DPS   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           | ✓    |
| Item | Requisitos           | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L | Observac. | Foto |
| 1    | RETIE Art29.2        | Se apropio del espacio adecuado para la construcción de la subestación y no esta destinado a otros usos   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 2    | NTC 2050 ART 450-22. | Los transformadores tipo seco instalados en exteriores cuentan con encerramientos a prueba de intemperie.   |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 3    | RETIE Art15          | El sistema de puesta a tierra es continuo y adecuado para la corriente de falla a tierra prevista   | X      |    | X      |    |               |   |   |           | ✓    |
| 4    | RETIE Art30,1        | En el transformador esta conectado solidamente a tierra el tanque, el gabinete, el neutro y el núcleo   | X      |    | X      |    |               |   |   |           | ✓    |



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
 LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/270/3x127 CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos           | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.                             | Foto |
|------|----------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|---------------------------------------|------|
|      |                      |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                                       |      |
| 5    | RETIE Art30.4        | En las subestaciones tipo pedestal, si la temperatura exterior supere los 45°C, hay una barrera de protección para evitar quemaduras   | X      |    |        | X  | X             |   |   |                                       |      |
| 6    | NTC 2050 Art 450-25. | Los transformadores utilizados no están aislados con Askarel ni con cualquiera de sus derivados  | X      |    | X      |    |               |   |   |                                       |      |
| 7    | RETIE Art30.2.       | El local de la subestación dentro de una edificación esta ubicado en un lugar de fácil acceso desde exterior para personal calificado y a vehículos de transporte de equipos                                   | X      |    | X      |    |               |   |   |                                       |      |
| 8    | RETIE Art30.2        | Los locales ubicados en sótanos y semisótanos, con el techo debajo de antejardines y paredes que limiten con muros de contención, deben estar impermeabilizados  |        | X  |        |    |               |   |   |                                       |      |
| 9    | RETIE Art29.2...     | En las zonas adyacentes a la subestación no se deben almacenar combustibles  | X      |    | X      |    |               |   |   |                                       |      |
| 10   | RETIE Art29.2...     | No existen canalizaciones de agua, gas natural, gases industriales o combustibles excepto los destinados a la protección contra incendios de la subestación  | X      |    | X      |    |               |   |   | NO existe protección contra incendios |      |
| 11   | RETIE Art17.....     | Existe la placa a la entrada de la subestación con el símbolo de "Peligro Alta Tensión"  | X      |    | X      |    |               |   |   | No es suficiente                      |      |
| 12   | RETIE Art17.....     | Los transformadores refrigerados en aceite no están instalados en niveles o pisos superiores que estén por encima de sitios de habitación, oficinas y en general lugares destinados a la ocupación de personas | X      |    | X      |    |               |   |   |                                       |      |
| 13   | RETIE Art17....      | El transformador esta provisto de su respectiva placa de identificación  | X      |    | X      |    |               |   |   |                                       |      |
| 14   | RETIE Art17...       | Si una persona distinta al fabricante repara o modifica el transformador, se encuentra instalada una placa adicional   | X      |    |        |    |               |   |   |                                       |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: 13200/120/127 CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos          | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto                        |  |
|------|---------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|-----------------------------|--|
|      |                     |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |                             |  |
| 15   | RETIE Art29.2.      | Las subestaciones de distribución secundaria deben asegurar que una persona no pueda acceder a las partes vivas del sistema evitando que sobrepasen las distancia de seguridad propias de los niveles de tensión. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | NO ha barrera de protección |  |
| 16   | RETIE Art17..       | La persona no puede acceder el contacto de la zona energizada ni tocándola de manera directa ni introduciendo objetos que lo puedan colocar en contacto con la línea  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | " "                         |  |
| 17   | RETIE Art17.        | Las celda deben tener medios para controlar los efectos de un arco mediante evacuación de gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o dos metros por encima del frente                                  | X      |    |        | X  |               | X |   |           | NO hay salida               |  |
| 18   | RETIE Art17..       | Las celdas tienen puertas o tapas con un seguro para permanecer cerradas  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | " "                         |  |
| 19   | RETIE Art17. ..     | Las piezas susceptibles de desprenderse en las celdas deben estar firmemente aseguradas.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | " "                         |  |
| 20   | RETIE Art17.,       | Las celdas deben estar eficazmente puestos a tierra   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | " "                         |  |
| 21   | RETIE Art30.2.,     | Las cubiertas y puertas no deben permitir el acceso de personal no calificado   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | NO ha barrera               |  |
| 22   | RETIE Art30.2:      | Existe una indicación ligada directamente a la posición de contactos de los elementos de interrupción y seccionamiento  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           | NO ha seccionamiento        |  |
| 23   | Tabla 430-3 (a)     | Los transformadores mayores de 600V cuentan con dispositivos de protección de sobrecorriente en el primario y secundario y están adecuadamente dimensionadas  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |                             |  |
| 24   | NTC 2050 Art 450-26 | Los transformadores refrigerados en aceite para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)  |        | X  |        |    |               |   |   |           |                             |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos              | Subestaciones De Media Tension Tipo Inferior   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|-------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |                         |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 25   | NTC 2050 Art 450-21...  | Los transformadores de tipo seco de mas de 112,5 kVA para interiores están instalados en bóvedas de transformadores con resistencia al fuego de mínimo 3 h (ver excepciones)                       |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 26   | NTC 2050 Art 450-41     | Las Bóvedas para transformadores cuentan con la ventilación del aire exterior  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 27   | RETIE Art29.2...        | Los materiales utilizados para la construcción de la bóveda aseguran una resistencia al fuego mínimo de tres horas   |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 28   | NTC 2050 Art 450-43 (a) | Los vanos de puertas que lleven desde el interior de la edificación hasta a la bóveda están protegidos con una puerta cortafuego con resistencia al fuego de tres horas                            |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 29   | NTC 2050 Art 450-43 (b) | Los vanos de puertas cuentan con brocales adecuados para recoger dentro de la bóveda el aceite de transformador mas grande que pudiere haber   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 30   | NTC 2050 Art 450-27     | Se han tomado las medidas adecuadas en la bóveda del transformador para confinar el posible derrame de aceite dieléctrico en la bóveda cuando las regulaciones ambientales no permitan su drenaje. | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 31   | NTC 2050 Art 450-43 (c) | Las puertas tienen cerraduras y tienen apertura hacia fuera y están dotadas de barras antipánico   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 32   | NTC 2050 Art 450-45     | La bóveda cuenta con las aberturas de ventilación suficientes y están apropiadamente ubicadas  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 33   | NTC 2050 Art 300-21...  | Todas las aberturas alrededor de cables que atraviesan los muros de la bóveda del transformador están protegidos contra el fuego mediante métodos adecuados  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 34   | RETIE Art29.2.          | El encerramiento de cada unidad funcional deberá ser conectado al conductor de tierra de protección.   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
 LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |  | Puesta a Tierra y equipotencializador   |        |    |        |    |               |   |   |           |                 |  |
|----------------|--|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|-----------------|--|
| Item           | Requisitos                               | Acometida   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto            |  |
|                |  |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |                 |  |
| 1              | RETIE Art 15, Num 3.3.1, Tab. 22         | Los electrodos de puesta a tierra cumplen lo dispuesto en el articulo 15 del RETIE numeral 3,1 "electrodos de puesta a tierra"                        | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                 |  |
| 2              | NTC 2050 Art 250-94.                     | El conductor del electrodo de puesta a tierra tiene el calibre adecuado   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                 |  |
| 3              | NTC 2050 Art 250-92 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra esta protegido y asegurado  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                 |  |
| 4              | NTC 2050 Art 250-92 (b)                  | La canalización metálica del conductor del electrodo de puesta a tierra esta equipotencializado en sus dos extremos                                   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |                 |  |
| 5              | NTC 2050 Art 250-91 (a)                  | El conductor del electrodo de puesta a tierra no tiene empalmes o si los tiene están ejecutados con métodos probados o certificados                   | X      |    | X      |    |               |   |   |           | No han empalmes |  |
| 6              | NTC 2050 Art 250-83 (c)                  | Los electrodos de puesta a tierra tienen las dimensiones adecuadas y se encuentra instalados de manera apropiada                                      | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                 |  |
| 7              | NTC 2050 Art 250-112, RETIE Art 15 Núm 2 | La conexión al electrodo de puesta a tierra es accesible e inspeccionable (tiene caja de inspección es de 30x30 cm en instalaciones domiciliarias)    | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                 |  |
| 8              | 250-115, RETIE Art 15 Núm 2              | La conexión al electrodo de puesta a tierra utiliza métodos aprobados o los conectores usados corresponden con los certificados de producto recibidos | X      |    | X      |    |               |   |   |           |                 |  |
| 9              | NTC 2050 Art 250-80 (a)                  | Las tuberías metálicas de agua expuestas dentro de la edificación están equipotencializadas.  |        |    | X      |    |               |   |   |           |                 |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                              | Puesta a Tierra y equipotencializacion  |        |    |        |    |               |   |   | Observac. | Foto |
|----------------|------------------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
| Item           | Requisitos                   | Acometida   | Aplica |    | Cumple |    | inconformidad |   |   |           |      |
|                |                              |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 10             | NTC 2050 Art 250-79.         | El calibre, tipo e instalación del puente equipotencial principal es el adecuado.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 11             | NTC 2050 Art 250-72 y 250-75 | Las canalizaciones y encerramientos metálicos de la acometida están correctamente equipotencializados.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 12             | 250-72 y 250-94              | El calibre de los puentes equipotenciales en el equipo de acometida son los adecuados.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 13             | NTC 2050 Art 250-23 (b)      | El calibre del conductor puesto a tierra de la acometida es el adecuado.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 14             | NTC 2050 Art 250-26.         | Los sistemas derivados independientes están apropiadamente puestos a tierra, tienen puente de conexión equipotencial y conexión a un electrodo de puesta a tierra.                | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 15             | NTC 2050 Art 250-80          | Las tuberías metálicas de agua expuestas, en el área de los sistemas derivados independientes están equipotencializados.  |        | X  |        |    |               |   |   |           |      |
| 16             | RETIE Art40 IEE LGAIUF       | Existe un único puente equipotencial principal en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte y esta lo mas cerca posible a la acometido o al transformador. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos  | Inspeccion SPT Transformacion y distribución   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac.       | Foto |
|------|---|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------------|------|
|      |   |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |                 |      |
| 1    | RETIE Art 15, NTC 2050 Art 250-80                   | Los elementos metalicos que no forman parte de las instalaciones electricas no son incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra.   | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |
| 2    | RETIE Art15, Num2, Par3, NTC 2050 Art 250-81        | Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puesta a tierra deben ser realizadas mediante soldadura exotermica o conectores certificados para es uso.                              | X      |    | X      |    |               |   |   | NO ha CONECTADO |      |
| 3    | RETIE Art15, NTC 2050 Art250-83 Num e               | Los electrodos de puesta a tierra no son de aluminio.  | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |
| 4    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los componentes que forma parte del sistema de puesta a tierra de la subestación estan debidamente equipotencializados.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |                 |      |
| 5    | RETIE Art15, NTC 2050 Art 250-83 Num c              | Todos los electrodos se encuentra enterrados en su totalidad.  | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |
| 6    | RETIE Art15, Num3, 3.1, NTC 2050 Art 250-112        | El punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la tierra son accesibles, la parte superior del electrodo enterrado debe quedar mínimo a 15 cm de la superficie. | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |
| 7    | RETIE Art15, Num3, 3.3, Par3, NTC 2050 250-91 num a | Los conductores de puesta a tierra deben ser contin.uos, sin interruptores o medios de desconexión y cuando se empalman, de emplean las técnicas adecuadas o métodos certificados.       | X      |    | X      |    |               |   |   |                 |      |
| 8    | RETIE Art15, Num4, Tab25                            | El valor de la resistencia de puesta a tierra no es mayor al indicado en la tabla 25 del Reglamento.   | X      |    | X      | X  |               |   |   | 15.11           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Grupo De Lista |                             | Transformacion   |        |    |        |    |               |   |   |           |      | Observac. | Foto                                      |  |
|----------------|-----------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|-----------|---|--|
| Item           | Requisitos                  | Celda en Media Tension   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |           |   |  |
|                |                             |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |           |   |  |
| 1              | RETIE Art17 9.2             | La celda de media tensión tiene adherida de manera clara, permanente y visible, la siguiente información: Tensión(es) nominal(es) de operación, Corriente nominal de operación, Número de fases, Marca registrada del fabricante, El símbolo de riesgo electrico | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |           | No aplica<br>Celda de<br>media<br>tension |  |
|                |                             | <b>Distancia de seguridad</b>  | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   |           |      |           |   |  |
| 1              | RETIE Art31, Fig20 y Fig20A | Las zonas dedicadas a circulación de personal son claramente identificables en el patio de la subestación.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |           |   |  |
| 2              | RETIE Art29                 | La distancia que delimita la zona de seguridad para circulación de personal es mayor a 2,5 m en toda su extensión.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |           |   |  |
| 3              | RETIE Art29, Tab44          | La distancia de seguridad en zonas de circulación de personas es la adecuada para la tensión de la instalación y cumple con los dispuesto en la tabla 44 del RETIE.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |           |   |  |
| 4              | RETIE Art29, Tab44.         | En las zonas de trabajo, la distancia vertical de seguridad medida desde plano de trabajo es la adecuada para la tensión de la Subestación.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |           |   |  |
| 5              | RETIE Art29, Tab44.         | En las zonas de trabajo la distancia de seguridad horizontal es la adecuada para la tensión de la Subestación.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |           |   |  |
| 6              | RETIE Art29, Tab44...       | Las zonas de seguridad en las zonas de trabajo estan delimitadas por 1,75 m medidos horizontalmente desde el equipo y 1,25 m medidos verticalmente desde el plano de trabajo.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |           |   |  |
| 7              | RETIE Art29, Tab44....      | En las zonas de circulación de vehiculos, la distancia de seguridad es la adecuada para la tensión de la subestación y de acuerdo a la distancia de galibo supuesta.   | X      | X  |        |    |               |   |   |           |      |           |   |  |
| 8              | RETIE Art29, Tab45          | Los cercos o paredes que son instalados como barreras para el personal no autorizado, estan colocados de tal manera que las partes expuestas energizadas queden por fuera de la zona de seguridad.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |           |   |  |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos                            | Tablero de Baja Tension   | Aplica |    | Cumple |    | Inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|---------------------------------------|---|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |                                       |   | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 1    | RETIE Art17 Num9,                     | Toda parte conductora de corriente debe ser rígida y construida en plata, una aleación de plata,cobre.No se debe utilizar hierro o acero en una parte que a conducir corriente.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 2    | RETIE Art17 Num9. NTC 2050 Art 384-30 | Los encerramientos de estos tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión.   | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 3    | RETIE Art17 Num9..                    | Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm,liquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo.                 | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 4    | RETIE Art17 Num9...                   | Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado.  | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |
| 5    | RETIE Art17 Num9.1.1                  | los barrajes se deben utilizar tornillos de acero, tuercas y clavijas de conexión.  | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 6    | RETIE Art17 Num 9.1.1.                | La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la proyectada para losconductores del alimentador del tablero. Todos los barrajes, incluido el del neutro y el de tierra se deben montar sobre aisladores.          | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 7    | RETIE Art17 Num 9.1.1..               | La disposición de las fases de los barrajes en los tableros trifásicos, debe ser A, B, C, tomada desde el frente hasta la parte posterior; de la parte superior a la inferior, o de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero. | X      |    | X      |    | X             |   |   |           |      |



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE**



PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
 TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

| Item | Requisitos                 | Tablero de Baja Tension  | Aplica |    | Cumple |    | inconformidad |   |   | Observac. | Foto |
|------|----------------------------|--|--------|----|--------|----|---------------|---|---|-----------|------|
|      |                            |  | SI     | NO | SI     | NO | G             | M | L |           |      |
| 8    | RETIE Art17 Num 9.1.1....  | 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. | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 9    | RETIE Art17 Num 9.1.1....  | Todos los elementos internos que soportan equipos eléctricos deben estar en condiciones de resistir los esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de falla del sistema. | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |
| 10   | RETIE Art17 Num 9.1.2      | Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro o tierra requeridos.  | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 11   | RETIE Art 17 Num 9.1.2.    | Se indica la tensión de trabajo del tablero y la capacidad de corriente de los barrajes de las fases, el neutro y la tierra.   | X      |    |        | X  | X             |   |   |           |      |
| 12   | RETIE Art17 Num 9.1.2..    | Se provee de un barraje aislado para los conductores neutros del circuito alimentador y los circuitos derivados.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 13   | RETIE Art17 Num 9.1.2....  | El tablero tiene un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados.   | X      |    | X      |    |               |   |   |           |      |
| 14   | RETIE Art17 Num 9.1.2..... | La instalación del tablero tiene en cuenta el código de colores establecido en la tabla 13 del RETIE e identificar cada uno de los circuitos.  | X      |    |        | X  |               | X |   |           |      |



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
LISTA DE CHEQUEO SUBESTACIONES ELECTRICAS BAJO RETIE

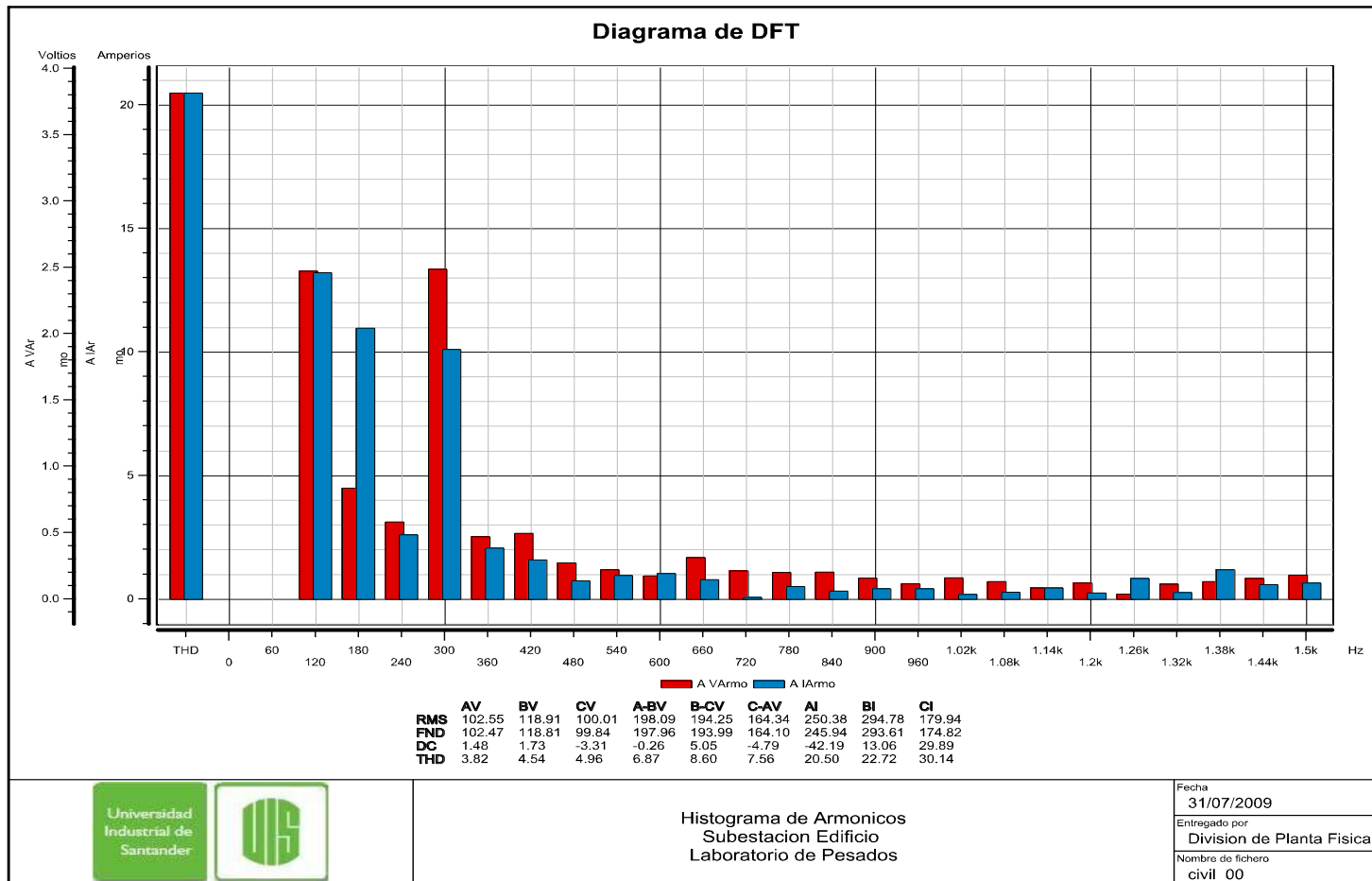


PROPIETARIO: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UBICACION: \_\_\_\_\_ TIPO DE INSTALACION: TRANSFORMACION  
TENSION: \_\_\_\_\_ CAPACIDAD INSTALADA KVA: \_\_\_\_\_

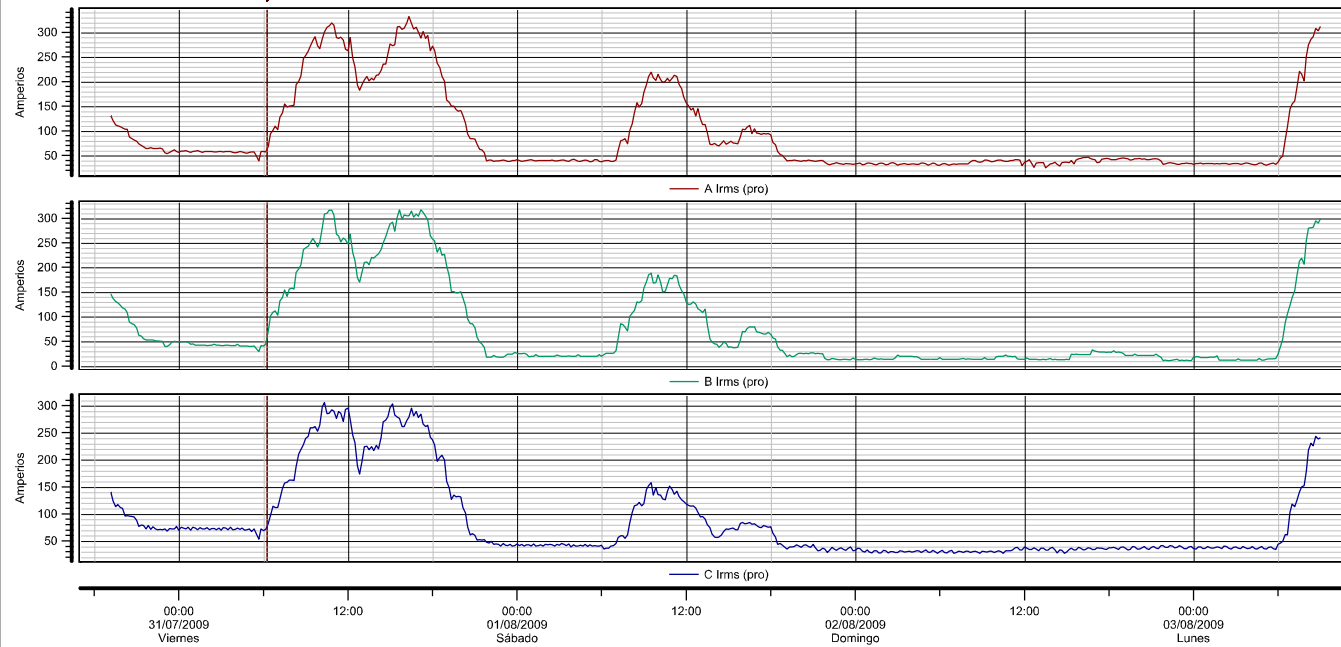
| Observaciones, Modificaciones y Advertencias Especiales (Si las hay) |             |
|--|-------------|
| Nro  | descripcion |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |
|  |             |

## Anexo B. Análisis de Armónicos, Curvas de Demanda y Variables Eléctricas

### B1 SUBESTACIÓN EDF. LABORATORIO DE PESADOS – ING CIVIL.



### Diagrama de tendencias



### Diagrama de tendencias

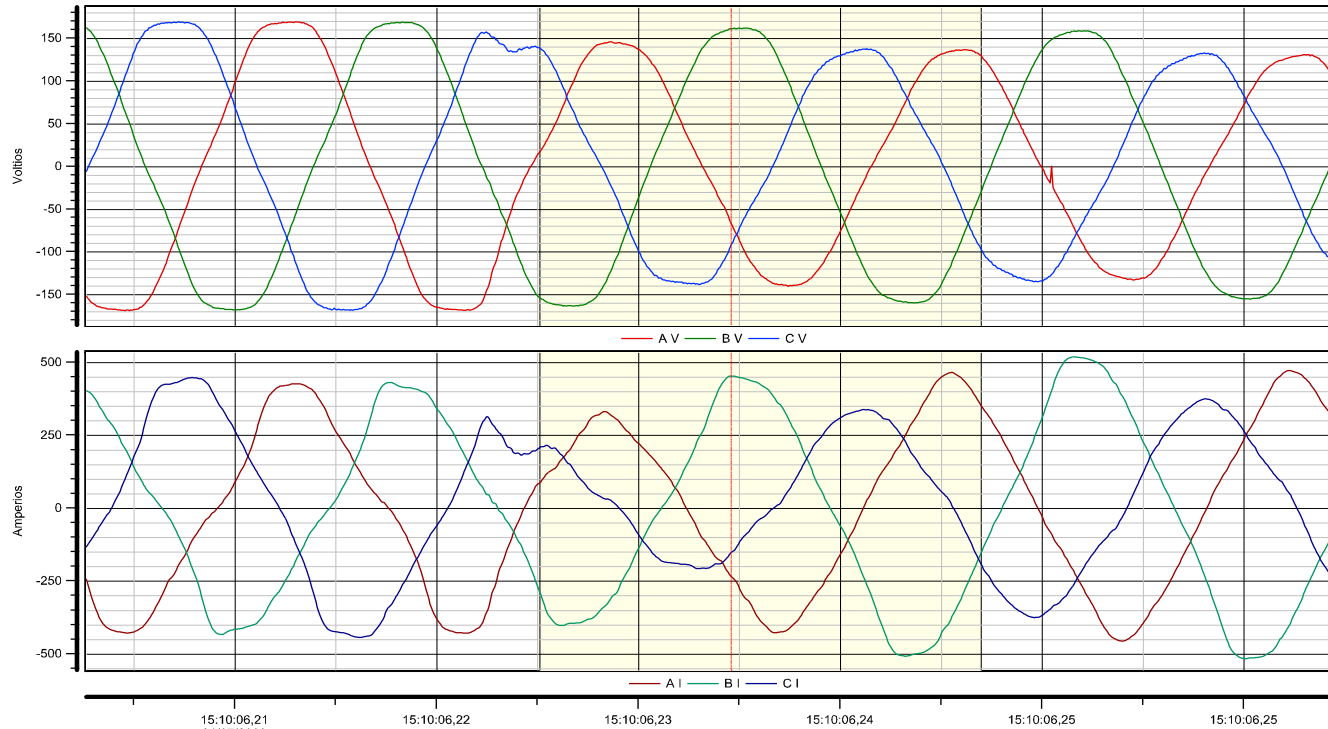
|               | Min   | Máx   | Pro   |
|---------------|-------|-------|-------|
| <b>A Irms</b> | 25.48 | 331.2 | 90.30 |
| <b>B Irms</b> | 10.92 | 317.0 | 75.50 |
| <b>C Irms</b> | 26.79 | 305.5 | 84.54 |



Subestacion Edificio  
Laboratorio de Pesados

Fecha  
31/07/2009  
Entregado por  
Division de Planta Fisica  
Nombre de fichero  
civil\_00

**Diagrama de forma de onda/detalles**



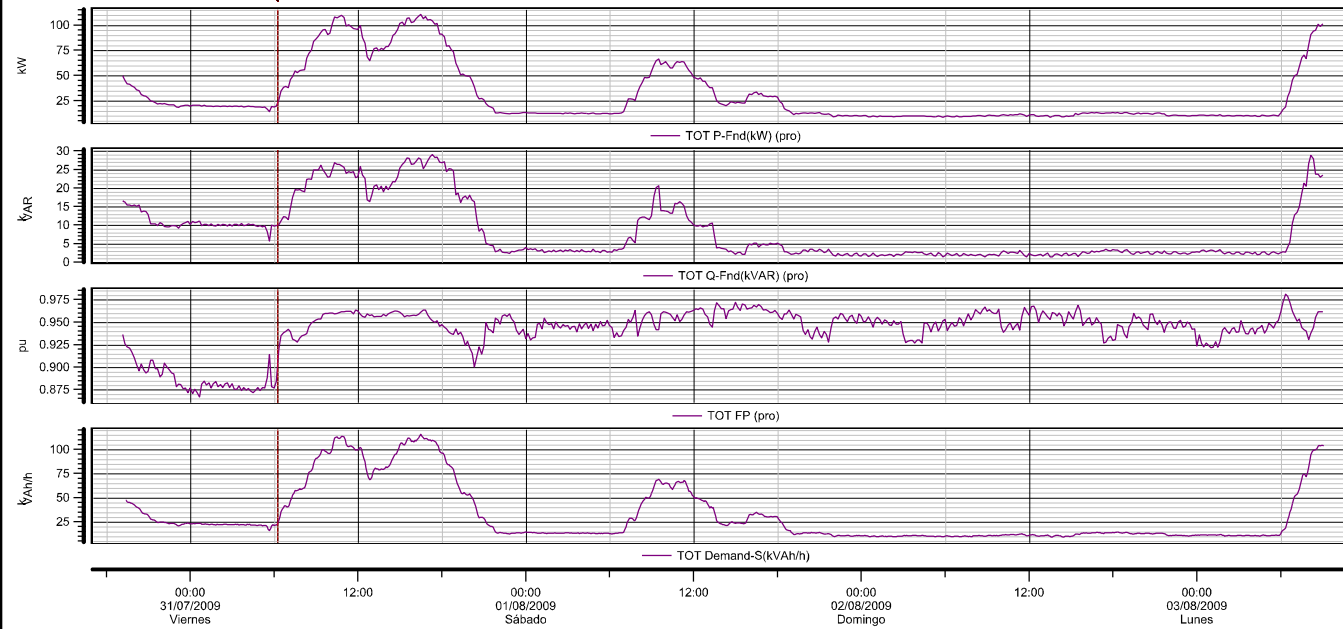
**Diagrama de forma de onda/detalles**



Formas de Onda  
Subestacion Edificio  
Laboratorio de Pesados

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Fecha             | 31/07/2009                |
| Entregado por     | Division de Planta Fisica |
| Nombre de fichero | civil_00                  |

### Diagrama de tendencias



### Diagrama de tendencias

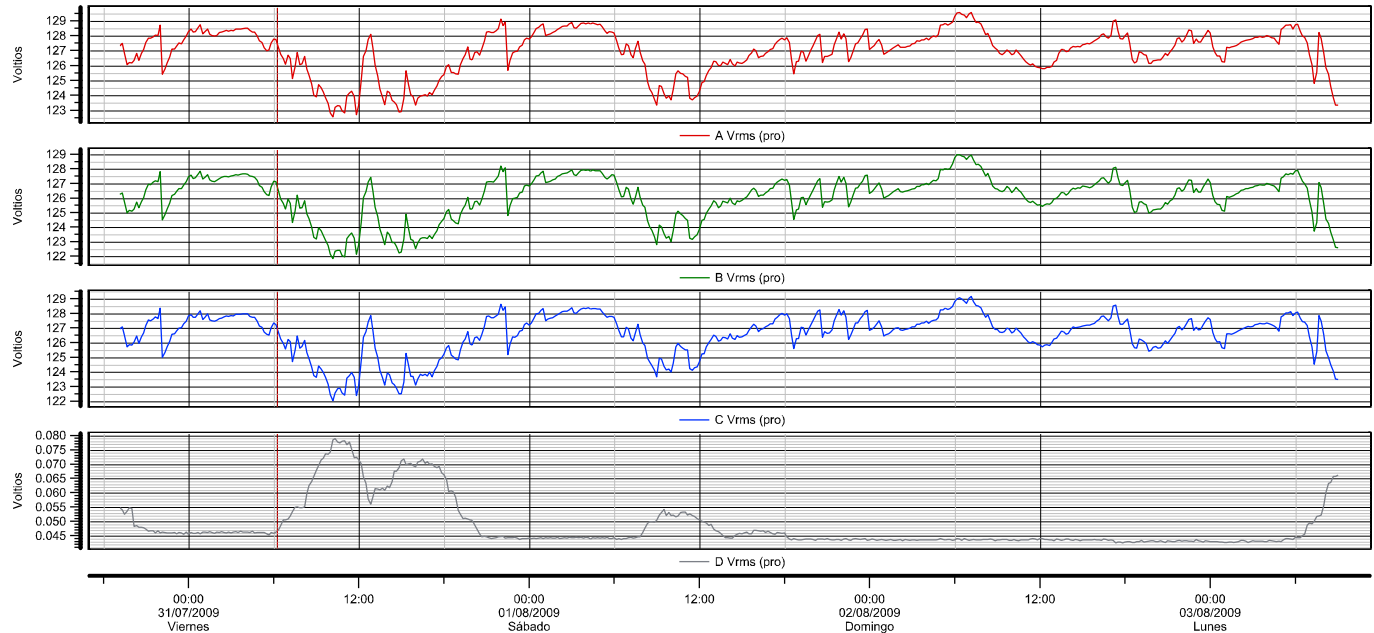
|                      | Min    | Máx    | Pro    |
|----------------------|--------|--------|--------|
| TOT P-Fnd(kW)        | 8.660  | 110.4  | 29.72  |
| TOT Q-Fnd(kVAR)      | 1.321  | 29.06  | 8.158  |
| TOTFP                | 0.8666 | 0.9808 | 0.9411 |
| TOT Demand-S(kVAh/h) | 9.062  | 115.5  | 31.41  |



Subestacion Edificio  
Laboratorio de Pesados

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Fecha             | 31/07/2009                |
| Entregado por     | Division de Planta Fisica |
| Nombre de fichero | civil_00                  |

### Diagrama de tendencias



### Diagrama de tendencias

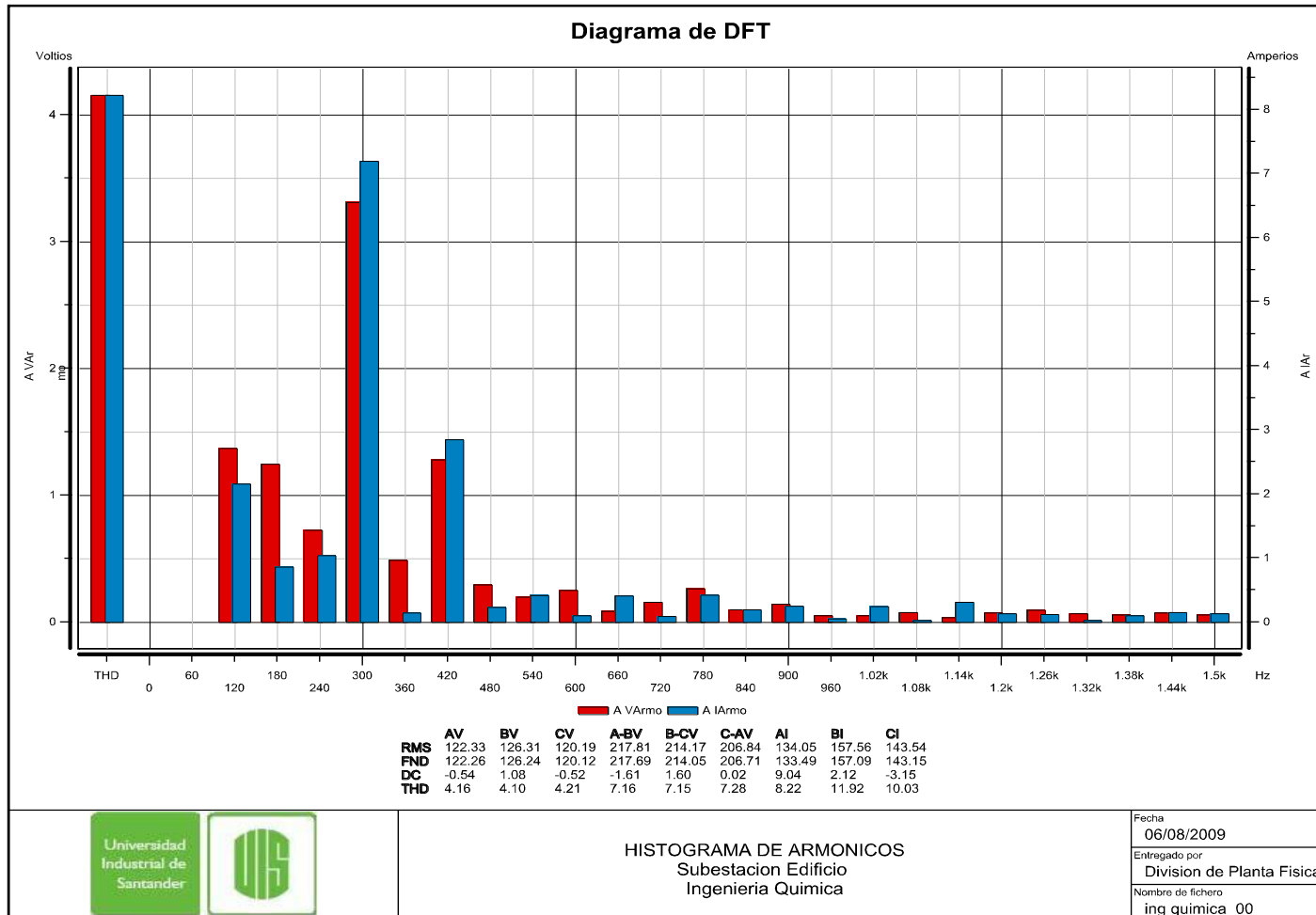
|              | Min     | Máx     | Pro     |
|--------------|---------|---------|---------|
| <b>AVrms</b> | 122.6   | 129.5   | 126.9   |
| <b>BVrms</b> | 121.8   | 129.0   | 126.1   |
| <b>CVrms</b> | 122.0   | 129.1   | 126.6   |
| <b>DVrms</b> | 0.04249 | 0.07888 | 0.04833 |



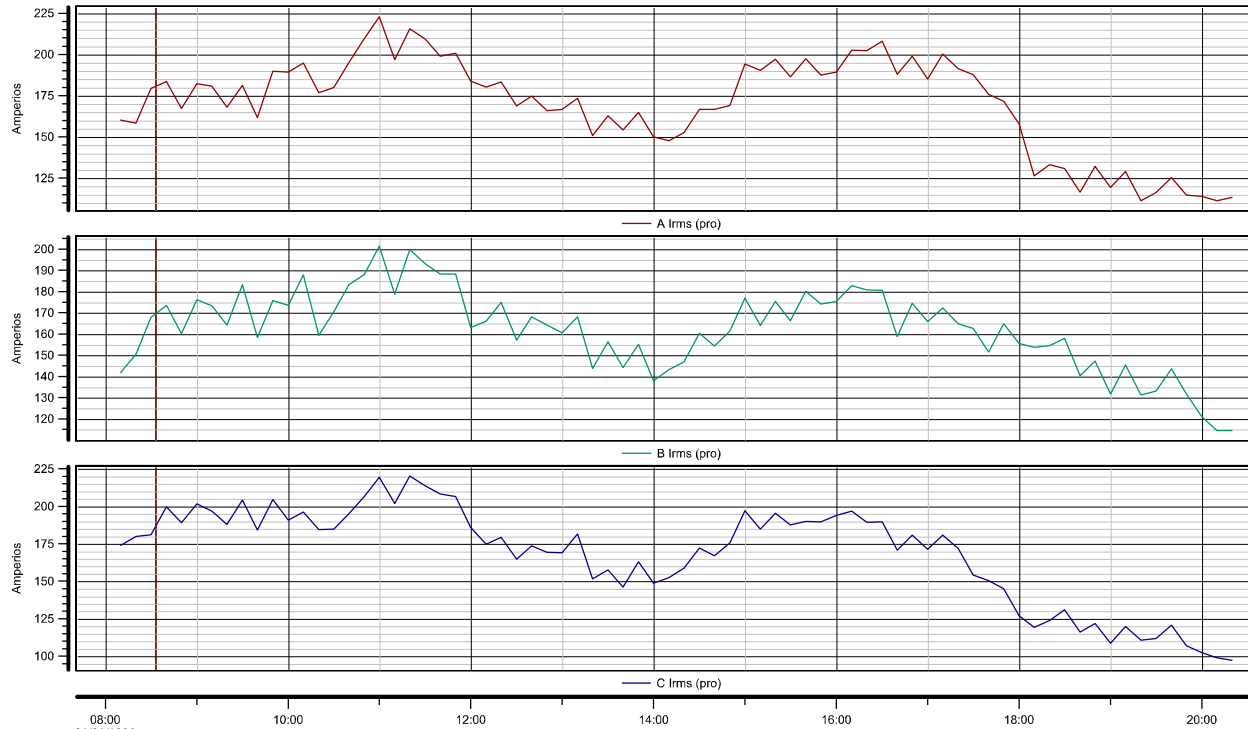
Formas de Onda  
Subestacion Edificio  
Laboratorio de Pesados

Fecha  
31/07/2009  
Entregado por  
Division de Planta Fisica  
Nombre de fichero  
civil\_00

## B2 SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA.



### Diagrama de tendencias



08:00  
06/08/2009  
Jueves

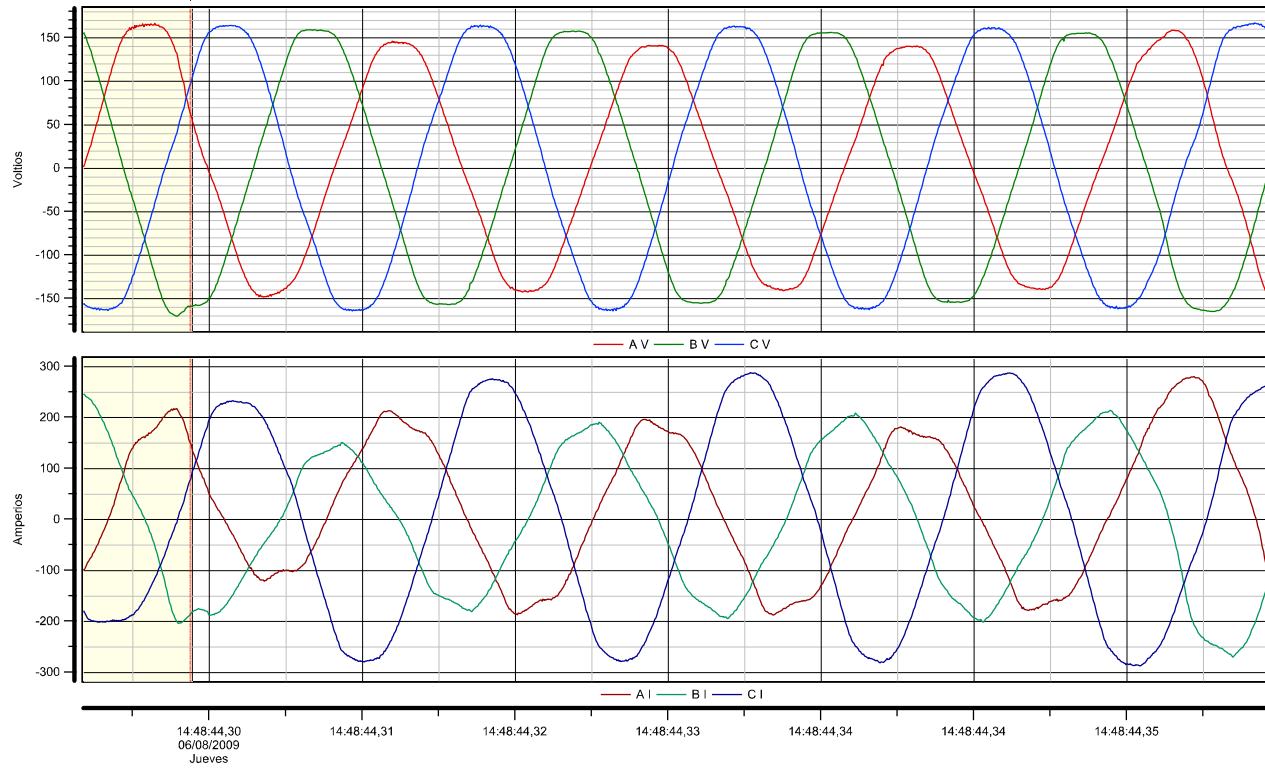
Evento #1 a 06/08/2009 08:32:47.000  
A Irms, B Irms, C Irms Intensidad Disparo (Lecturas de tendencias) Normal a Muy Alto



Perfil de Corrientes  
Subestacion Edificio  
Ingenieria Quimica

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Fecha             | 06/08/2009                |
| Entregado por     | Division de Planta Fisica |
| Nombre do fichero | ing quimica_00            |

### Diagrama de forma de onda/detalles



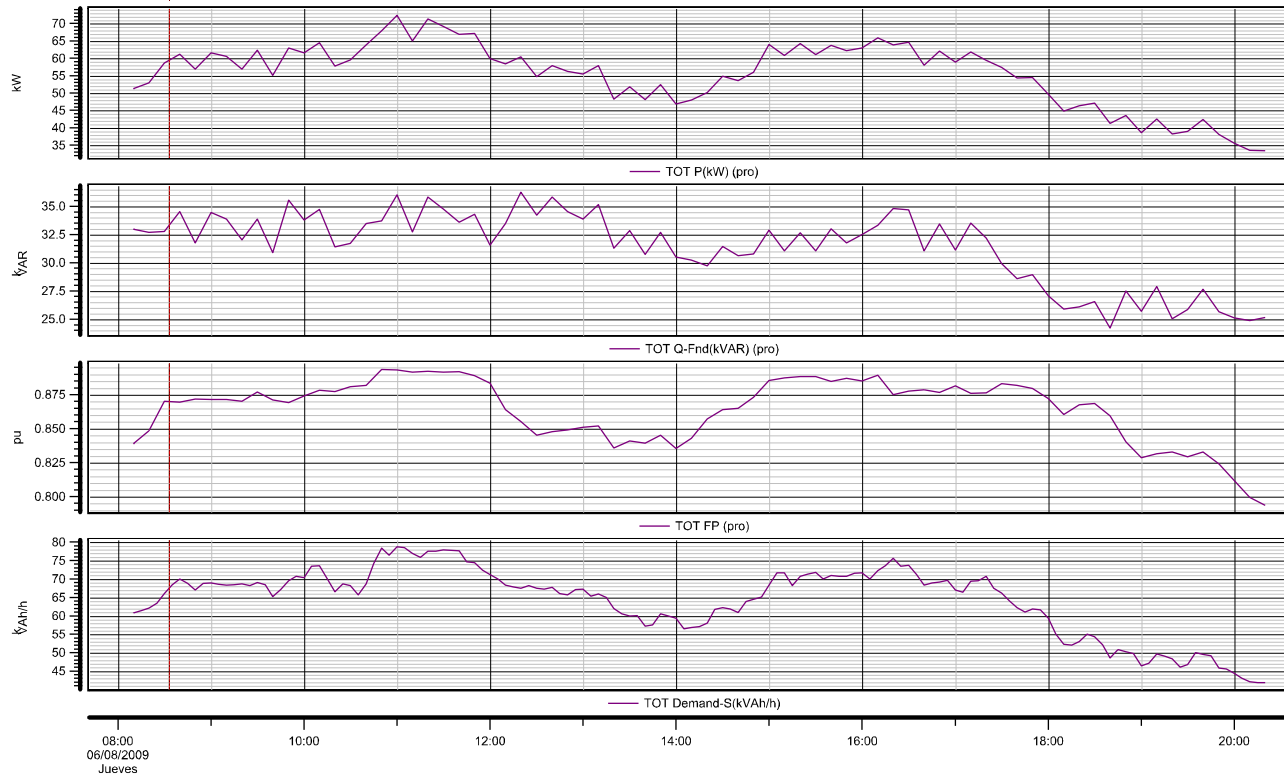
### Diagrama de tendencias



HISTOGRAMA DE ARMONICOS  
Subestacion Edificio  
Ingenieria Quimica

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Fecha             | 06/08/2009                |
| Entregado por     | Division de Planta Fisica |
| Nombre de fichero | ing quimica_00            |

### Diagrama de tendencias



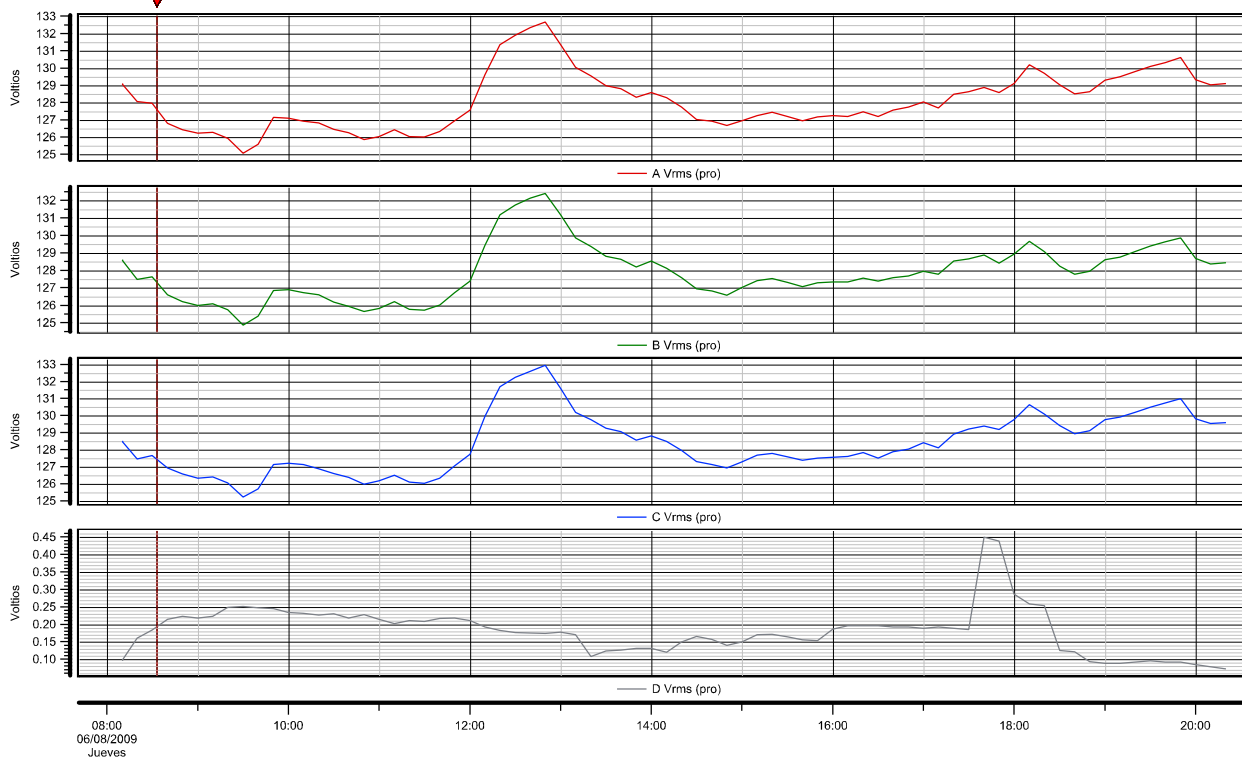
Evento #1 a 06/08/2009 08:32:47,000  
 Airms, Birms, Cirms Intensidad Disparo (Lecturas de tendencias) Normal a Muy Alto



Perfil de Carga  
 Subestacion Edificio  
 Ingenieria Quimica

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Fecha             | 06/08/2009                |
| Entregado por     | Division de Planta Fisica |
| Nombre de fichero | ing quimica_00            |

### Diagrama de tendencias



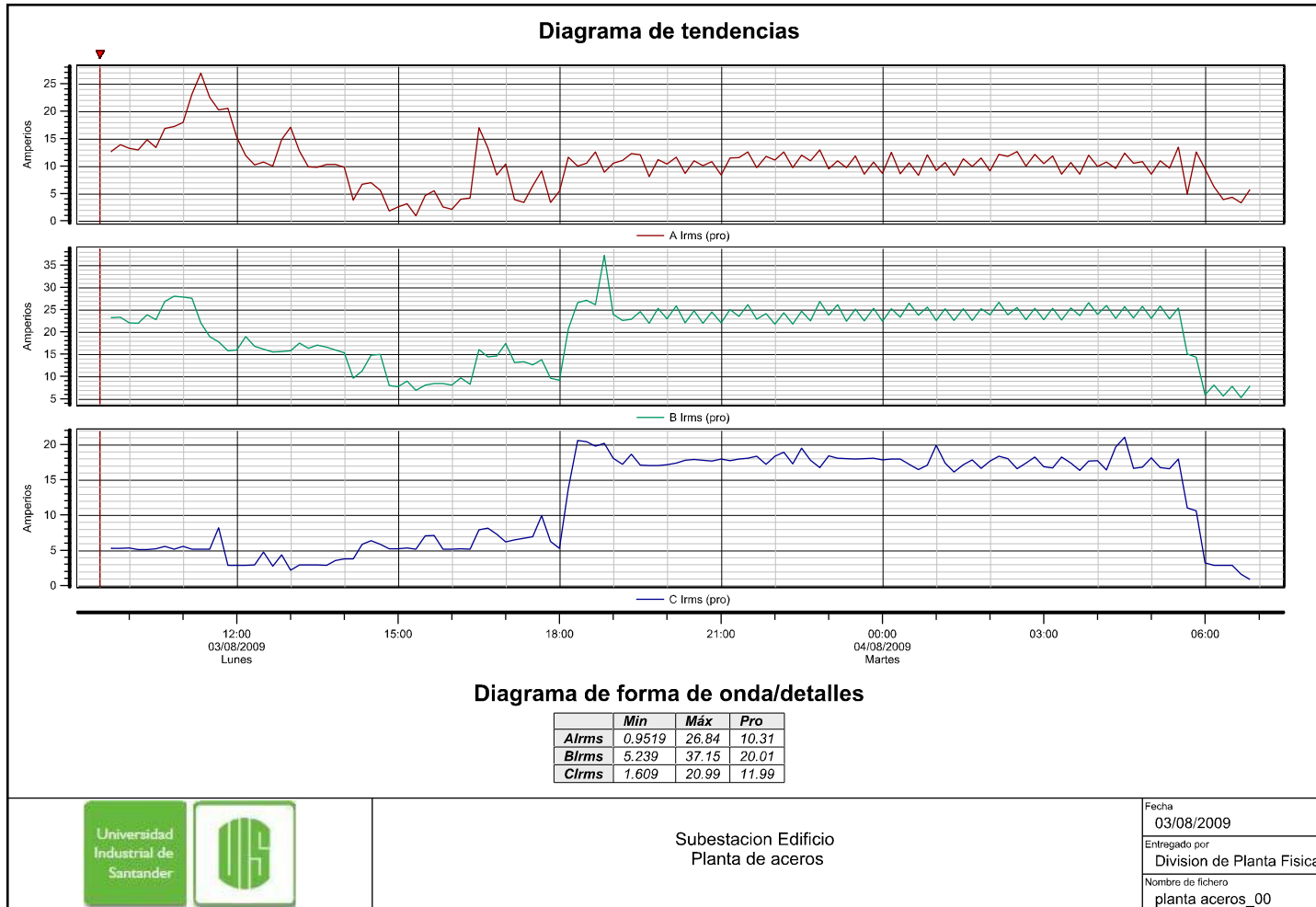
Evento #1 a 06/08/2009 08:32:47.000  
 Alrms, Blrms, Clrms Intensidad Disparo (Lecturas de tendencias) Normal a Muy Alto

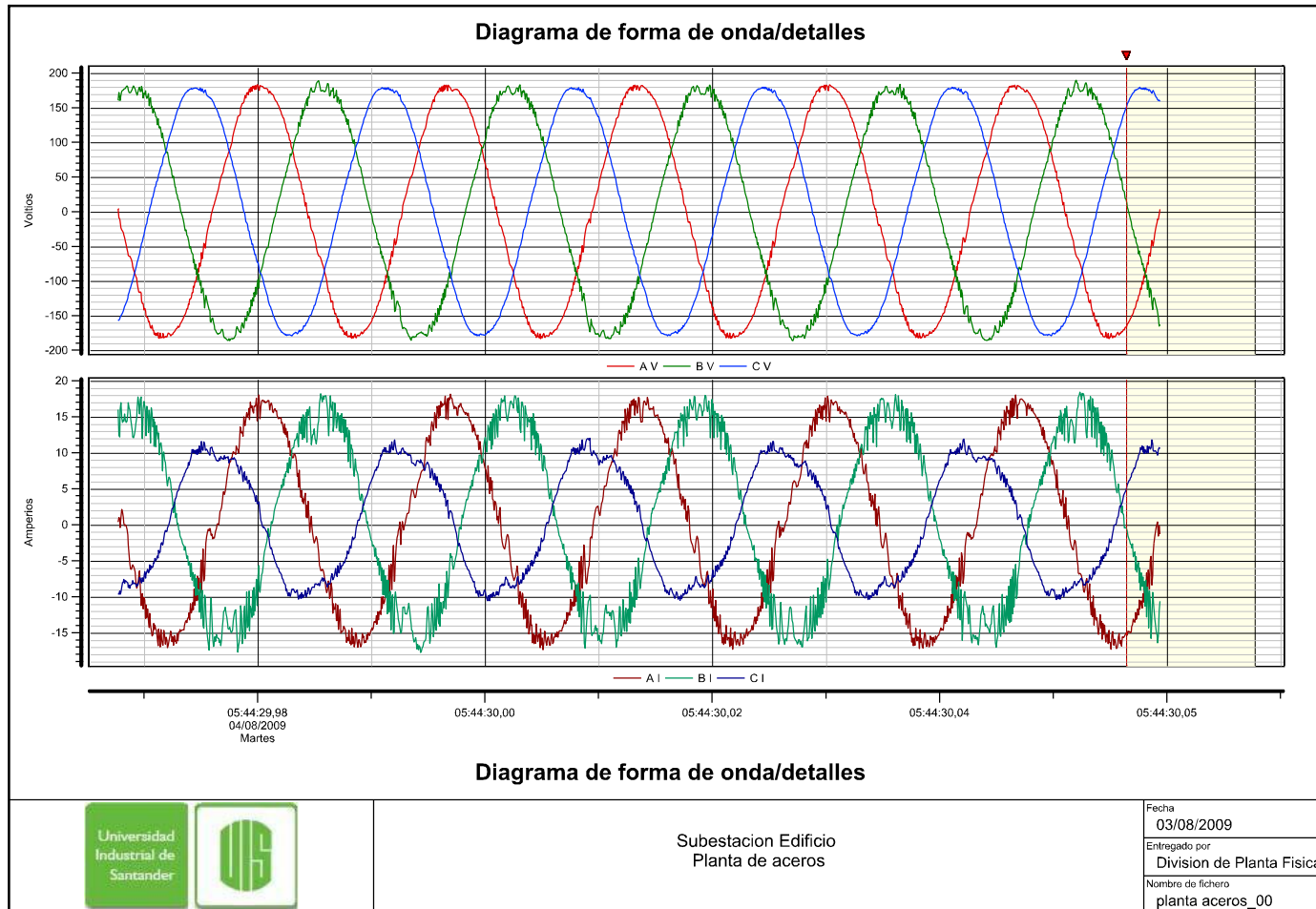


Perfil de Tension  
 Subestacion Edificio  
 Ingenieria Quimica

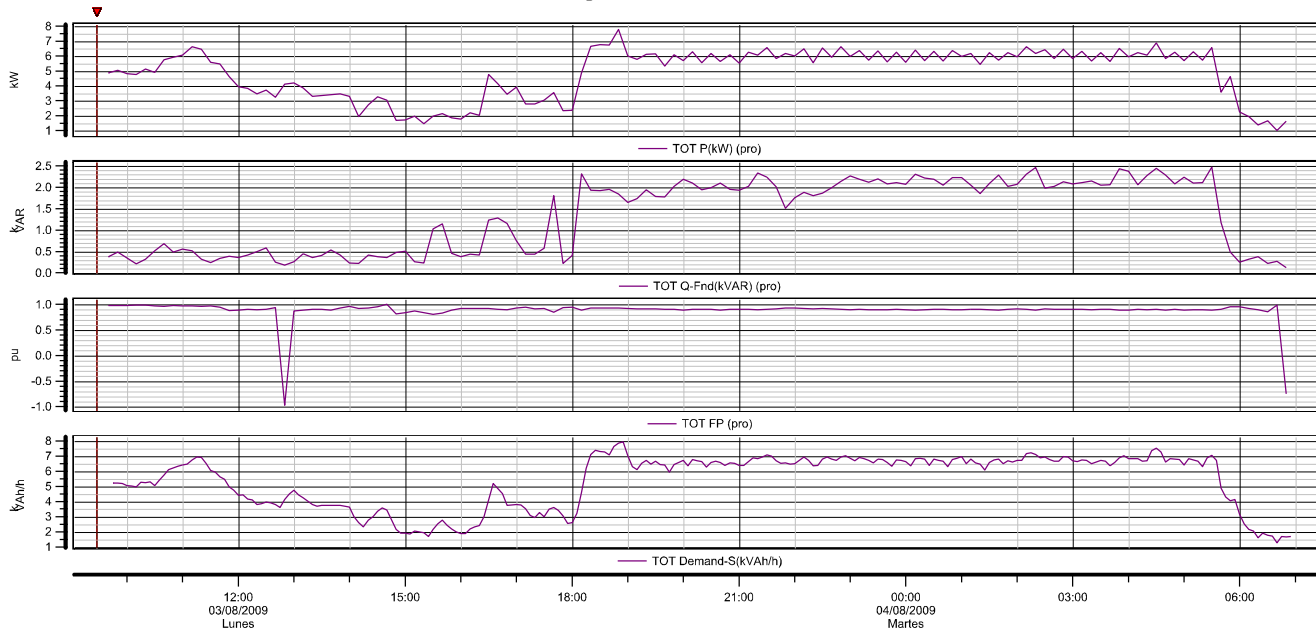
Fecha  
 06/08/2009  
 Entregado por  
 Division de Planta Fisica  
 Nombre de fichero  
 ing quimica\_00

### B3 SUBESTACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS.





### Diagrama de tendencias



### Diagrama de forma de onda/detalles

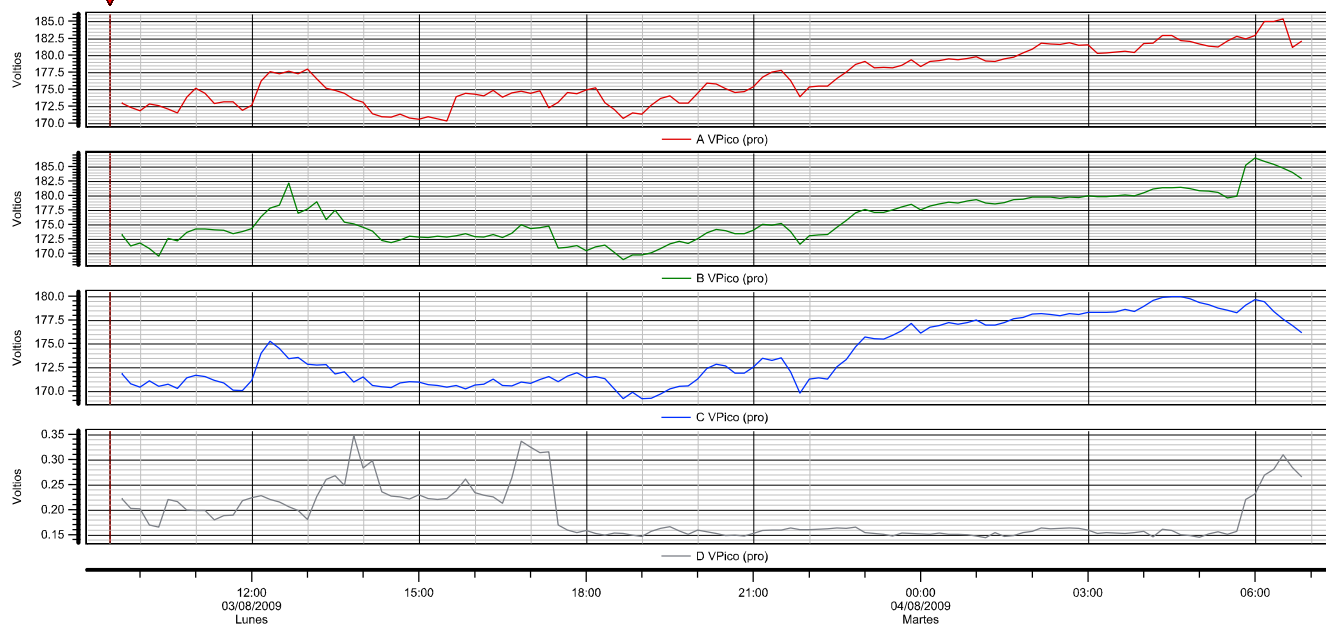
|                     | Min     | Máx    | Pro    |
|---------------------|---------|--------|--------|
| TOTP(kW)            | 1.017   | 7.780  | 4.906  |
| TOTQ-Fnd(kVAR)      | 0.1827  | 2.475  | 1.356  |
| TOTFP               | -0.9754 | 0.9999 | 0.8960 |
| TOTDemand-S(kVAh/h) | 1.271   | 7.934  | 5.355  |



Subestacion Edificio  
Planta de aceros

Fecha  
03/08/2009  
Entregado por  
Division de Planta Fisica  
Nombre de fichero  
planta aceros\_00

### Diagrama de tendencias



### Diagrama de forma de onda/detalles

|               | Min    | Máx    | Pro    |
|---------------|--------|--------|--------|
| <b>AVPico</b> | 170.3  | 185.3  | 176.6  |
| <b>BVPico</b> | 168.9  | 186.5  | 175.9  |
| <b>CVPico</b> | 169.2  | 179.9  | 173.8  |
| <b>DVPico</b> | 0.1438 | 0.3471 | 0.1885 |



Subestacion Edificio  
Planta de aceros

Fecha  
03/08/2009  
Entregado por  
Division de Planta Fisica  
Nombre de fichero  
planta aceros\_00

Diagrama de Armonicos - señal de corriente

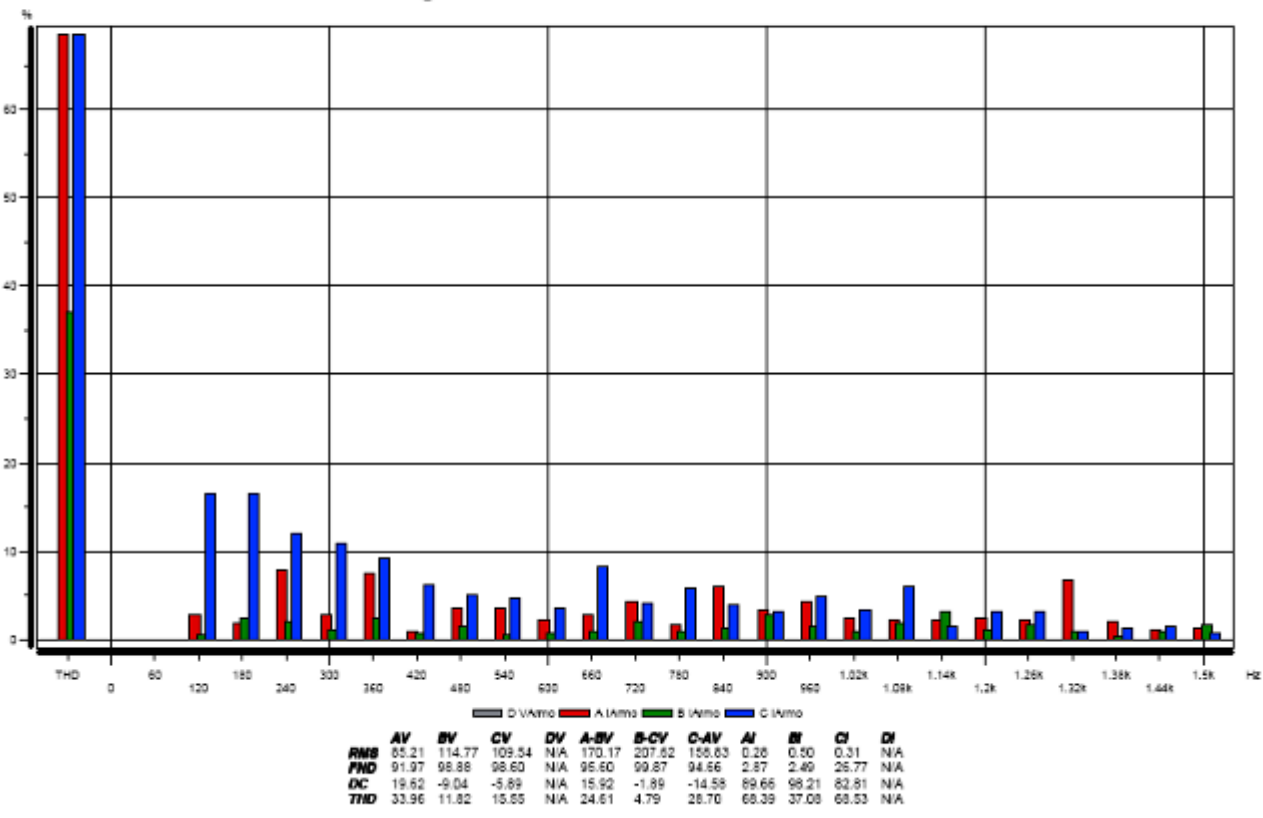
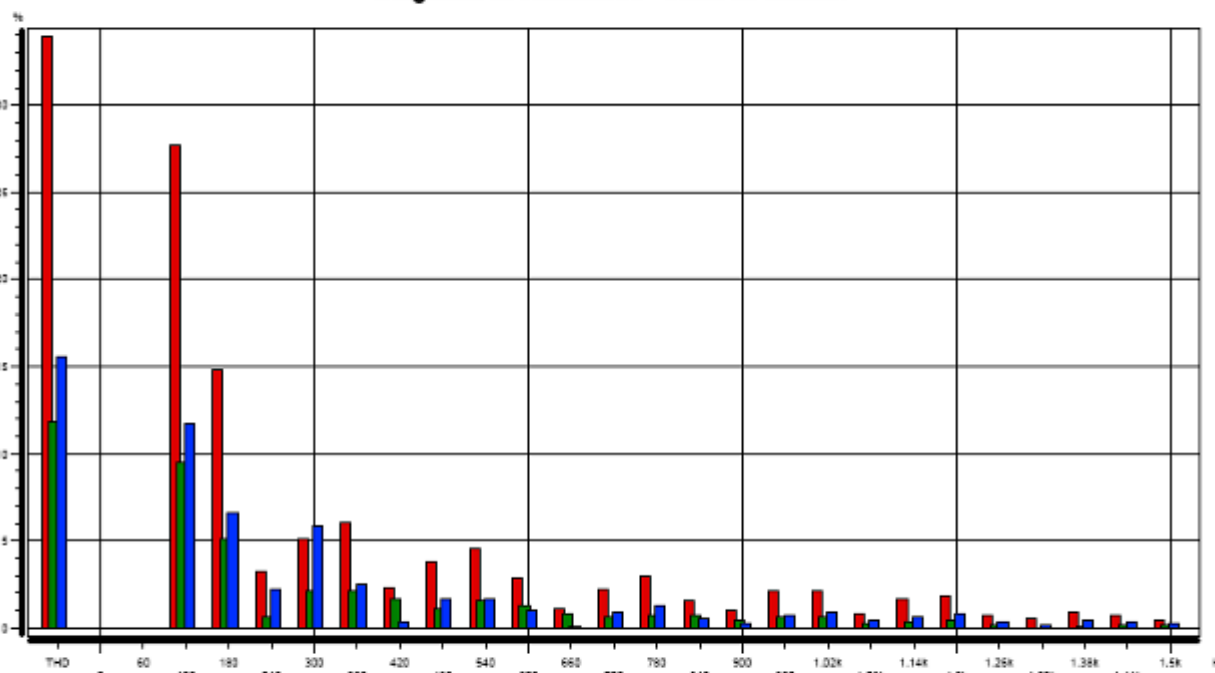


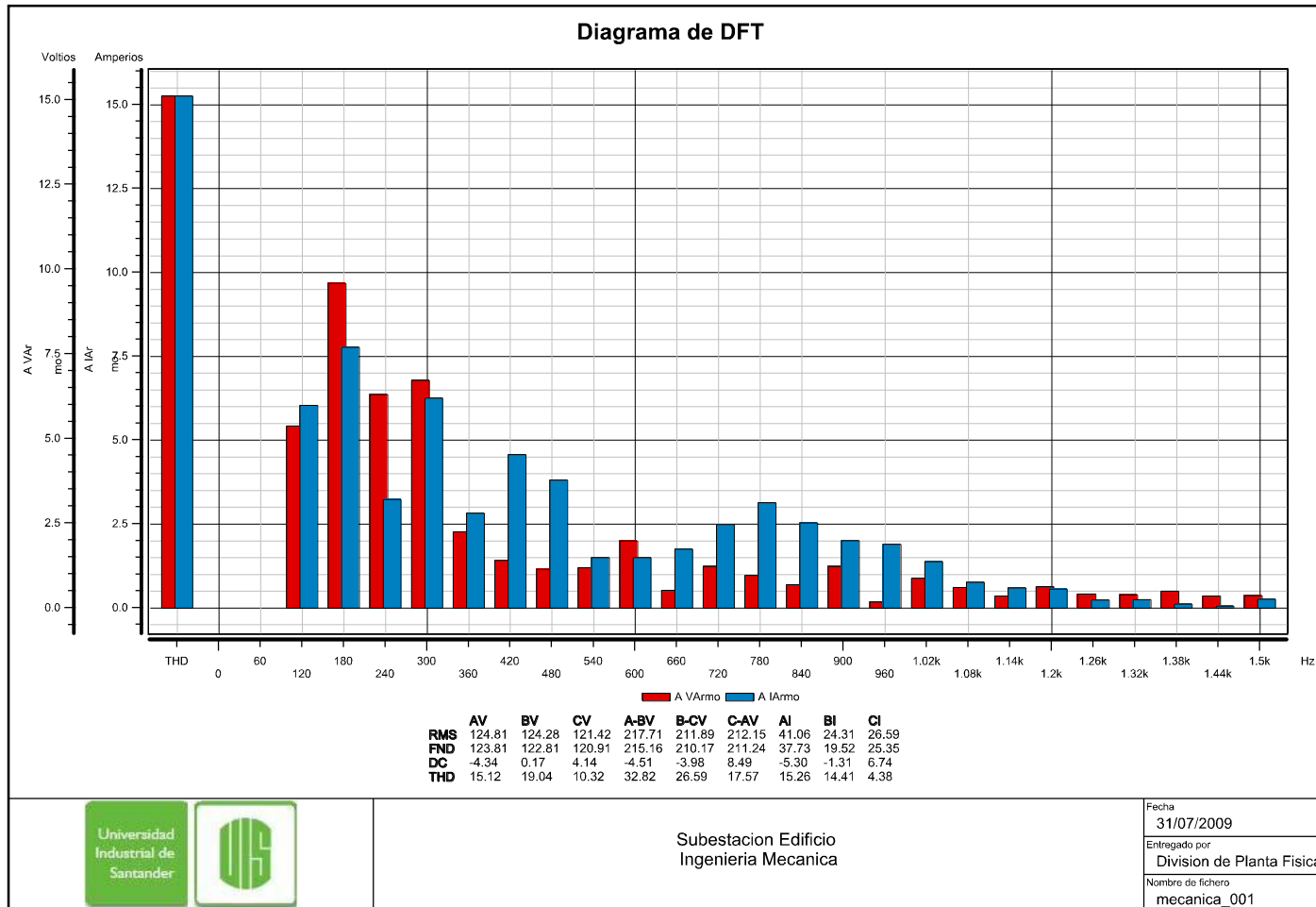


Diagrama de Armonicos - señal de tension

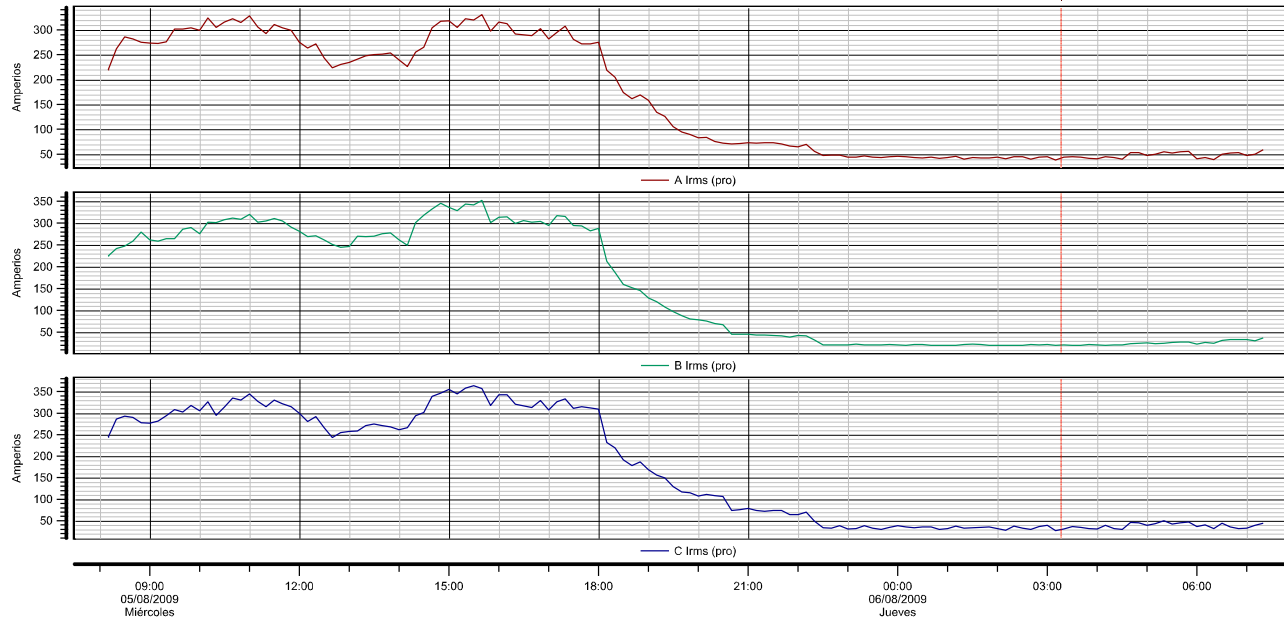


|     | AV    | BV     | CV     | DV  | A-BV   | B-CV   | C-AV   | AI    | BI    | CI    | DI  |
|-----|-------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-----|
| RMS | 85.21 | 114.77 | 109.54 | N/A | 170.17 | 207.62 | 188.63 | 0.26  | 0.50  | 0.31  | N/A |
| PHD | 91.97 | 98.88  | 98.60  | N/A | 95.60  | 99.87  | 94.66  | 2.87  | 2.49  | 26.77 | N/A |
| DC  | 19.62 | -9.04  | -5.89  | N/A | 15.92  | +1.89  | -14.58 | 89.66 | 98.21 | 82.81 | N/A |
| THD | 33.96 | 11.82  | 15.55  | N/A | 24.61  | 4.79   | 28.70  | 68.39 | 37.08 | 68.53 | N/A |

## B4 SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA MECÁNICA.



### Diagrama de tendencias



### Diagrama de tendencias

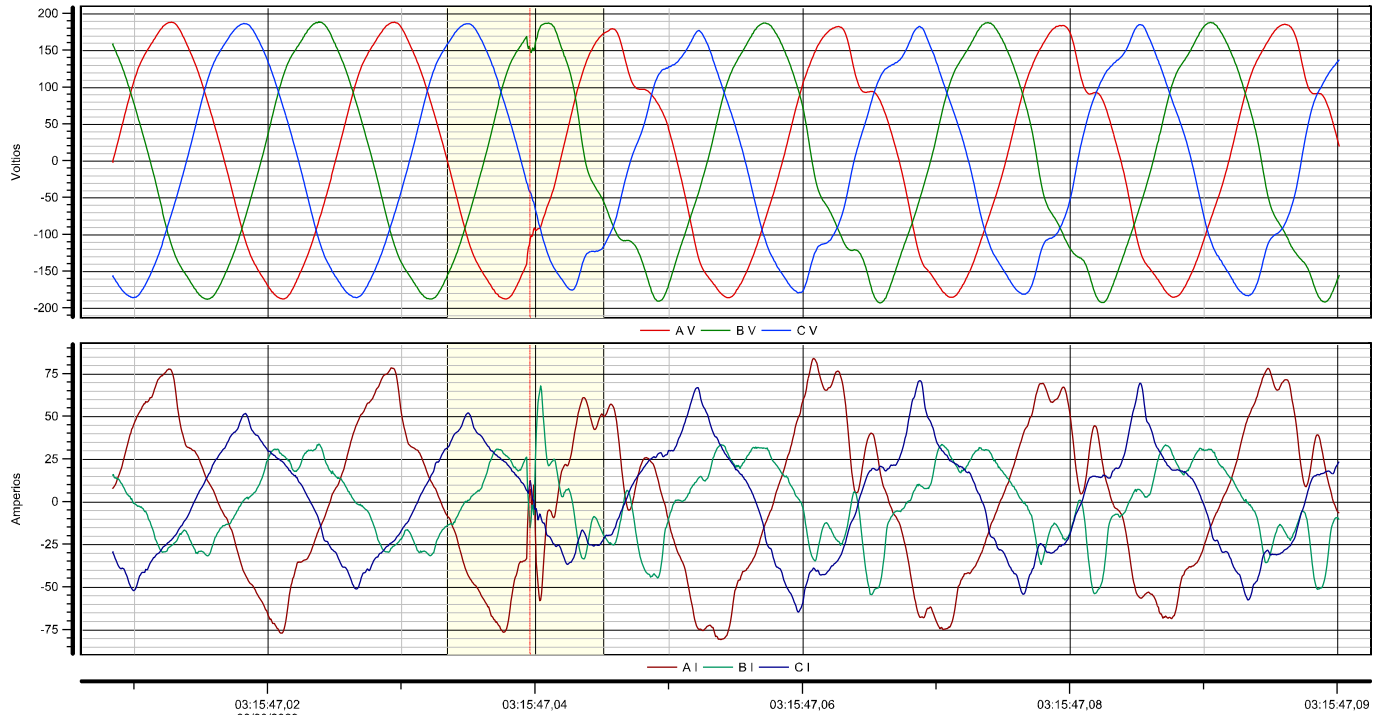
|              | Min   | Máx   | Pro   |
|--------------|-------|-------|-------|
| <b>Alrms</b> | 38.59 | 330.0 | 159.4 |
| <b>Blrms</b> | 19.97 | 352.3 | 150.3 |
| <b>Clrms</b> | 26.61 | 363.6 | 167.5 |




Subestacion Edificio  
Ingenieria Mecanica

Fecha  
31/07/2009  
Entregado por  
Division de Planta Fisica  
Nombre de fichero  
mecanica\_001

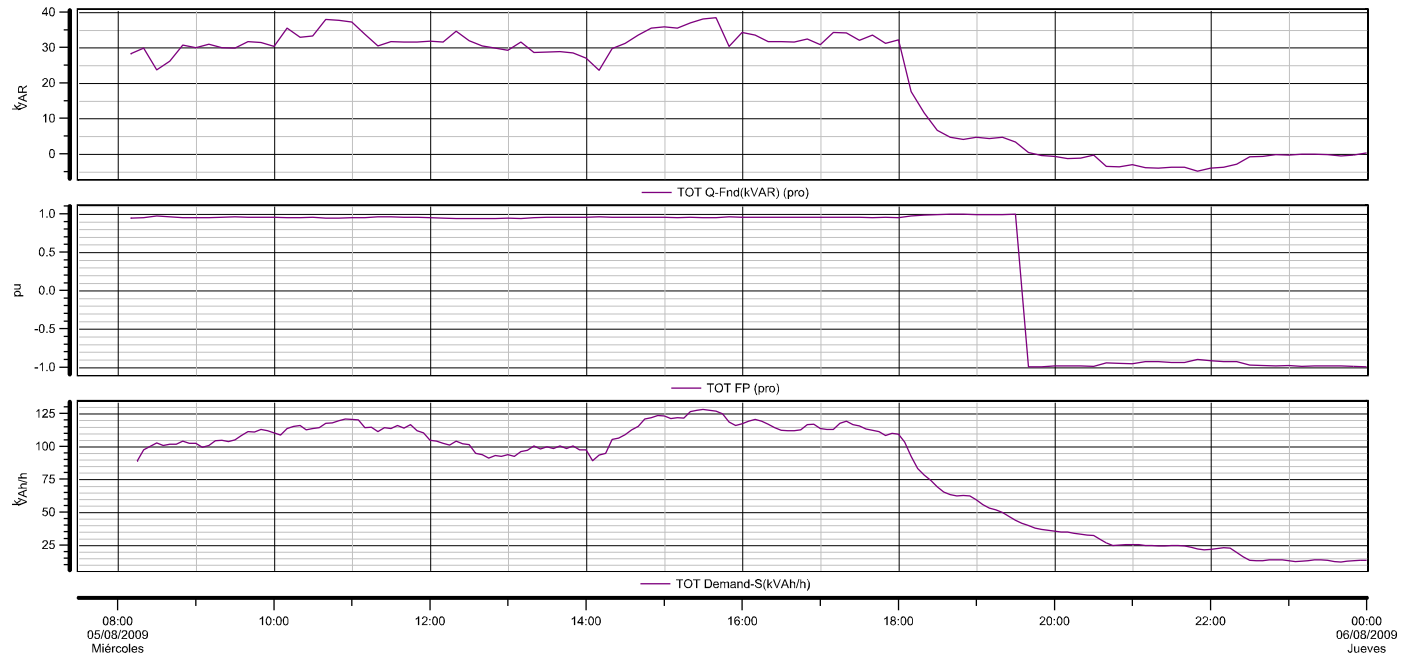
**Diagrama de forma de onda/detalles**



**Diagrama de forma de onda/detalles**

|   |   |  |
|---|---|--|
|  | Subestacion Edificio<br>Ingeniería Mecánica | Fecha<br>31/07/2009                        |
|   |   | Entregado por<br>Division de Planta Fisica |
|   |   | Nombre de fichero<br>mecanica_001          |

### Diagrama de tendencias



### Diagrama de tendencias

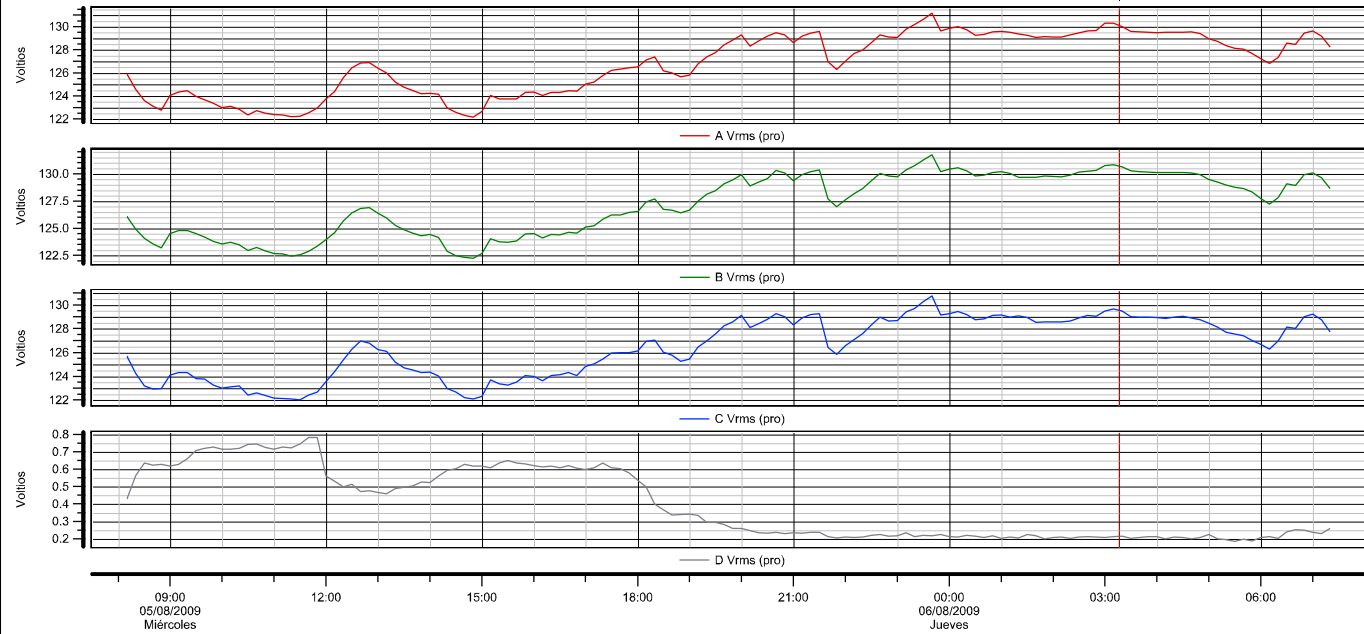
|                     | Min     | Máx    | Pro    |
|---------------------|---------|--------|--------|
| TOTQ-Fnd(kVAR)      | -4.880  | 38.32  | 20.00  |
| TOTFP               | -0.9951 | 0.9931 | 0.4158 |
| TOTDemand-S(kVAh/h) | 12.04   | 128.0  | 80.59  |



Subestacion Edificio  
Ingenieria Mecanica

Fecha  
31/07/2009  
Entregado por  
Division de Planta Fisica  
Nombre de fichero  
mecanica\_001

### Diagrama de tendencias



### Diagrama de tendencias

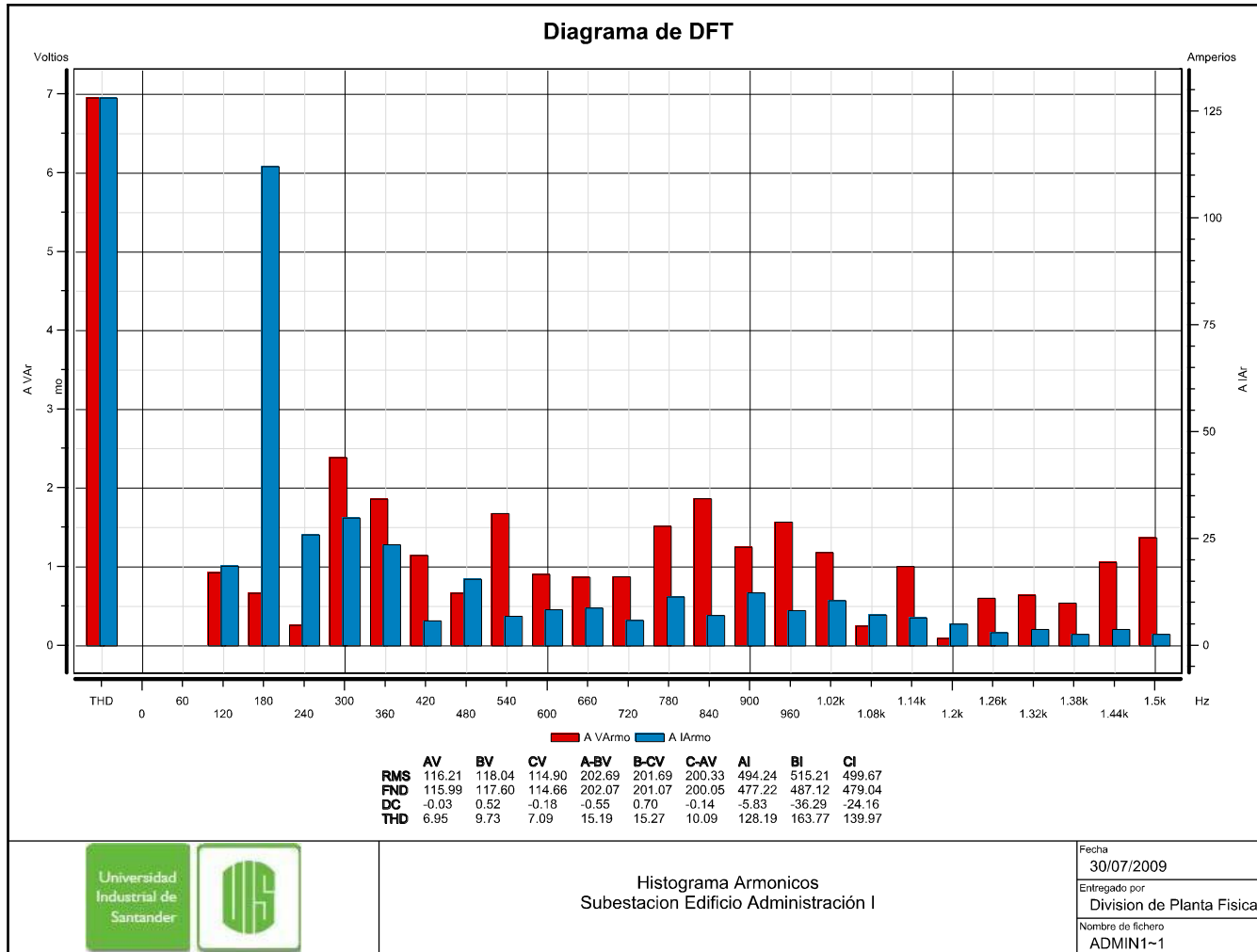
|       | Min    | Máx    | Pro    |
|-------|--------|--------|--------|
| AVrms | 122.2  | 131.2  | 126.8  |
| BVrms | 122.2  | 131.8  | 127.2  |
| CVrms | 122.0  | 130.7  | 126.5  |
| DVrms | 0.1849 | 0.7814 | 0.3980 |



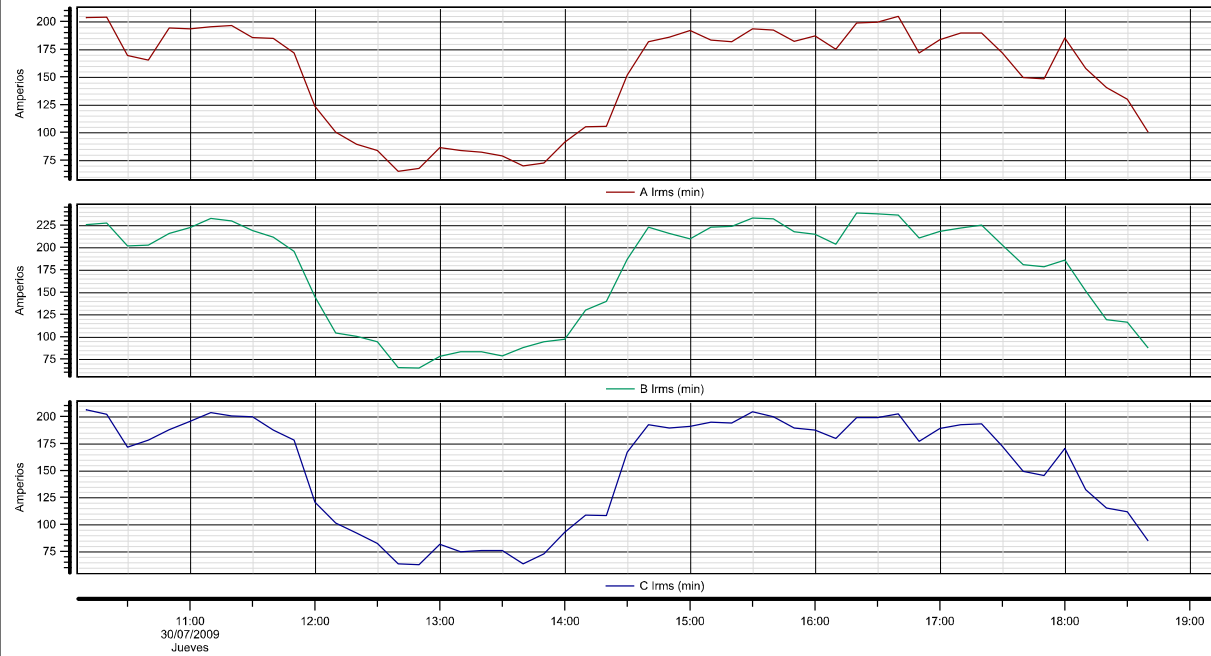
Subestacion Edificio  
Ingenieria Mecanica

Fecha  
31/07/2009  
Entregado por  
Division de Planta Fisica  
Nombre de fichero  
mecanica\_001

## B5 SUBESTACIÓN EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN I.



### Diagrama de tendencias



Evento #6 a 30/07/2009 10:04:24,783  
 BV Suave Trans.: Imp. Bipol. Neg 1/16 cic

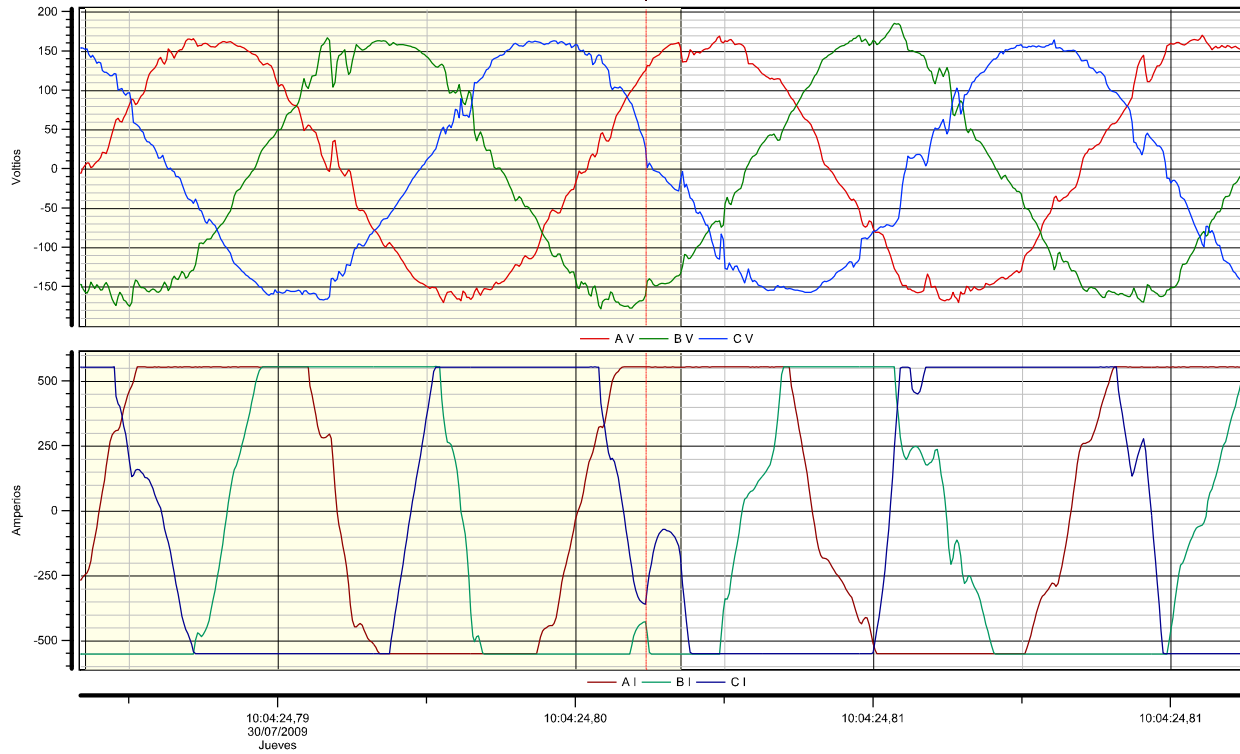
|              | Min   | Máx   | Pro |
|--------------|-------|-------|-----|
| <b>A</b> rms | 64.96 | 204.8 | N/A |
| <b>B</b> rms | 64.79 | 238.4 | N/A |
| <b>C</b> rms | 62.40 | 206.2 | N/A |



Perfil de Corrientes  
 Subestacion Edificio Administración I

Fecha  
**30/07/2009**  
 Entregado por  
 Division de Planta Fisica  
 Nombre de fichero  
 ADMIN1-1

### Diagrama de forma de onda/detalles



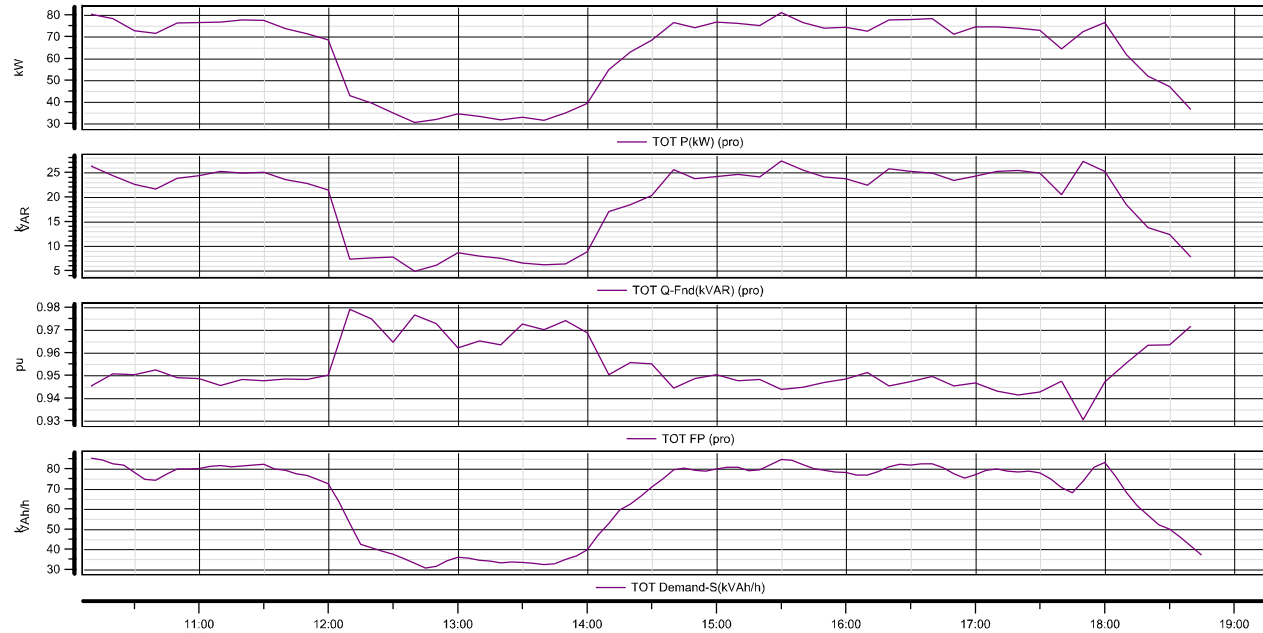
### Diagrama de tendencias



Formas de onda  
Subestacion Edificio Administración I

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Fecha             | 30/07/2009                |
| Entregado por     | Division de Planta Fisica |
| Nombre de fichero | ADMIN1~1                  |

### Diagrama de tendencias



Evento #6 a 30/07/2009 10:04:24.783  
 BV Suave Trans.: Imp. Bipol. Neg 1/16 cic

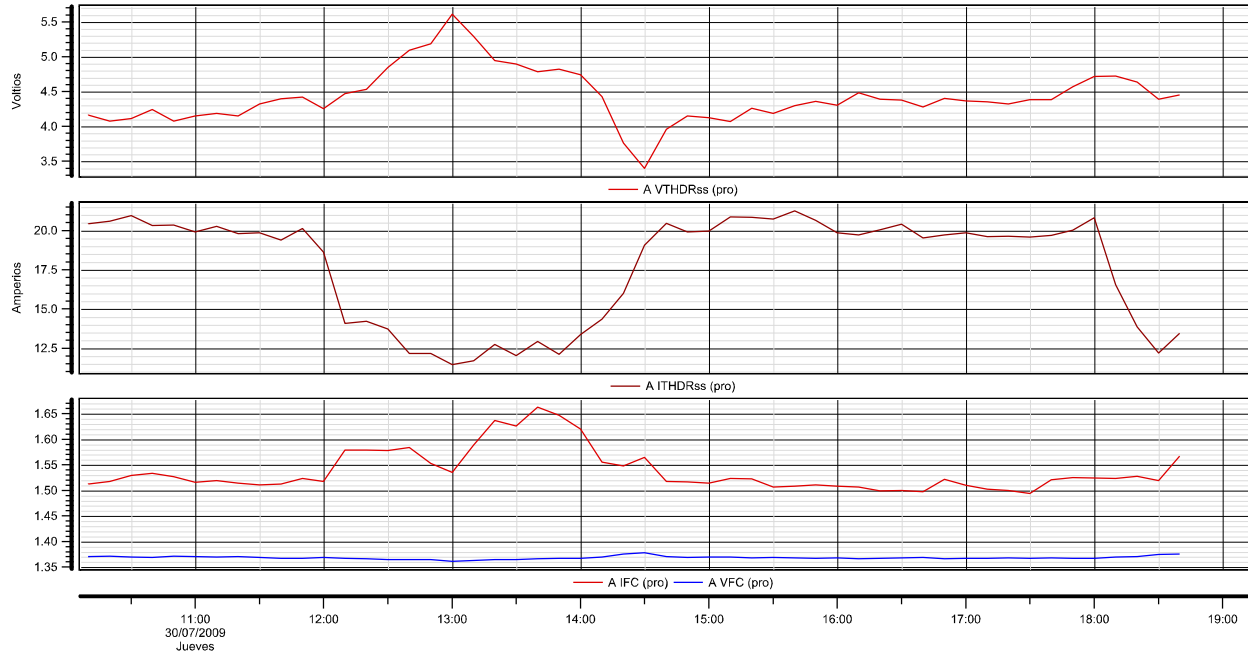
|                     | Min    | Máx    | Pro    |
|---------------------|--------|--------|--------|
| TOTP(kW)            | 30.32  | 81.10  | 63.41  |
| TOTQ-Fnd(kVAR)      | 4.879  | 27.30  | 19.36  |
| TOTFP               | 0.9305 | 0.9789 | 0.9535 |
| TOTDemand-S(kVAh/h) | 30.51  | 85.26  | 66.41  |



Perfil de Corrientes  
 Subestacion Edificio Administración I

Fecha  
 30/07/2009  
 Entregado por  
 Division de Planta Fisica  
 Nombre de fichero  
 ADMIN1~1

### Diagrama de tendencias



Evento #6 a 30/07/2009 10:04:24,783  
 BV Suave Trans.: Imp. Bipol. Neg 1/16 cic

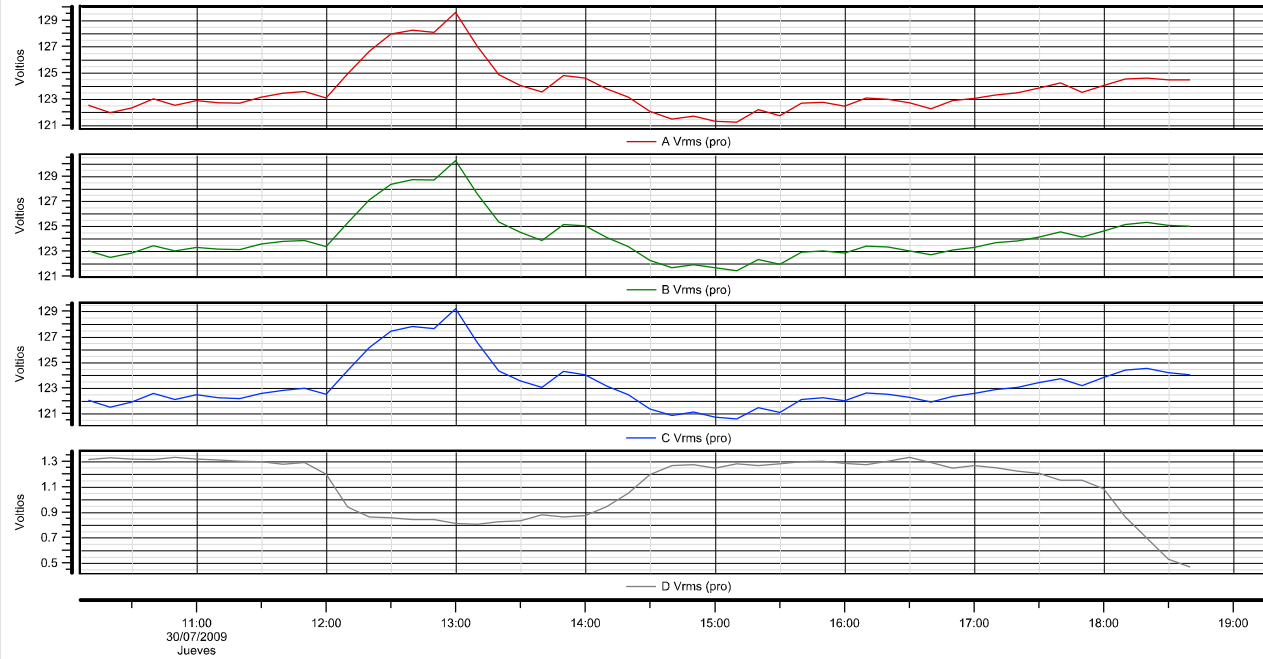
|          | Min   | Máx   | Pro   |
|----------|-------|-------|-------|
| AVTHDRss | 3.400 | 5.609 | 4.427 |
| AITHDRss | 11.44 | 21.26 | 17.81 |
| AIFC     | 1.494 | 1.663 | 1.537 |
| AVFC     | 1.361 | 1.378 | 1.368 |



Perfil Calidad de la Onda  
 Subestacion Edificio Administración I

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Fecha             | 30/07/2009                |
| Entregado por     | Division de Planta Fisica |
| Nombre de fichero | ADMIN1~1                  |

### Diagrama de tendencias



Evento #6 a 30/07/2009 10:04:24.783  
 BV Suave Trans.: Imp. Bipol. Neg 1/16 cic

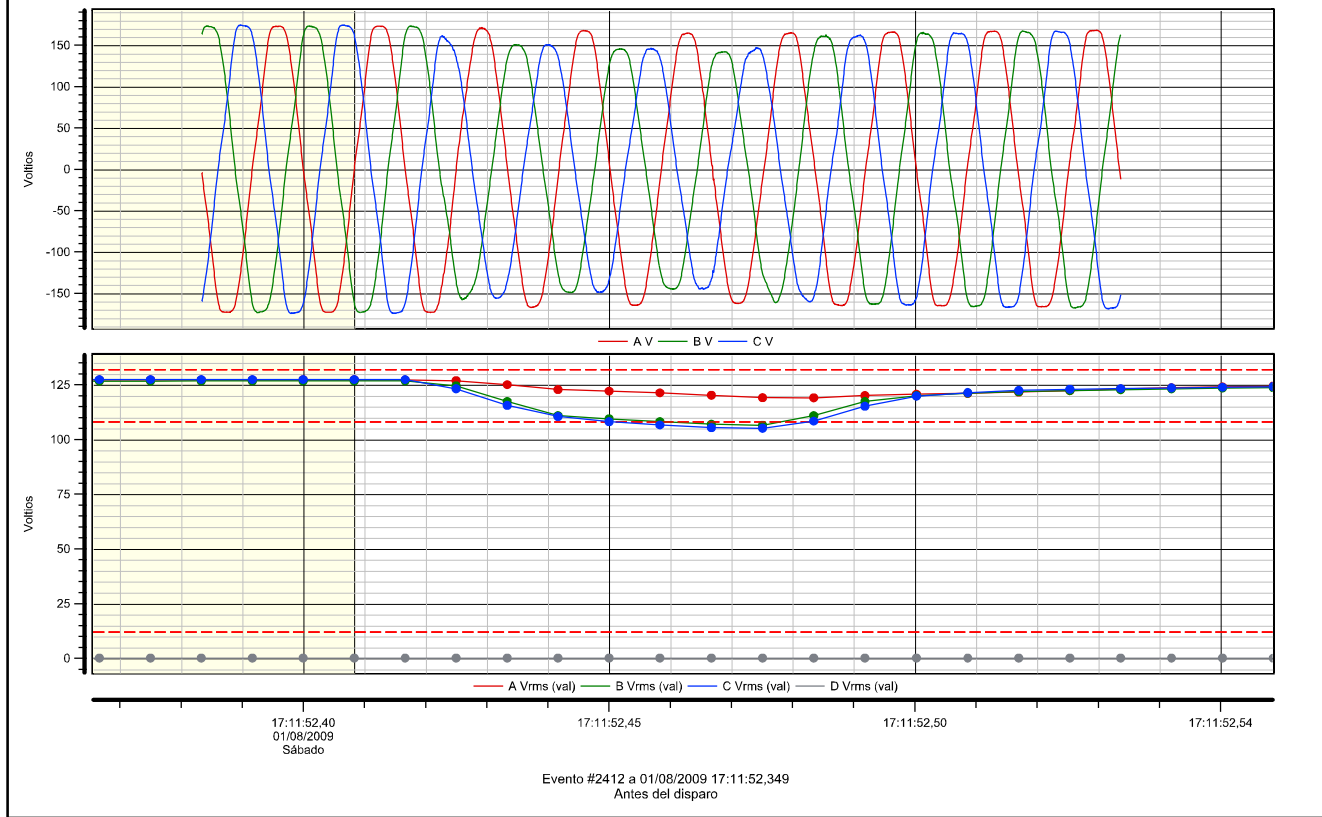
|              | Min    | Máx   | Pro   |
|--------------|--------|-------|-------|
| <b>AVrms</b> | 121.2  | 129.6 | 123.7 |
| <b>BVrms</b> | 121.4  | 130.2 | 124.1 |
| <b>CVrms</b> | 120.6  | 129.2 | 123.2 |
| <b>DVrms</b> | 0.5287 | 1.331 | 1.124 |



Perfil de Tensiones  
 Subestacion Edificio Administración I

Fecha  
 30/07/2009  
 Entregado por  
 Division de Planta Fisica  
 Nombre de fichero  
 ADMIN1~1

### Diagrama de forma de onda/detalles



Evento #2412 a 01/08/2009 17:11:52,349  
Antes del disparo

Perfil de Tensiones  
Subestacion Edificio  
Laboratorio Pesados

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Fecha             | 31/07/2009                |
| Entregado por     | Division de Planta Fisica |
| Nombre de fichero | civil_00                  |

## **ANÁLISIS DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA**

Los armónicos son distorsiones de las ondas senosoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal como es el caso de las UPS y variadores de Velocidad.

La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

En cuanto a las perturbaciones que pueden afectar a los parámetros de la red, deben tenerse en cuenta las que afectan a la amplitud de la señal. Dentro de estas, podemos distinguir:

- Perturbaciones de baja frecuencia: entre ellas se encuentran los armónicos, con frecuencias comprendidas entre 100Hz y 2500 Hz.
- Perturbaciones de alta frecuencia (parásitas): puede ser por ruido conducido (con frecuencias comprendidas entre 10 KHz y 30 MHz) o por ruido radiado (frecuencias mayores de 30 MHz).

Los variadores de frecuencia y las fuentes conmutadas como las UPS son una causa importante de perturbaciones por ruido conducido. Estos equipos absorben de la red corrientes periódicas no senoidales (y por tanto no lineales), compuestas por una componente fundamental de frecuencia, más una serie de corrientes superpuestas de frecuencias múltiplo de la fundamental, llamadas armónicos.

Las perturbaciones ocasionadas en la red afectan al funcionamiento de los demás equipos conectados e incluso pueden afectar al funcionamiento del propio convertidor.

Un aspecto importante es proteger los equipos de las perturbaciones de la red, sobre todo de armónicos y de puntas de tensión con un valor alto de  $dV/dt$ . La presencia de armónicos en la red puede provocar: aumento de pérdidas en la instalación debido a la disminución del factor de potencia, disparo de protecciones, averías frecuentes y mal funcionamiento de los equipos.

Uno de los parámetros que se utilizan para valorar los niveles de perturbación debido a los armónicos es el THD, Total Harmonic Distortion. El THD se puede hallar tanto para tensión como para corriente y se calcula como se indica:

$$\text{THD}(V) = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} V_n^2}}{V_1} \qquad \text{THD}(I) = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} I_n^2}}{I_1}$$

El THD mide la distorsión de la señal en % con respecto al valor fundamental. Se pueden considerar valores normales del THD en torno al 30% para corriente y alrededor del 5% para tensión.

Una UPS se comporta como un rectificador de 6 pulsos. La mayor parte de las perturbaciones son originadas por la conversión AC/DC. En la figura se muestran los armónicos típicos para un rectificador de 6 pulsos conectado directamente a la red.

## **ANÁLISIS DISTORSIÓN ARMÓNICA SUBESTACIONES UIS – Fase I**

Con base a las curvas registradas por el analizador de redes que fue instalado aguas debajo de cada uno de los tableros generales de las subestaciones en estudio, se dan las siguientes recomendaciones en base al análisis de las curvas adjuntas en el presente anexo.

### ***SUBESTACIÓN DE CIVIL:***

Según la información expuesta en las graficas proporcionadas por el analizador de redes, para esta subestación en particular la lectura de THD tomada en la acometida general en B.T. (red eléctrica desde bornes del Transformador al Totalizador General), no presenta distorsión armónica considerable, los armónicos más significativos son el 3er (180hz) para la tensión y el 5° armónico (300Hz) para la señal de corriente, hecho que señala la presencia de fuentes armónicas como computadoras, iluminación con balastos electrónicos, y sistemas ininterrumpidos de voltaje – UPS (En este edificio se encuentran instalados varios centros de computo y oficinas que cuentan con dichos equipos como estrategia de protección y suplencia eléctrica ante un eventual corte de energía eléctrica).

A pesar de ello los THD de corriente (5.7%) y Tensión (1.85%) se mantienen aún en nivel bajos y no presentan un nivel crítico que genere problemas a la red eléctrica a la cual se encuentra interconectada.

### ***SUBESTACIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA:***

De igual forma para esta subestación, la información expuesta en las graficas proporcionadas por el analizador de redes no presenta distorsión armónica considerable, los armónicos más significativos son los del 5° armónico (300Hz) y 7° armónico (420hz) para las señales de corriente y tensión, hecho que señala la presencia de fuentes armónicas como: iluminación con balastos electrónicos.

A pesar de ello los THD de corriente (4.25%) y Tensión (2.31%) se mantienen aún en nivel bajos y no presentan un nivel crítico que genere problemas a la red eléctrica a la cual se encuentra interconectada.

#### ***SUBESTACIÓN DE PLANTA DE ACEROS:***

La información expuesta en las graficas proporcionadas por el analizador de redes presentan una distorsión armónica de alta frecuencia, los armónicos más significativos son mayores a 1Khz para las señales de corriente. La onda sinodal presenta una envolvente debido a ruidos en la medición por la baja carga que se presento en el momento de la toma de las medidas, este hecho se corrobora ya que este edificio no se encuentran instalados equipos que generen armónicos como UPS o variadores de velocidad.

#### ***SUBESTACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA:***

Para esta subestación en particular las curvas de calidad de energía registradas por el analizador de redes no presenta distorsión armónica considerable, los armónicos más significativos son los del 3° armónico (180Hz) y 5° armónico (500hz) para las señales de corriente y tensión, hecho que señala la presencia de fuentes armónicas como: iluminación con balastos electrónicos.

El tercer armónico característico de esta subestación se presenta por cargas como motores, los cuales se encuentra instalados en los talleres de mantenimiento tecnológico, planta física, talleres de ajuste y maquinado de la escuela de mecánica.

A pesar de ello los THD de corriente (4.57%) y Tensión (1.38%) se mantienen aún en nivel bajos y no presentan un nivel crítico que genere problemas a la red eléctrica a la cual se encuentra interconectada.

### ***SUBESTACIÓN DE ADMINISTRACIÓN I:***

Para esta subestación en particular los armónicos más significativos son los del 3° armónico (300Hz) para la corriente y de alta frecuencia > 300hz para las señales de tensión, hecho que señala la presencia de fuentes armónicas como: computadoras, UPS, iluminación con balastos electrónicos y motores de aires acondicionados.

A pesar de ello los THD de corriente (18.5%) y Tensión (7.5%) se mantienen aún aceptable, sin embargo se deberán tomar medidas correctivas como el uso de filtros para eliminar las frecuencias problema.

### **RECOMENDACIONES FINALES PARA LA CORRECCIÓN DE LOS ARMÓNICOS**

- Las soluciones a dicho problema se realizan en forma jerarquizada; primero en forma particular, resolviendo el problema de inyección de armónicos por parte del usuario al sistema (diseñando y ubicando filtros en el lado de baja tensión, usando el transformador como barrera); y segundo, resolviendo el problema en forma global, buscando reducir las pérdidas y mantener los niveles armónicos por debajo de los límites permitidos, en este caso, se trata de un problema de optimización donde se determina la ubicación de los compensadores (condensadores, filtros pasivos, filtros activos).
- El uso de filtros sintonizados simplemente proporcionan una máxima atenuación para una armónica individual, a frecuencia fundamental, puede proporcionar la potencia reactiva requerida en la red, y tiene bajas pérdidas (asociadas a la reactancia del inductor y la resistencia del filtro). De igual forma el filtro sintonizado simple es vulnerable a la desintonía debido a la tolerancia de los

elementos con la temperatura, interactúa con la red originando una resonancia paralela al igual que un banco de condensadores.

- El crecimiento sostenido de cargas no lineales, unido al aumento de la utilización de bancos de condensadores para la compensación del factor de potencia, aumenta las fuentes de distorsión o sus componentes negativas, tanto para el usuario como para la empresa responsable del suministro eléctrico.
- La magnitud de los costos originados por la operación de sistemas y equipos eléctricos con tensiones y corrientes distorsionadas aumenta en la medida en que se reduce la vida útil de estos. Como es el caso de las resonancias entre los elementos del sistema y los filtros los cuales pueden llegar a generar tensiones y corrientes elevadas que deterioran o destruyen los elementos del sistema, ya que los elementos no están coordinados para operar con dichas sobretensiones.

## Anexo C. Cálculos Eléctricos Tipo

### CÁLCULOS TIPO

#### Cálculo tipo tensión de placa:

Cálculo de la tensión de placa del transformador en vacío y relación de transformación.

$V_s$  Tensión de línea de servicio mínima.

$V_o$  Tensión de vacío.

$$V_{O-placa} = V_s \cdot \left( 1 + \frac{\delta\%}{200} + \frac{\mu_z\%}{100} \right) = 208 \cdot \left( 1 + \frac{5}{200} + \frac{3}{100} \right) = 219.44V$$

$$V_{O-línea} = \frac{V_o}{\sqrt{3}} = \frac{219.44V}{\sqrt{3}} = 126.69V$$

#### Cálculo tipo protecciones subestación:

De acuerdo a la topología del sistema eléctrico en el cual están interconectadas las subestaciones en estudio, las cuales hacen parte de las redes en media tensión del campus central de la UIS, se hacen las siguientes consideraciones para la sección de los fusibles en M.T. y las protecciones en B.T. del transformador:

#### **Protección por M.T.**

Tipo de fusible: HH

Porta fusible: Seccionador en media tensión tipo GAV-Socol de 17KV.

Tensión de operación: 13.2 kV de línea [7.62 kV de fase].

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Potencia nominal transformador: | 400 KVA  |
| Corriente nominal primario:     | $I_n = \frac{S_n}{V_s \cdot \sqrt{3}} = \frac{400KVA}{13.200 \cdot \sqrt{3}} = 17.49A$ |
| Corriente protección:           | $I_p = 1.25 \cdot I_{n-Transformador}$<br>$I_p = 1.25 \cdot 17.49A = 21.86A$           |

Se selecciona una protección de 40 A - HH, ya que se deberá tener en cuenta la corriente de magnetización cuando el transformador se encuentre en máxima carga.

### Protección por B.T.

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Potencia nominal transformador: | 400 KVA   |
| Corriente nominal secundario:   | $I_n = \frac{S_n}{V_s \cdot \sqrt{3}} = \frac{400KVA}{208 \cdot \sqrt{3}} = 1100.28A$ |
| Corriente protección:           | $I_p = 1.25 \cdot I_{n-Transformador}$<br>$I_p = 1.25 \cdot 1100.28A = 1387.86A$      |
| Capacidad de cortocircuito:     | $I_{cc} = \frac{1}{\mu_z \%} \cdot V_s = \frac{1}{3\%} \cdot 218.44V = 7,314 kA$      |
| Capacidad de ruptura:           | Ics=lcc   |

Se seleccionó un interruptor en caja moldeada termomagnético regulable de 3 x 1250-1600 regulado a 1350 A, con una capacidad de interrupción no inferior a 25 kA a 240 V.

### Selección de los conductores de B.T.

Con base a los datos de corriente del lado de b.T. para el transformador en estudio los cuales fueron ya calculados, y según la NTC 2050 la capacidad amperio métrica para los alimentadores y/o acometidas generales se debe calcular según lee artículo 300:

$$I_n = \frac{S_n}{V_s \cdot \sqrt{3}} = \frac{400KVA}{208 \cdot \sqrt{3}} = 1100.28A$$

$$I_c = 1.25 \cdot I_{n-Dmax}$$

$$I_c = 1.25 \cdot 1100.28A = 1387.86A$$

Según los datos suministrados por la tabla 310.16 donde se expresan las capacidades amperimétricas para los conductores canalizados se tienen las siguientes opciones:

### Carcamo abierto:

$$I_{n \text{ secundario}} = 1100.28A$$

$$I_{\text{conductor}} = 1387.86A - \text{Corriente del conductor mínima.}$$

$$I_{\text{con-haz}} = \frac{I_{\text{cond}}}{N} = \frac{1387.86A}{6} = 231.31A ; \text{ Donde } N \text{ es el número de conductores en haz.}$$

Según la tabla 310.16 los conductores que cumplen dicha capacidad son los superiores o iguales al calibre 4/0 AWG-Cu THW (75°C).

Se selecciona el conductor 4/0, en seis conductores en haz por fase.

$$I_{\text{cond}}_{4/0\text{AWG-THW}(75^\circ\text{C})} = 230A$$

$$I_{\text{conductor}} = 230A \cdot 6 = 1380A$$

Se verifica por regulación las caídas de tensión máximas para este alimentador:

Según la norma de la ESSA se recomienda que tengan caídas inferiores al 1% (Tabla 2.3 Porcentajes de regulación de tensión, Norma ESSA).

$$\delta\% = \left( \frac{\left( \frac{K_G}{N} \right) \cdot L \cdot S \cdot fc}{V_s^2} \right) \cdot 100$$

|       |   |
|-------|---|
| $K_G$ | Constante generalizada conductor (fp=0.9) Tabla ESSA 3.25 Constantes de regulación para Conductores de cobre aislado en ducto no metálico.<br>KG = 21.1208 para el conductor 4/0 AWG-Cu a un fp=0.9 |
| $L$   | Longitud del conductor  |
| $S$   | Potencia a transmitir en [KVA]  |
| $V_s$ | Voltaje de servicio.  |
| $fc$  | Factor de corrección por tipo de subestación, Tabla ESSA 3.26.  |
| $N$   | Numero de conductores en haz por fase.  |

$$\delta\% = \left( \frac{\frac{21.1208}{6} \cdot 15m \cdot 400KVA \cdot 1}{208^2} \right) = 0,4488\%$$

**Carcamo cerrado:**

$$I_{\text{n secundario}} = 1100.28A$$

$I_{\text{conductor}} = 1387.86A$ - Corriente del conductor mínima.

$$I_{\text{con-haz}} = \frac{I_{\text{cond}}}{N} = \frac{1387.86A}{6} = 231.31A ; \text{ Donde } N \text{ es el número de conductores en haz.}$$

Con seis conductores en haz por fase, tendríamos 18 conductores transportando corriente si se canalizan las tres fases por el mismo ducto, por tal motivo debemos tener en cuenta la restricción de la tabla 310.16, donde se indica que dichas capacidades amperimétricas son tan solo para tres conductores que transporten corriente y debido a que se han usado varios conductores en haz se deberán aplicar los factores de corrección por número de conductores: tabla 310.16 nota 8) Factores de ajuste.

De 10 a 20 conductores:  $f_{c_{NC}} = 50\%$

$$I_{\text{con-haz}} = \frac{I_{\text{cond}}}{N \cdot f_{c_{NC}}} = \frac{1387.86A}{6 \cdot 0.5} = 462.62A ; \text{ Donde } N \text{ es el número de conductores en haz.}$$

Según la tabla 310.16 los conductores que cumplen dicha capacidad son los superiores o iguales al calibre 700 MCM-Cu THW (75°C).

Se selecciona el conductor 700 MCM, en seis conductores en haz por fase.

$$I_{\text{cond}}_{700 \text{ MCM-THWN}(75^\circ\text{C})} = 460A$$

$$I_{\text{conductor}} = 460A \cdot 6 \cdot 50\% = 2760A \cdot 50\% = 1380A$$

No se tiene en cuenta la opción en carcamo cerrado porque la capacidad de corriente de los conductores se ve afectada por el factor de corrección por numero de conductores en el mismo ducto, por tal motivo dicha opción es inviable técnica y económicamente.

## Anexo D. Matriz de Análisis de Riesgo

### MATRIZ 1. SUBESTACIÓN EDF. INGENIERÍA CIVIL

| GRUPO DE RIESGO | FACT. DE RIESGO         | FUENTE DE RIESGO                            | AREA AFECTADA         | OFICIO DE TRABAJO AFECTADO | Nº DE EXPUESTOS | TOTAL EXPUESTOS | RESULTADO GRADO DE PELIGRO |   |    |       | REPERCUSSION PARTICULAR | PRIORIDAD PARTICULAR | REPERCUSSION GENERAL | PRIORIDAD GENERAL | METODO DE CONTROL INSTALADO |   |  | METODO DE CONTROL RECOMENDADO   |
|-----------------|-------------------------|---|-----------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---|----|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|---|--|---|
|                 |                         |   |                       |                            |                 |                 | P                          | E | C  | TOTAL |                         |                      |                      |                   | F                           | M | H  |   |
| SEGURIDAD       | Electrico               | Transformador sin proteccion                | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 90 | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |                             |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Instalar Barreras de aislamiento contra contacto directo, Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro. |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                             |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   |
|                 |                         | Tablero general en baja tension             | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 75 | 1500  | 1500                    | 2                    | 9000                 | 2                 |                             |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                             |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   |
|                 | Instalaciones localivos | Falta demarcacion y señalizacion de peligro | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 7                          | 2 | 75 | 1050  | 1050                    | 2                    | 5513                 | 4                 |                             |   |  | Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro.   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 7                          | 5 | 75 | 2625  | 5250                    | 1                    |                      |                   |                             |   |  |   |
|                 |                         | Almacenamiento de materiales                | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 7                          | 2 | 90 | 1260  | 1260                    | 2                    | 6615                 | 3                 |                             |   |  | Retirar transformadores sin utilizar, materiales sobrantes y escombros del area o cuarto de la subestacion.                       |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 7                          | 5 | 90 | 3150  | 6300                    | 1                    |                      |                   |                             |   |  |   |
|                 |                         | Atrapamiento en el ares (puerta)            | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 5                          | 2 | 70 | 700   | 700                     | 2                    | 3675                 | 5                 |                             |   |  | Instalar puerta con cerraduras antipánico para evitar atrapamientos   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 5                          | 5 | 70 | 1750  | 3500                    | 1                    |                      |                   |                             |   |  |   |
| FÍSICO          | Iluminacion             | Luminarias dañadas                          | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 90 | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |                             |   | Linterna   | Instalar luminaria con el nivel de iluminacion adecuado (100 Luxes Max)   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                             |   | Linterna   |   |

## MATRIZ 2. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA.

| GRUPO DE RIESGO | FACT. DE RIESGO         | FUENTE DE RIESGO                            | AREA AFECTADA         | OFICIO DE TRABAJO AFECTADO | Nº DE EXPUESTOS | TOTAL EXPUESTOS | RESULTADO GRADO DE PELIGRO |   |    |       | REPERCUSSION PARTICULAR | PRIORIDAD PARTICULAR | REPERCUSSION GENERAL | PRIORIDAD GENERAL | METODO DE CONTROL INSTALADO                            |          |  | METODO DE CONTROL RECOMENDADO  |
|-----------------|-------------------------|---|-----------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---|----|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|--|----------|--|--|
|                 |                         |   |                       |                            |                 |                 | P                          | E | C  | TOTAL |                         |                      |                      |                   | F  | M        | H  |  |
| SEGURIDAD       | Electrico               | Transformador sin proteccion                | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 90 | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |  |          | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Instalar Barreras de aislamiento contra contacto directo, Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro.  |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |          |  |  |
|                 |                         | Tablero general en baja tension             | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 75 | 1500  | 1500                    | 2                    | 9000                 | 2                 |  |          | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro y el gabinete debe ser cerrado con chapa e identificacion de circuitos alimentadores y puesto a tierra. |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |          |  |  |
|                 |                         | Cajas corta circuito sin proteccion         | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 90 | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |  |          | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Instalar Seccionador tripolar de frete muerto  |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |          |  |  |
|                 | instalaciones localivas | Falta demarcacion y señalizacion de peligro | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 7                          | 2 | 75 | 1050  | 1050                    | 2                    | 5513                 | 3                 |  |          |  | Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro.  |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 7                          | 5 | 75 | 2625  | 5250                    | 1                    |                      |                   |  |          |  |  |
|                 |                         | Techos con filtracion                       | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 2                          | 2 | 10 | 40    | 40                      | 2                    | 210                  | 5                 |  |          | Botas y guantes dielectricos                           | Resanar el techo para evitar las filtraciones de agua.   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 2                          | 5 | 10 | 100   | 200                     | 1                    |                      |                   | Botas y guantes dielectricos                           |          |  |  |
|                 |                         | Atrapamiento en el ares (puerta)            | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 5                          | 2 | 70 | 700   | 700                     | 2                    | 3675                 | 4                 |  |          |  | Instalar puerta con cerraduras antipánico para evitar atrapamientos  |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 5                          | 5 | 70 | 1750  | 3500                    | 1                    |                      |                   |  |          |  |  |
| FISICO          | Iluminacion             | Luminarias dañadas                          | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 90 | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |  |          | Linterna   | Instalar luminaria con el nivel de iluminacion adecuado (100 Luxes Max)  |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |  | Linterna |  |  |

### MATRIZ 3. SUBESTACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS.

| GRUPO DE RIESGO | FACT. DE RIESGO         | FUENTE DE RIESGO                            | AREA AFECTADA         | OFICIO DE TRABAJO AFECTADO | Nº DE EXPUESTOS | TOTAL EXPUESTOS | RESULTADO GRADO DE PELIGRO |   |    |       | REPERCUSSION PARTICULAR | PRIORIDAD PARTICULAR | REPERCUSSION GENERAL | PRIORIDAD GENERAL | METODO DE CONTROL INSTALADO |   |  | METODO DE CONTROL RECOMENDADO   |   |
|-----------------|-------------------------|---|-----------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---|----|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|---|--|---|---|
|                 |                         |   |                       |                            |                 |                 | P                          | E | C  | TOTAL |                         |                      |                      |                   | F                           | M | H  |   |   |
| SEGURIDAD       | Electrico               | Transformador sin proteccion                | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 90 | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |                             |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Instalar Barreras de aislamiento contra contacto directo, Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro. |   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                             |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   |   |
|                 |                         | Tablero general en baja tension             | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 75 | 1500  | 1500                    | 2                    | 9000                 | 3                 |                             |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   | Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro y el gabinete debe ser cerrado con chapa e identificacion de circuitos alimentadores, codigo de colores y puesto a tierra. |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                             |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   |   |
|                 | Instalaciones locativas | Falta demarcacion y señalizacion de peligro | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 7                          | 2 | 75 | 1050  | 1050                    | 2                    | 5513                 | 4                 |                             |   |  | Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro.   |   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 7                          | 5 | 75 | 2625  | 5250                    | 1                    |                      |                   |                             |   |  |   |   |
|                 |                         | Techos con filtracion                       | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 2                          | 2 | 10 | 40    | 40                      | 2                    | 210                  | 6                 |                             |   | Botas y guantes dielectricos                           | Resanar el techo para evitar las filtraciones de agua.  |   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 2                          | 5 | 10 | 100   | 200                     | 1                    |                      |                   |                             |   | Botas y guantes dielectricos                           |   |   |
|                 |                         | Almacenamiento de materiales                | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 7                          | 2 | 90 | 1260  | 1260                    | 2                    | 6615                 | 2                 |                             |   |  | Retirar materiales sobrantes y escombros del area o cuarto de la subestacion.   |   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 7                          | 5 | 90 | 3150  | 6300                    | 1                    |                      |                   |                             |   |  |   |   |
|                 |                         | Atrapamiento en el area (puerta)            | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 5                          | 2 | 70 | 700   | 700                     | 2                    | 3675                 | 5                 |                             |   |  | Instalar puerta con cerraduras antipánico para evitar atrapamientos   |   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 5                          | 5 | 70 | 1750  | 3500                    | 1                    |                      |                   |                             |   |  |   |   |
| FISICO          | Iluminacion             | Luminarias dañadas                          | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2 | 90 | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |                             |   | Linterna   | Instalar luminaria con el nivel de iluminacion adecuado (100 Luxes Max)   |   |
|                 |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5 | 90 | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                             |   | Linterna   |   |   |

## MATRIZ 4. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA MECÁNICA.

| GRUPO DE RIESGO                  | FACT. DE RIESGO         | FUENTE DE RIESGO                            | AREA AFECTADA         | OFICIO DE TRABAJO AFECTADO | Nº DE EXPUESTOS | TOTAL EXPUESTOS | RESULTADO GRADO DE PELIGRO |      |      |       | REPERCUSSION PARTICULAR | PRIORIDAD PARTICULAR | REPERCUSSION GENERAL | PRIORIDAD GENERAL | METODO DE CONTROL INSTALADO |      |  | METODO DE CONTROL RECOMENDADO   |  |  |  |  |
|----------------------------------|-------------------------|---|-----------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|------|------|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|------|--|---|--|--|--|--|
|                                  |                         |   |                       |                            |                 |                 | P                          | E    | C    | TOTAL |                         |                      |                      |                   | F                           | M    | H  |   |  |  |  |  |
| SEGURIDAD                        | Electrico               | Transformador sin proteccion                | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2    | 90   | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |                             |      | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Instalar Barreras de aislamiento contra contacto directo, Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro. |  |  |  |  |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5    | 90   | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                             |      | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   |  |  |  |  |
|                                  |                         | Tablero general en baja tension             | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               |                 | 3                          | 10   | 2    | 90    | 1800                    | 1800                 |                      |                   | 2                           | 8325 | 3  |   |  | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Demarcar las distancias de seguridad, instalar señalizacion de peligro y el gabinete debe ser cerrado con chapa y puesto a tierraCodigo de colores, e identificacion de circuitos alimentadores. |  |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               | 10              |                            | 5    | 75   | 3750  | 7500                    | 1                    |                      |                   |                             |      |  |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |  |  |  |
|                                  |                         | Cajas corta circuito sin proteccion         | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               |                            | 10   | 2    | 90    | 1800                    | 1800                 |                      |                   | 2                           |      |  | 9450  | 1  |  |  | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5    | 90   | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                             |      |  |   |  |  | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas   |  |
|                                  | Instalaciones locativas | Carcamos en el piso sin rejilla             | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               |                 | 3                          | 7    | 2    | 11    | 154                     | 154                  | 2                    | 809               | 6                           |      |  |   |  |  |  | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               | 7               |                            | 5    | 11   | 385   | 770                     | 1                    |                      |                   |                             |      |  |   |  |  | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas   |  |
|                                  |                         | Almacenamiento de materiales                | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               |                            | 7    | 2    | 90    | 1260                    | 1260                 | 2                    |                   |                             | 6615 | 2  |   |  |  |  |  |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 7                          | 5    | 90   | 3150  | 6300                    | 1                    |                      |                   |                             |      |  |   |  |  |  |  |
|                                  |                         | Falta demarcacion y señalizacion de peligro | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               |                 | 3                          | 7    | 2    | 75    | 1050                    | 1050                 | 2                    |                   |                             |      |  | 5513  | 5  |  |  |  |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               | 7               |                            | 5    | 75   | 2625  | 5250                    | 1                    |                      |                   |                             |      |  |   |  |  |  |  |
| Atrapamiento en el area (puerta) | Subestacion electrica   | Ingeniero                                   | 1                     | 3                          | 5               | 2               |                            | 80   | 800  | 800   | 2                       | 4200                 | 4                    |                   |                             |      |  |   |  |  | Instalar puerta con cerraduras antipánico para evitar atrapamientos  |  |
|                                  |                         | Operario de mantenimiento                   | 2                     |                            | 5               | 5               | 80                         | 2000 | 4000 | 1     |                         |                      |                      |                   |                             |      |  |   |  |  |  |  |
| FISICO                           | Iluminacion             | Luminarias dañadas                          | Subestacion electrica |                            | Ingeniero       | 1               | 3                          | 10   | 2    | 90    | 1800                    |                      |                      | 1800              | 2                           | 9450 | 1  |   |  |  |  | Linterna   |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               | 10              |                            | 5    | 90   | 4500  | 9000                    |                      |                      | 1                 |                             |      |  |   |  |  | Linterna   |  |

## MATRIZ 5. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN I.

| GRUPO DE RIESGO                  | FACT. DE RIESGO         | FUENTE DE RIESGO                            | AREA AFECTADA         | OFICIO DE TRABAJO AFECTADO | Nº DE EXPUESTOS | TOTAL EXPUESTOS | RESULTADO GRADO DE PELIGRO |      |      |       | REPERCUSSION PARTICULAR | PRIORIDAD PARTICULAR | REPERCUSSION GENERAL | PRIORIDAD GENERAL | METODO DE CONTROL INSTALADO        |   |  | METODO DE CONTROL RECOMENDADO   |
|----------------------------------|-------------------------|---|-----------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|------|------|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------|---|--|---|
|                                  |                         |   |                       |                            |                 |                 | P                          | E    | C    | TOTAL |                         |                      |                      |                   | F                                  | M   | H  |   |
| SEGURIDAD                        | Electrico               | Transformador sin proteccion                | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2    | 90   | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |                                    |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Instalar Barreras de aislamiento contra contacto directo, Demarcar las distancias de seguridad, Instalar señalizacion de peligro. |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5    | 90   | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                                    |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   |
|                                  |                         | Tablero general en baja tension             | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 5                          | 2    | 75   | 750   | 750                     | 2                    | 3938                 | 4                 | Puerta con llave y puesto a tierra |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Demarcar las distancias de seguridad, Instalar señalizacion de peligro.   |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 5                          | 5    | 75   | 1875  | 3750                    | 1                    |                      |                   | Puerta con llave y puesto a tierra |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   |
|                                  |                         | Cajas corta circuito sin proteccion         | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 10                         | 2    | 90   | 1800  | 1800                    | 2                    | 9450                 | 1                 |                                    |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Instalar Seccionador tripolar de frete muerto   |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 10                         | 5    | 90   | 4500  | 9000                    | 1                    |                      |                   |                                    |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas |   |
|                                  | Instalaciones locativos | carcamos en el piso sin rejilla             | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 7                          | 2    | 11   | 154   | 154                     | 2                    | 809                  |                   |                                    |   | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas | Instalar las rejillas de los carcamos   |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 7                          | 5    | 11   | 385   | 770                     | 1                    |                      |                   |                                    | Casco, guantes dielectricos, gafas, botas dielectricas              |  |   |
|                                  |                         | Techos con filtracion                       | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 2                          | 2    | 10   | 40    | 40                      | 2                    | 210                  | 6                 |                                    |   | Botas y guantes dielectricos                           | Resanar el techo para evitar las filtraciones de agua.  |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 2                          | 5    | 10   | 100   | 200                     | 1                    |                      |                   |                                    |   | Botas y guantes dielectricos                           |   |
|                                  |                         | Falta demarcacion y señalizacion de peligro | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 7                          | 2    | 75   | 1050  | 1050                    | 2                    | 5513                 | 3                 |                                    |   |  | Demarcar las distancias de seguridad, Instalar señalizacion de peligro.   |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 7                          | 5    | 75   | 2625  | 5250                    | 1                    |                      |                   |                                    |   |  |   |
| Atrapamiento en el ares (puerta) | Subestacion electrica   | Ingeniero                                   | 1                     | 3                          | 5               | 2               | 70                         | 700  | 700  | 2     | 3675                    | 5                    |                      |                   |                                    | Instalar puerta con cerraduras antipánico para evitar atrapamientos |  |   |
|                                  |                         | Operario de mantenimiento                   | 2                     |                            | 5               | 5               | 70                         | 1750 | 3500 | 1     |                         |                      |                      |                   |                                    |   |  |   |
| FISICO                           | Iluminacion             | Luminarias dañadas                          | Subestacion electrica | Ingeniero                  | 1               | 3               | 7                          | 2    | 90   | 1260  | 1260                    | 2                    | 6615                 | 2                 |                                    |   | Linterna   | Instalar luminaria con el nivel de iluminacion adecuado (100 Luxes Max)   |
|                                  |                         |   |                       | Operario de mantenimiento  | 2               |                 | 7                          | 5    | 90   | 3150  | 6300                    | 1                    |                      |                   |                                    |   | Linterna   |   |

## **Anexo E. Planos de Rediseño Subestaciones**

**PLANO 1. SUBESTACIÓN EDF. LABORATORIO DE PESADOS – ING CIVIL.**

**PLANO 2. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA.**

**PLANO 3. SUBESTACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS.**

**PLANO 4. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

**PLANO 5. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN I.**

## Anexo F. Presupuesto Rediseño Subestaciones

### F1. SUBESTACIÓN EDF. LABORATORIO DE PESADOS – ING. CIVIL.

**PROCESO: Presupuesto SUBESTACION CIVIL  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FORMULARIO DEL DISEÑO - CANTIDADES Y PRECIOS  
SUBESTACION CIVIL**

| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL              |
|---|---|--------|----------|----------------|--------------------------|
| <b>1 CELDAS DE MEDIA TENSION 13,2 KV.</b>       |   |        |          |                |                          |
| 1,01  | Desmantelamiento de la subestacion existente  | gl     | 1,00     | \$ 564.250     | 564.250,00               |
| 1,02  | Obra civil para subestacion con bodega para transformador ( 1 hora de resistencia al fuego) | gl     | 1,00     | \$ 13.572.750  | 13.572.750,00            |
| 1,03  | Celda para seccionador duplex con porta fusible   | un     | 1,00     | \$ 2.399.000   | 2.399.000,00             |
| 1,04  | Juego de Codos y adaptador para barraje premoldeado de 200 amperios                         | un     | 4,00     | \$ 2.025.500   | 8.102.000,00             |
| 1,05  | Celda para barraje premoldeado de 200 A de media tension                                    | un     | 1,00     | \$ 2.249.000   | 2.249.000,00             |
| 1,06  | Celda para seccionador con porta fusible  | un     | 2,00     | \$ 2.249.000   | 4.498.000,00             |
| 1,07  | Seccionador duplex con porta fusible  | un     | 1,00     | \$ 6.020.000   | 6.020.000,00             |
| 1,08  | Barraje premoldeado de 200 A de media tension   | un     | 3,00     | \$ 1.435.813   | 4.307.437,50             |
| 1,09  | Seccionador con porta fusible   | un     | 2,00     | \$ 3.920.000   | 7.840.000,00             |
| 1,1   | Carcamo para media tension  | ml     | 10,00    | \$ 124.755     | 1.247.550,00             |
| 1,11  | Juego de premoldeados de media tension tipo interior  | un     | 7,00     | \$ 704.900     | 4.934.300,00             |
| 1,12  | Acometida trifasica cable XLP 15KV No 2   | ml     | 20,00    | \$ 84.625      | 1.692.500,00             |
| 1,13  | Acondicionamiento de cables de media tension  | gl     | 1,00     | \$ 351.313     | 351.312,50               |
| 1,14  | Malla de puesta a tierra  | gl     | 1,00     | \$ 3.644.167   | 3.644.166,67             |
| <b>SUB TOTAL CAP 1</b>                          |   |        |          |                | <b>61.422.266,67</b>     |
| <b>2 ACOMETIDAS Y TABLEROS DE BAJA TENSION.</b> |   |        |          |                |                          |
| 2,01  | Acometida general en Cu 12#350 MCM + 3#350 MCM + 2#4/0 AWG THH                              | ml     | 13,00    | \$ 1.511.750   | 19.652.750,00            |
| 2,02  | Celda de baja Tension 2x1x60 principal  | gl     | 1,00     | \$ 20.168.500  | 20.168.500,00            |
| 2,03  | Celda de baja Tension 2x,9x60 carga aires   | gl     | 1,00     | \$ 6.391.000   | 6.391.000,00             |
| 2,04  | Celda de baja Tension 2x,9x60 carga normal  | gl     | 1,00     | \$ 8.070.000   | 8.070.000,00             |
| 2,05  | Acondicionamiento de cables de baja tension   | gl     | 1,00     | \$ 446.875     | 446.875,00               |
| 2,06  | Carcamo para baja tension   | ml     | 11,00    | \$ 85.751      | 943.259,17               |
| 2,07  | Demolicion y retiro de piso en concreto   | gl     | 1,00     | \$ 1.005.000   | 1.005.000,00             |
| 2,08  | Punto de iluminacion y tomacorrientes en la bodega  | un     | 5,00     | \$ 76.462      | 382.310,83               |
| <b>SUB TOTAL CAP 2</b>                          |   |        |          |                | <b>\$ 57.059.695</b>     |
| <b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>                 |   |        |          |                | <b>\$ 118.481.961,67</b> |
| <b>ADMINISTRACION 12%</b>                       |   |        |          |                | <b>\$ 14.217.835,00</b>  |
| <b>IMPREVISTOS 8%</b>                           |   |        |          |                | <b>\$ 9.478.557,00</b>   |
| <b>UTILIDAD 5%</b>                              |   |        |          |                | <b>\$ 5.924.098,00</b>   |
| <b>IVA SOBRE LA UTILIDAD 16%</b>                |   |        |          |                | <b>\$ 947.856,00</b>     |
| <b>TOTAL DE COSTOS</b>                          |   |        |          |                | <b>\$ 149.050.308,00</b> |

## F2. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA.

PROCESO: Presupuesto SUBESTACION INGENIERIA QUIMICA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FORMULARIO DEL DISEÑO - CANTIDADES Y PRECIOS

| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN  | UNID AD | CAN TID AD | VALOR UNITARIO                     | VALOR TOTAL             |
|---|--|---------|------------|------------------------------------|-------------------------|
| <b>1 CELDAS DE MEDIA TENSION 13,2 KV.</b>       |  |         |            |                                    |                         |
| 1,01  | Desmantelamiento de la subestacion existente   | gl      | 1,00       | \$ 564.250                         | 564.250,00              |
| 1,02 (A)  | Obra civil para subestacion con boveda cortafuego para tres horas de resistencia al fuego. | gl      | 1,00       | \$ 10.522.750                      | 10.522.750,00           |
| 1,06  | Celda para seccionador con porta fusible   | un      | 2,00       | \$ 2.249.000                       | 4.498.000,00            |
| 1,09  | Seccionador con porta fusible  | un      | 2,00       | \$ 3.920.000                       | 7.840.000,00            |
| 1,10  | Carcamo para media tension   | ml      | 10,00      | \$ 124.755                         | 1.247.550,00            |
| 1,11  | Juego de premoldeados de media tension tipo interior                                       | un      | 7,00       | \$ 704.900                         | 4.934.300,00            |
| 1,12  | Acometida trifasica cable XLP 15KV No 2  | ml      | 20,00      | \$ 84.625                          | 1.692.500,00            |
| 1,13  | Acondicionamiento de cables de media tension   | gl      | 1,00       | \$ 351.313                         | 351.312,50              |
| 1,14  | Malla de puesta a tierra   | gl      | 1,00       | \$ 3.644.167                       | 3.644.166,67            |
|   |  |         |            | <b>SUB TOTAL CAP 1</b>             | <b>35.294.829,17</b>    |
| <b>2 ACOMETIDAS Y TABLEROS DE BAJA TENSION.</b> |  |         |            |                                    |                         |
| 2,01 (C)  | Acometida general en Cu 4#3/0 AWG + 4#2/0 AWGMCM + 3/0 AWG THHN.                           | ml      | 13,00      | \$ 820.210                         | 10.662.730,00           |
| 2,02 (C)  | Celda de baja Tension 2x1,2x40 principal   | gl      | 1,00       | \$ 22.161.000                      | 22.161.000,00           |
| 2,05  | Acondicionamiento de cables de baja tension  | gl      | 1,00       | \$ 446.875                         | 446.875,00              |
| 2,06  | Carcamo para baja tension  | ml      | 11,00      | \$ 85.751                          | 943.259,17              |
| 2,07  | Demolicion y retiro de piso en concreto  | gl      | 1,00       | \$ 1.005.000                       | 1.005.000,00            |
| 2,08  | Punto de iluminacion y tomacorrientes en la boveda   | un      | 5,00       | \$ 76.462                          | 382.310,83              |
|   |  |         |            | <b>SUB TOTAL CAP 2</b>             | <b>\$ 35.601.175</b>    |
|   |  |         |            | <b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS \$</b> | <b>70.896.004,17</b>    |
|   |  |         |            | <b>ADMINISTRACION 12%</b>          | <b>\$ 8.507.520,00</b>  |
|   |  |         |            | <b>IMPREVISTOS 8%</b>              | <b>\$ 5.671.680,00</b>  |
|   |  |         |            | <b>UTILIDAD 5%</b>                 | <b>\$ 3.544.800,00</b>  |
|   |  |         |            | <b>IVA SOBRE LA UTILIDAD</b>       | <b>\$ 567.168,00</b>    |
|   |  |         |            | <b>TOTAL DE COSTOS</b>             | <b>\$ 89.187.172,00</b> |

### F3. SUBESTACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS.

PROCESO: Presupuesto SUBESTACION PLANTA DE ACEROS  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FORMULARIO DEL DISEÑO - CANTIDADES Y PRECIOS

| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN  | UNID AD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO                   | VALOR TOTAL              |
|---|--|---------|----------|----------------------------------|--------------------------|
| <b>1 CELDAS DE MEDIA TENSION 13,2 KV.</b>       |  |         |          |                                  |                          |
| 1,01  | Desmantelamiento de la subestacion existente   | gl      | 1,00     | \$ 564.250                       | 564.250,00               |
| 1,02 (A)  | Obra civil para subestacion con boveda cortafuego para tres horas de resistencia al fuego. | gl      | 1,00     | \$ 10.522.750                    | 10.522.750,00            |
| 1,04  | Juego de Codos y adaptador para barraje premoldeado de 200 amperios                        | un      | 4,00     | \$ 2.025.500                     | 8.102.000,00             |
| 1,05  | Celda para barraje premoldeado de 200 A de media tension                                   | un      | 1,00     | \$ 2.249.000                     | 2.249.000,00             |
| 1,06  | Celda para seccionador con porta fusible   | un      | 2,00     | \$ 2.249.000                     | 4.498.000,00             |
| 1,08  | Barraje premoldeado de 200 A de media tension  | un      | 3,00     | \$ 1.435.813                     | 4.307.437,50             |
| 1,09  | Seccionador con porta fusible  | un      | 2,00     | \$ 3.920.000                     | 7.840.000,00             |
| 1,10  | Carcamo para media tension   | ml      | 10,00    | \$ 124.755                       | 1.247.550,00             |
| 1,11  | Juego de premoldeados de media tension tipo interior                                       | un      | 7,00     | \$ 704.900                       | 4.934.300,00             |
| 1,12  | Acometida trifasica cable XLP 15KV No 2  | ml      | 20,00    | \$ 84.625                        | 1.692.500,00             |
| 1,13  | Acondicionamiento de cables de media tension   | gl      | 1,00     | \$ 351.313                       | 351.312,50               |
| 1,14  | Malla de puesta a tierra   | gl      | 1,00     | \$ 3.644.167                     | 3.644.166,67             |
|   |  |         |          | <b>SUB TOTAL CAP 1</b>           | <b>49.953.266,67</b>     |
| <b>2 ACOMETIDAS Y TABLEROS DE BAJA TENSION.</b> |  |         |          |                                  |                          |
| 2,01 (a)  | Acometida general en Cu 4#2/0 AWG + 4#1/0 AWGMCM + 3/0 AWG THHN.                           | ml      | 13,00    | \$ 1.368.208                     | 17.786.704,00            |
| 2,02 (a)  | Celda de baja Tension 2x1,2x40 principal   | gl      | 1,00     | \$ 20.511.000                    | 20.511.000,00            |
| 2,05  | Acondicionamiento de cables de baja tension  | gl      | 1,00     | \$ 446.875                       | 446.875,00               |
| 2,06  | Carcamo para baja tension  | ml      | 11,00    | \$ 85.751                        | 943.259,17               |
| 2,07  | Demolicion y retiro de piso en concreto  | gl      | 1,00     | \$ 1.005.000                     | 1.005.000,00             |
| 2,08  | Punto de iluminacion y tomacorrientes en la boveda   | un      | 5,00     | \$ 76.462                        | 382.310,83               |
|   |  |         |          | <b>SUB TOTAL CAP 2</b>           | <b>\$ 41.075.149</b>     |
|   |  |         |          | <b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>  | <b>\$ 91.028.415,67</b>  |
|   |  |         |          | <b>ADMINISTRACION 12%</b>        | <b>\$ 10.923.410,00</b>  |
|   |  |         |          | <b>IMPREVISTOS 8%</b>            | <b>\$ 7.282.273,00</b>   |
|   |  |         |          | <b>UTILIDAD 5%</b>               | <b>\$ 4.551.421,00</b>   |
|   |  |         |          | <b>IVA SOBRE LA UTILIDAD 16%</b> | <b>\$ 728.227,00</b>     |
|   |  |         |          | <b>TOTAL DE COSTOS</b>           | <b>\$ 114.513.747,00</b> |

## F4. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE INGENIERÍA MECÁNICA.

PROCESO: Presupuesto SUBESTACION EDIFICIO ING MECANICA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FORMULARIO DEL DISEÑO - CANTIDADES Y PRECIOS

| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN  | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO               | VALOR TOTAL              |
|---|--|--------|----------|------------------------------|--------------------------|
| <b>1 CELDAS DE MEDIA TENSION 13,2 KV.</b>       |  |        |          |                              |                          |
| 1,01  | Desmantelamiento de la subestacion existente   | gl     | 1,00     | \$ 564.250                   | 564.250,00               |
| 1,02 (A)  | Obra civil para subestacion con boveda cortafuego para tres horas de resistencia al fuego. | gl     | 1,00     | \$ 10.522.750                | 10.522.750,00            |
| 1,04  | Juego de Codos y adaptador para barraje premoldeado de 200 amperios                        | un     | 4,00     | \$ 2.025.500                 | 8.102.000,00             |
| 1,05  | Celda para barraje premoldeado de 200 A de media tension                                   | un     | 1,00     | \$ 2.249.000                 | 2.249.000,00             |
| 1,06  | Celda para seccionador con porta fusible   | un     | 2,00     | \$ 2.249.000                 | 4.498.000,00             |
| 1,08  | Barraje premoldeado de 200 A de media tension  | un     | 3,00     | \$ 1.435.813                 | 4.307.437,50             |
| 1,09  | Seccionador con porta fusible  | un     | 2,00     | \$ 3.920.000                 | 7.840.000,00             |
| 1,10  | Carcamo para media tension   | ml     | 10,00    | \$ 124.755                   | 1.247.550,00             |
| 1,11  | Juego de premoldeados de media tension tipo interior                                       | un     | 7,00     | \$ 704.900                   | 4.934.300,00             |
| 1,12  | Acometida trifasica cable XLP 15KV No 2  | ml     | 20,00    | \$ 84.625                    | 1.692.500,00             |
| 1,13  | Acondicionamiento de cables de media tension   | gl     | 1,00     | \$ 351.313                   | 351.312,50               |
| 1,14  | Malla de puesta a tierra   | gl     | 1,00     | \$ 3.644.167                 | 3.644.166,67             |
| 1,15  | Transformador tipo PadMounted 150 KVA TipoRadial 13,2 KV/ 220-127V-2x2                     | gl     | 1,00     | \$ 18.950.000                | 18.950.000,00            |
|   |  |        |          | <b>SUB TOTAL CAP 1</b>       | <b>68.903.266,67</b>     |
| <b>2 ACOMETIDAS Y TABLEROS DE BAJA TENSION.</b> |  |        |          |                              |                          |
| 2,01 (d)  | Acometida general en Cu 3#2/0 AWG + 3#1/0 AWGMCM + 2/0 AWG THHN.                           | ml     | 13,00    | \$ 594.708                   | 7.731.204,00             |
| 2,02 (d)  | Celda de baja Tension 2x1,2x40 principal   | gl     | 1,00     | \$ 19.546.000                | 19.546.000,00            |
| 2,05  | Acondicionamiento de cables de baja tension  | gl     | 1,00     | \$ 446.875                   | 446.875,00               |
| 2,06  | Carcamo para baja tension  | ml     | 11,00    | \$ 85.751                    | 943.259,17               |
| 2,07  | Demolicion y retiro de piso en concreto  | gl     | 1,00     | \$ 1.005.000                 | 1.005.000,00             |
| 2,08  | Punto de iluminacion y tomacorrientes en la boveda   | un     | 5,00     | \$ 76.462                    | 382.310,83               |
|   |  |        |          | <b>SUB TOTAL CAP 2</b>       | <b>\$ 30.054.649</b>     |
|   |  |        |          | <b>TOTAL DE COSTOS DIRE</b>  | <b>\$ 98.957.915,67</b>  |
|   |  |        |          | <b>ADMINISTRACION 12%</b>    | <b>\$ 11.874.950,00</b>  |
|   |  |        |          | <b>IMPREVISTOS 8%</b>        | <b>\$ 7.916.633,00</b>   |
|   |  |        |          | <b>UTILIDAD 5%</b>           | <b>\$ 4.947.896,00</b>   |
|   |  |        |          | <b>IVA SOBRE LA UTILIDAD</b> | <b>\$ 791.663,00</b>     |
|   |  |        |          | <b>TOTAL DE COSTOS</b>       | <b>\$ 124.489.058,00</b> |

## F5. SUBESTACIÓN EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN I.

PROCESO: Presupuesto SUBESTACION EDIFICIO ADMINISTRATIVO I  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FORMULARIO DEL DISEÑO - CANTIDADES Y PRECIOS

| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN  | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO               | VALOR TOTAL              |
|---|--|--------|----------|------------------------------|--------------------------|
| <b>1 CELDAS DE MEDIA TENSION 13,2 KV.</b>       |  |        |          |                              |                          |
| 1,01  | Desmantelamiento de la subestacion existente   | gl     | 1,00     | \$ 564.250                   | 564.250,00               |
| 1,02  | Obra civil para subestacion con boveda cortafuego para tres horas de resistencia al fuego. | gl     | 1,00     | \$ 10.522.750                | 10.522.750,00            |
| 1,04  | Juego de Codos y adaptador para barraje premoldeado de 200 amperios                        | un     | 4,00     | \$ 2.025.500                 | 8.102.000,00             |
| 1,05  | Celda para barraje premoldeado de 200 A de media tension                                   | un     | 1,00     | \$ 2.249.000                 | 2.249.000,00             |
| 1,06  | Celda para seccionador con porta fusible   | un     | 2,00     | \$ 2.249.000                 | 4.498.000,00             |
| 1,08  | Barraje premoldeado de 200 A de media tension  | un     | 3,00     | \$ 1.435.813                 | 4.307.437,50             |
| 1,09  | Seccionador con porta fusible  | un     | 2,00     | \$ 3.920.000                 | 7.840.000,00             |
| 1,10  | Carcamo para media tension   | ml     | 10,00    | \$ 124.755                   | 1.247.550,00             |
| 1,11  | Juego de premoldeados de media tension tipo interior                                       | un     | 7,00     | \$ 704.900                   | 4.934.300,00             |
| 1,12  | Acometida trifasica cable XLP 15KV No 2  | ml     | 20,00    | \$ 84.625                    | 1.692.500,00             |
| 1,13  | Acondicionamiento de cables de media tension   | gl     | 1,00     | \$ 351.313                   | 351.312,50               |
| 1,14  | Malla de puesta a tierra   | gl     | 1,00     | \$ 3.644.167                 | 3.644.166,67             |
| 1,15  | Transformador tipo PadMounted 300KVA TipoRadial 13,2 KV/ 220-127V -2x2,5%                  | gl     | 1,00     | \$ 25.200.000                | 25.200.000,00            |
|   |  |        |          | <b>SUB TOTAL CAP 1</b>       | <b>75.153.266,67</b>     |
| <b>2 ACOMETIDAS Y TABLEROS DE BAJA TENSION.</b> |  |        |          |                              |                          |
| 2,01 (b)  | Acometida general en Cu 4#300 AWG + 4#4/0 AWGMCM + 3/0 AWG THHN.                           | ml     | 13,00    | \$ 1.945.660                 | 25.293.580,00            |
| 2,02 (b)  | Celda de baja Tension 2x1,2x40 principal   | gl     | 1,00     | \$ 20.731.000                | 20.731.000,00            |
| 2,05  | Acondicionamiento de cables de baja tension  | gl     | 1,00     | \$ 446.875                   | 446.875,00               |
| 2,06  | Carcamo para baja tension  | ml     | 11,00    | \$ 85.751                    | 943.259,17               |
| 2,07  | Demolicion y retiro de piso en concreto  | gl     | 1,00     | \$ 1.005.000                 | 1.005.000,00             |
| 2,08  | Punto de iluminacion y tomacorrientes en la boveda   | un     | 5,00     | \$ 76.462                    | 382.310,83               |
|   |  |        |          | <b>SUB TOTAL CAP 2</b>       | <b>\$ 48.802.025</b>     |
|   |  |        |          | <b>TOTAL DE COSTOS DIRE</b>  | <b>\$ 123.955.291,67</b> |
|   |  |        |          | <b>ADMINISTRACION 12%</b>    | <b>\$ 14.874.635,00</b>  |
|   |  |        |          | <b>IMPREVISTOS 8%</b>        | <b>\$ 9.916.423,00</b>   |
|   |  |        |          | <b>UTILIDAD 5%</b>           | <b>\$ 6.197.765,00</b>   |
|   |  |        |          | <b>IVA SOBRE LA UTILIDAD</b> | <b>\$ 991.642,00</b>     |
|   |  |        |          | <b>TOTAL DE COSTOS</b>       | <b>\$ 155.935.757,00</b> |

## F6. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**OBRA :** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ELABORÓ:**

**ITEM:**1,01

Hoja 1 de 21

10-Ago-09

HQI Ltda.

**ÍTEM :** Desmantelamiento de la subestacion existente

**UNIDAD :** gl

#### I - EQUIPO :

| Descripción       | Unidad | Tarifa       | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|--------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Día    | \$ 5.500,00  | 1,00        | \$ 5.500,00    |
| malacate          | hora   | \$ 60.000,00 | 0,50        | \$ 120.000,00  |

Sub-Total \$ 125.500,00

#### II - MATERIALES EN LA OBRA :

| Descripción | Unidad | Precio Unit. | Cantidad | Valor Unitario |
|-------------|--------|--------------|----------|----------------|
|-------------|--------|--------------|----------|----------------|

Sub-Total

#### III - TRANSPORTES:

| Descripción | Unidad | Tarifa        | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| Montacargas | Día    | \$ 150.000,00 | 1,00        | \$ 150.000,00  |

Sub-Total \$ 150.000,00

#### IV - MANO DE OBRA :

| Descripción          | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|----------------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Tecnico electricista | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 0,6000 | \$ 192.500,00  |
| Ayudante.            | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 0,6000 | \$ 96.250,00   |

Sub-Total \$ 288.750,00

**TOTAL COSTO \$ 564.250,00**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ITEM:** 1,02  
 Hoja 2 de 21  
 10-Ago-09  
 HQI Ltda.

**OBRA :** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ELABORÓ:**

**ÍTEM :** Obra civil para subestacion con boveda para transfo rmador (1 hora de resister

**UNIDAD :** un

**I - EQUIPO :**

| Descripción       | Unidad | Tarifa        | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Día    | \$ 5.500,00   | 1,00        | \$ 5.500,00    |
| trompo            | dia    | \$ 150.000,00 | 1,00        | \$ 150.000,00  |

**Sub-Total \$ 155.500,00**

**II - MATERIALES EN LA OBRA :**

| Descripción   | Unidad | Precio Unit.    | Cantidad | Valor Unitario  |
|---|--------|-----------------|----------|-----------------|
| Puerta para subestacion 2,2x2m cortafuego con 3 horas de resistencia al fuego | un     | \$ 6.300.000,00 | 1,00     | \$ 6.300.000,00 |
| muro en ladrillo tolete mas friso   | m2     | \$ 65.000,00    | 10,00    | \$ 650.000,00   |
| piso en concreto de 2500 psi de 10 cm   | m2     | \$ 55.000,00    | 30,00    | \$ 1.650.000,00 |
| Puerta de acceso al cuarto electrico 2,0x2,5 tipo persiana.                   | un     | \$ 950.000,00   | 1,00     | \$ 950.000,00   |
| boveda cortafuego de 2,5x2,5  | m2     | \$ 145.000,00   | 16,00    | \$ 2.320.000,00 |
| placa para techo en concreto de 3000 psi 10 cm                                | m2     | \$ 58.000,00    | 7,00     | \$ 406.000,00   |
| Rejillas de ventilación con dampers y fusibles                                | un     | \$ 850.000,00   | 2,00     | \$ 1.700.000,00 |

**Sub-Total \$ 12.276.000,00**

**III - TRANSPORTES:**

| Descripción | Unidad | Tarifa        | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| Planchon    | dia    | \$ 165.000,00 | 0,60        | \$ 275.000,00  |

**Sub-Total \$ 275.000,00**

**IV- MANO DE OBRA :**

| Descripción     | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|-----------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Maestro de obra | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 0,2000 | \$ 577.500,00  |
| Ayudante.       | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 0,2000 | \$ 288.750,00  |

**Sub-Total \$ 866.250,00**

**TOTAL COSTO DIRECTO \$ 13.572.750,00**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ITEM: 1,02A  
 Hoja 2 de 21  
 10-Ago-09  
 HQI Ltda.

OBRA : UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ELABORÓ:

ÍTEM : Obra civil para subestacion con boveda cortafuego para tres horas de resistencia al fuego.

UNIDAD : un

I - EQUIPO :

| Descripción       | Unidad | Tarifa        | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Dia    | \$ 5.500,00   | 1,00        | \$ 5.500,00    |
| trompo            | dia    | \$ 150.000,00 | 1,00        | \$ 150.000,00  |

Sub-Total \$ 155.500,00

II - MATERIALES EN LA OBRA :

| Descripción                                    | Unidad | Precio Unit.    | Cantidad | Valor Unitario  |
|--|--------|-----------------|----------|-----------------|
| Puerta para subestacion 3,2x2,5 EN PESIANA     | un     | \$ 2.300.000,00 | 1,000    | \$ 2.300.000,00 |
| muro en ladrillo tolete mas friso              | m2     | \$ 65.000,00    | 10,00    | \$ 650.000,00   |
| piso en concreto de 2500 psi de 10 cm          | m2     | \$ 55.000,00    | 30,00    | \$ 1.650.000,00 |
| Puerta para subestacion 2,0x2,5                | un     | \$ 950.000,00   | 2,00     | \$ 1.900.000,00 |
| bobeda cortafuego de 2,5x2,5                   | m2     | \$ 145.000,00   | 16,00    | \$ 2.320.000,00 |
| placa para techo en concreto de 3000 psi 10 cm | m2     | \$ 58.000,00    | 7,00     | \$ 406.000,00   |

Sub-Total \$ 9.226.000,00

III - TRANSPORTES:

| Descripción | Unidad | Tarifa        | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| Planchon    | dia    | \$ 165.000,00 | 0,60        | \$ 275.000,00  |

Sub-Total \$ 275.000,00

IV- MANO DE OBRA :

| Descripción     | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|-----------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Maestro de obra | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 0,2000 | \$ 577.500,00  |
| Ayudante.       | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 0,2000 | \$ 288.750,00  |

Sub-Total \$ 866.250,00

TOTAL COSTO DIRECTO \$ 10.522.750,00

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ITEM:1,03**  
 Hoja 3 de 21  
 10-Ago-09

**OBRA :** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ELABORÓ:**

**ÍTEM :** Celda para seccionador duplex con fusible

**UNIDAD :** gl

**I - EQUIPO :**

| Descripción       | Unidad | Tarifa      | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|-------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Día    | \$ 5.500,00 | 0,20        | \$ 27.500,00   |

Sub-Total \$ 27.500,00

**II - MATERIALES EN LA OBRA :**

| Descripción                               | Unidad | Precio Unit.    | Cantidad | Valor Unitario  |
|---|--------|-----------------|----------|-----------------|
| Celda para seccionador duplex 2,2X2,6X2,6 | un     | \$ 2.200.000,00 | 1,00     | \$ 2.200.000,00 |
| Elementos de identificación               | un     | \$ 45.000,00    | 1,00     | \$ 45.000,00    |

Sub-Total \$ 2.245.000,00

**III - TRANSPORTES:**

| Descripción | Unidad | Tarifa       | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|--------------|-------------|----------------|
| Camioneta   | Día    | \$ 99.000,00 | 3,00        | \$ 33.000,00   |

Sub-Total \$ 33.000,00

**IV- MANO DE OBRA :**

| Descripción          | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|----------------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Tecnico electricista | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 1,8529 | \$ 62.333,33   |
| Ayudante.            | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 1,8529 | \$ 31.166,67   |

Sub-Total \$ 93.500,00

**TOTAL COSTO DIRECTO \$ 2.399.000,00**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ITEM:1,04**  
 Hoja 4 de 21  
 10-Ago-09

**OBRA :** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ELABORÓ:**

**ÍTEM :** Juego de Codos y adaptador para barraje premoldeado de 200 amperios

**UNIDAD :** gl

**I - EQUIPO :**

| Descripción       | Unidad | Tarifa      | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|-------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Día    | \$ 5.500,00 | 0,05        | \$ 110.000,00  |

Sub-Total \$ 110.000,00

**II - MATERIALES EN LA OBRA :**

| Descripción   | Unidad | Precio Unit.  | Cantidad | Valor Unitario  |
|---|--------|---------------|----------|-----------------|
| Juego de codo y adaptador para empalme de 200 amperios para barraje premoldea | un     | \$ 420.000,00 | 3,000    | \$ 1.260.000,00 |
| Elementos de identificación y conexionado                                     | un     | \$ 45.000,00  | 1,00     | \$ 45.000,00    |

Sub-Total \$ 1.305.000,00

**III - TRANSPORTES:**

| Descripción | Unidad | Tarifa       | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|--------------|-------------|----------------|
| Camioneta   | Día    | \$ 99.000,00 | 3,00        | \$ 33.000,00   |

Sub-Total \$ 33.000,00

**IV - MANO DE OBRA :**

| Descripción                        | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|------------------------------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Tecnico electricista especializado | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 0,3000 | \$ 385.000,00  |
| Ayudante.                          | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 0,3000 | \$ 192.500,00  |

Sub-Total \$ 577.500,00

**TOTAL COSTO DIRECTO \$ 2.025.500,00**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ITEM:**1,05  
Hoja 5 de 21  
10-Ago-09

**OBRA :** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ELABORÓ:**

**ÍTEM :** Celda para barraje premoldeado de 200 A de media tensión

**UNIDAD :** un

**I - EQUIPO :**

| Descripción       | Unidad | Tarifa      | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|-------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Día    | \$ 5.500,00 | 0,20        | \$ 27.500,00   |

Sub-Total \$ 27.500,00

**II - MATERIALES EN LA OBRA :**

| Descripción                               | Unidad | Precio Unit.    | Cantidad | Valor Unitario  |
|---|--------|-----------------|----------|-----------------|
| Celda para seccionador duplex 2,2X2,6X2,6 | un     | \$ 2.050.000,00 | 1,000    | \$ 2.050.000,00 |
| Elementos de identificación               | un     | \$ 45.000,00    | 1,00     | \$ 45.000,00    |

Sub-Total \$ 2.095.000,00

**III - TRANSPORTES:**

| Descripción | Unidad | Tarifa       | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|--------------|-------------|----------------|
| Camioneta   | Día    | \$ 99.000,00 | 3,00        | \$ 33.000,00   |

Sub-Total \$ 33.000,00

**IV- MANO DE OBRA :**

| Descripción          | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|----------------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Tecnico electricista | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 1,8529 | \$ 62.333,33   |
| Ayudante.            | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 1,8529 | \$ 31.166,67   |

Sub-Total \$ 93.500,00

**TOTAL COSTO DIRECTO \$ 2.249.000,00**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ITEM:**1,06

Hoja 6 de 21

10-Ago-09

**OBRA :** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ELABORÓ:**

**ÍTEM :** Celda para seccionador con fusible

**UNIDAD :** gl

**I - EQUIPO :**

| Descripción       | Unidad | Tarifa      | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|-------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Día    | \$ 5.500,00 | 0,20        | \$ 27.500,00   |

Sub-Total \$ 27.500,00

**II - MATERIALES EN LA OBRA :**

| Descripción                               | Unidad | Precio Unit.    | Cantidad | Valor Unitario  |
|---|--------|-----------------|----------|-----------------|
| Celda para seccionador duplex 2,2X2,6X2,6 | un     | \$ 2.050.000,00 | 1,000    | \$ 2.050.000,00 |
| Elementos de identificación               | un     | \$ 45.000,00    | 1,00     | \$ 45.000,00    |

Sub-Total \$ 2.095.000,00

**III - TRANSPORTES:**

| Descripción | Unidad | Tarifa       | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|--------------|-------------|----------------|
| Camioneta   | Día    | \$ 99.000,00 | 3,00        | \$ 33.000,00   |

Sub-Total \$ 33.000,00

**IV- MANO DE OBRA :**

| Descripción          | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|----------------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Tecnico electricista | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 1,8529 | \$ 62.333,33   |
| Ayudante.            | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 1,8529 | \$ 31.166,67   |

Sub-Total \$ 93.500,00

**TOTAL COSTO DIRECTO \$ 2.249.000,00**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ITEM:**1.07  
Hoja 7 de 21  
10-Ago-09

**OBRA :** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ELABORÓ:**

**ÍTEM :** Seccionador duplex con fusible

**UNIDAD :** ml

**I - EQUIPO :**

| Descripción       | Unidad | Tarifa      | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|-------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Día    | \$ 5.500,00 | 0,10        | \$ 55.000,00   |

Sub-Total \$ 55.000,00

**II - MATERIALES EN LA OBRA :**

| Descripción   | Unidad | Precio Unit.    | Cantidad | Valor Unitario  |
|---|--------|-----------------|----------|-----------------|
| seccionador de operación bajo carga tripolar duplex | ml     | \$ 5.800.000,00 | 1,000    | \$ 5.800.000,00 |

Sub-Total \$ 5.800.000,00

**III - TRANSPORTES:**

| Descripción | Unidad | Tarifa       | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|--------------|-------------|----------------|
| Camioneta   | Día    | \$ 99.000,00 | 2,00        | \$ 49.500,00   |

Sub-Total \$ 49.500,00

**IV- MANO DE OBRA :**

| Descripción          | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|----------------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Tecnico electricista | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 1,5000 | \$ 77.000,00   |
| Ayudante.            | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 1,5000 | \$ 38.500,00   |

Sub-Total \$ 115.500,00

**TOTAL COSTO DIRECTO \$ 6.020.000,00**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ITEM:**1,08  
Hoja 8 de 21  
10-Ago-09

**OBRA :** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ELABORÓ:**

**ÍTEM :** Barraje premoldeado de 200 A de media tension

**UNIDAD :** un

**I - EQUIPO :**

| Descripción       | Unidad | Tarifa      | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|-------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Día    | \$ 5.500,00 | 0,10        | \$ 55.000,00   |

Sub-Total \$ 55.000,00

**II - MATERIALES EN LA OBRA :**

| Descripción                               | Unidad | Precio Unit.    | Cantidad | Valor Unitario  |
|---|--------|-----------------|----------|-----------------|
| Barraje trifasico premoldeado de 200 A    | un     | \$ 1.265.000,00 | 1,000    | \$ 1.265.000,00 |
| Elementos de identificacion y conexionado | gl     | \$ 56.000,00    | 1,000    | \$ 56.000,00    |

Sub-Total \$ 1.321.000,00

**III - TRANSPORTES:**

| Descripción | Unidad | Tarifa       | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|--------------|-------------|----------------|
| Camioneta   | Día    | \$ 99.000,00 | 6,00        | \$ 16.500,00   |

Sub-Total \$ 16.500,00

**IV- MANO DE OBRA :**

| Descripción          | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|----------------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Tecnico electricista | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 4,0000 | \$ 28.875,00   |
| Ayudante.            | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 4,0000 | \$ 14.437,50   |

Sub-Total \$ 43.312,50

**TOTAL COSTO DIRECTO \$ 1.435.812,50**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ITEM:**1.09  
Hoja 9 de 21  
10-Ago-09

**OBRA :** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ELABORÓ:**

**ÍTEM :** Seccionador con fusible

**UNIDAD :** un

**I - EQUIPO :**

| Descripción       | Unidad | Tarifa      | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------------|--------|-------------|-------------|----------------|
| Herramienta Menor | Día    | \$ 5.500,00 | 0,10        | \$ 55.000,00   |

Sub-Total \$ 55.000,00

**II - MATERIALES EN LA OBRA :**

| Descripción   | Unidad | Precio Unit.    | Cantidad | Valor Unitario  |
|---|--------|-----------------|----------|-----------------|
| seccionador de operación bajo carga tripolar con portafusible | m      | \$ 3.700.000,00 | 1,000    | \$ 3.700.000,00 |

Sub-Total \$ 3.700.000,00

**III - TRANSPORTES:**

| Descripción | Unidad | Tarifa       | Rendimiento | Valor Unitario |
|-------------|--------|--------------|-------------|----------------|
| Camioneta   | Día    | \$ 99.000,00 | 2,00        | \$ 49.500,00   |

Sub-Total \$ 49.500,00

**IV- MANO DE OBRA :**

| Descripción          | Jornal       | % Prest. | Total         | Rend.  | Valor Unitario |
|----------------------|--------------|----------|---------------|--------|----------------|
| Tecnico electricista | \$ 66.000,00 | 75,00%   | \$ 115.500,00 | 1,5000 | \$ 77.000,00   |
| Ayudante.            | \$ 33.000,00 | 75,00%   | \$ 57.750,00  | 1,5000 | \$ 38.500,00   |

Sub-Total \$ 115.500,00

**TOTAL COSTO DIRECTO \$ 3.920.000,00**